

Редакционный совет:

Голенков В.А. д-р техн. наук, проф.,
председатель

Пылипенко О.В. д-р техн. наук, проф.,

Радченко С.Ю. д-р техн. наук, проф.,
зам. председателя

Астафичев П.А. д-р юр. наук, проф.,

Борзенков М.И. канд. техн. наук, доц.,

Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.,

Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.,

Константинов И.С. д-р техн. наук, проф.,

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.,

Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.,

Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Главный редактор:

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.

Заместитель главного редактора:

Катунин А.А. канд. техн. наук, доц.

Редколлегия:

Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Бажинов А.В. д-р техн. наук, проф. (Украина)

Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Бондаренко Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Браннольте У. д-р техн. наук, проф. (Германия)

Бялы В. д-р техн. наук, проф. (Польша)

Венцель Е.С. д-р техн. наук, проф. (Украина)

Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Горовиц В.Б. д-р техн. наук, проф. (США)

Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия)

Денисов А.С. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Корчагин В.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Макарова И.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Мартюченко И.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Митусов А.А. д-р техн. наук, проф. (Казахстан)

Нордин В.В. канд. техн. наук, проф. (Россия)

Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва)

Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия)

Пушкарёв А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия)

Савин Л.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия)

Сиваченко Л.А. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)

Хабибуллин Р.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Юнгмейстер Д.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)

Ответственный за выпуск: **Акимочкина И.В.**

Адрес редколлегии:

302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77

Тел. +7 (9058) 566556

<http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm>

E-mail: srmostu@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в
сфере связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство: ПИ № ФС77-47352 от 03.11.2011г.

Подписной индекс: **16376**

по объединенному каталогу «Пресса России»

© Госуниверситет-УНПК, 2015

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

<i>Е.В. Агеев, В.Ю. Карпенко, А.С. Осьминина</i> Восстановление вала ротора турбокомпрессора электроэрозивной обработкой с использованием электроэрозивных нанопорошков	3
<i>Н.А. Федин, С.С. Рябов</i> Динамика процесса накопления продуктов износа в моторном масле	12
<i>И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, Э.И. Беляев, Э.М. Мухаметдинов</i> Логико-вероятностный метод как один из способов обеспечения надежности автомобилей	20
<i>В.Н. Абрамов, А.Г. Гербер, В.Б. Каспаров</i> Математическое моделирование изменения внутреннего давления воздуха в шине при ее механических повреждениях	32
<i>Б.Г. Гасанов, А.Б. Черненко, П.В. Сиротин, Е.В. Скринников</i> Моделирование случайных пространственных колебаний кабины многососных автомобилей <i>А. С. Махонин</i> Результаты экспериментальных исследований средств диагностирования мощностных показателей дизелей автомобилей семейства камаз	41
	52

Технологические машины

<i>В.П. Капустин, В.М. Юзык</i> Прогнозирование вибрационной нагруженности сложных конструкций машин на этапе проектирования	60
<i>Р.М. Шахбанов</i> Численное моделирование кавитационных явлений в центробежных насосах	68

Безопасность движения и автомобильные перевозки

<i>Л.Е. Куценко, И.А. Новиков, Г.Л. Окунева</i> Анализ заторовых явлений с целью прогнозирования образования очереди	76
<i>И.А. Ерасов, Н.А. Колесниченко, Ю.И. Молев, Д.Н. Прошин, В.А. Шапкин</i> Методика определения степени влияния дорожных условий и конструктивных особенностей автомобилей на безопасность дорожного движения	82
<i>С. А. Евтюков, А.В. Чудаков</i> Определение скорости транспортного средства при наезде на пешехода в зависимости от геометрии кузова (на примере минивэн)	89
<i>К.С. Подшивалова, А.С. Нугаев</i> Применение временного критерия агрегации в задаче маршрутизации при интегрированной системе доставки грузов	97
<i>А.Е. Боровской, П.А. Воля, И.А. Новиков, А.Г. Шевицова</i> Распределение состава транспортного потока на примере городской агломерации «Белгород»	103
<i>К.С. Есин, А.Н. Новиков</i> Целочисленная производственно-транспортная модель для перевозки зерна	111

Вопросы экологии

<i>С.В. Дорохин, Н.Л. Прохорова, А.И. Новиков, Д.Л. Прохоров</i> К вопросу обеспечения экологической безопасности объектов автомобильного сервиса ..	119
--	-----

Образование и кадры

<i>В.В. Лянденбургский, И.Е. Ильина, С.А. Пылайкин, С.А. Евстратова</i> Сравнительный количественно-временной анализ отработки «средних нарушений» мужчин и женщин на автотренажере	125
---	-----

Экономика и управление

<i>А.Н. Новиков, С.В. Баранова, Ю.Н. Баранов</i> Прикладные статистические исследования в области анализа ценовой ситуации на рынке легковых автомобилей Российской Федерации	132
---	-----



The scholarly
journal
A quarterly review

№ 4(51) 2015

October-December

World transport and technological machinery

Founder - Federal State budget Institution higher education
«State University – Education-Scientific-Production Complex»
(State University-ESPC)

Editorial Council:

V.A. Golenkov *Doc. Eng., Prof.,*
O.V. Pilipenko *Doc. Eng., Prof.,*
S.Y. Radchenko *Doc. Eng., Prof.*
Vice-Chairman
P.A. Astafichev *Doc. Law., Prof.,*
M.I. Borzenkov *Can. Eng., Prof.,*
T.N. Ivanova *Doc. Eng., Prof.,*
V.I. Kolchunov *Doc. Eng., Prof.,*
I.S. Konstantinov *Doc. Eng., Prof.,*
A.N. Novikov *Doc. Eng., Prof.,*
L.I. Popova *Doc. Ec., Prof.,*
Y.S. Stepanov *Doc. Eng., Prof.*

Editor-in-Chief

A.N. Novikov *Doc. Eng., Prof.*
Associate Editor
A.A. Katunin *Can. Eng.*

Editorial Board:

I.E. Agureev *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
A.V. Bazhinov *Doc. Eng., Prof. (Ukraine)*
V.N. Baskov *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
E.V. Bondarenko *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
U. Brannolte *Doc. Eng., Prof. (Germany)*
V. Bialy *Doc. Eng., Prof. (Poland)*
E.S. Vencel *Doc. Eng., Prof. (Ukraine)*
V.M. Vlasov *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
S.N. Glagolev *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
V.B. Gorovic *Doc. Eng., Prof. (USA)*
M. Demic *Doc. Eng., Prof. (Serbia)*
A.S. Denisov *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
V.A. Korchagin *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
I.V. Makarova *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
I.G. Martyuchenko *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
A.A. Mitusov *Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)*
V.V. Nordin *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
O. Prentkovskis *Doc. Eng., Prof. (Lithuania)*
P. Pribyl *Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)*
A.E. Pushkarev *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
A.N. Rementsov *Doc. Edc., Prof. (Russia)*
L.A. Savin *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
V.I. Sarbaev *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
L.A. Sivachenko *Doc. Eng., Prof. (Belarus)*
R.G. Habibullin *Doc. Eng., Prof. (Russia)*
D.A. Yungmeyster *Doc. Eng., Prof. (Russia)*

Person in charge for publication:

I.V. Akimochkina

Editorial Board Address:

302030, Russia, Orel, Moskovskaya Str., 77
Tel. +7 (9058) 566556
<http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm>
E-mail: srmostu@mail.ru

The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate PI № FS77- 47352 of November 03 2011

Subscription index: 16376
in a union catalog "The Press of Russia"

© State University-ESPC, 2015

Contents

Operation, Repair, Restoration

<i>E. V. Ageev, V. Yu. Karpenko, A. S. Os'minina</i> Restoration of the rotor shaft of the turbocharger edm machining using electroerosion nanopowders.....	3
<i>N.A. Fedin, S.S. Ryabov</i> Dynamics of the process of wear products accumulation in engine oil.....	12
<i>I.V. Makarova, R.G. Khabibullin, E.I. Belyaev, E.M. Muhametdinov</i> Logical and probabilistic methods as a way reliability of cars.....	20
<i>V.N. Abramov, A.G. Gerber, V.B. Kasparov</i> Mathematical modeling change the internal pressure of the air in bus under her mechanical damages.....	32
<i>B.G. Hasanov, A.B. Chernenko, P.V. Sirotnin, E.V. Skrinnik</i> Simulation of random spatial vibrations cab multi-axle vehicles.....	41
<i>A.S. Makhonin</i> Results of experimental researches of means for power indicators test of kamaz diesels.....	52

Technological Machinery

<i>V.P. Kapustin, V.M. Yusik</i> Mathematical modeling of oscillating system train evacuation.....	60
<i>R.M. Shakhbanov</i> Numerical simulation of cavitation in centrifugal pumps.....	68

Road safety and road transport

<i>L.E. Tishchenko, I.A. Novikov, G.L. Okuneva</i> Jams analysis to purpose of jam's line	76
<i>I.A. Nekrasov, N.A. Kolesnichenko, Yu.I. Molev, D.N. Proshina, V.A. Shapkin</i> Method for determining the degree of influence of road terms and conditions design features car on road safety.....	82
<i>S.A. Evtyukov, A.V. Rudakov</i> Determination of vehicle speeds at pedestrian protection, depending on the geometry of the body (for example, a minivan).....	89
<i>K.S. Podshivalova, A.S. Nougat</i> Application time-based aggregation the routing problem with integrated freight system.....	97
<i>A.E. Borovskoy, P.A. Volya, I.A. Novikov</i> Distribution of the vehicle on the example of flow urban agglomerations «Belgorod».....	103
<i>K.S. Esin, A.N. Novikov</i> Integer industrial-transport model for grain haulage.....	111

Ecological Problems

<i>S.V. Dorokhin, N.L. Prokhorova, A.I. Novikov, D.L. Prokhorov</i> To ensuring environmental safety of automotive service.....	119
---	-----

Education and Personnel

<i>I.E. Il'ina, V.V. Lyandenbursky, S.A. Pylaikin, S.A. Evstratova</i> Comparative quantitative-temporal analysis mining «secondary violations» of the men and women at the auto trainer.....	125
---	-----

Economics and Management

<i>A.N. Novikov, S.V. Baranova, Yu.N. Baranov</i> Applied statistical research in the analysis of the price situation on the car market of the russian federation.....	132
--	-----

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 621.357.77

Е.В. АГЕЕВ, В.Ю. КАРПЕНКО, А.С. ОСЬМИНИНА

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВАЛА РОТОРА ТУРБОКОМПРЕССОРА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ НАНОПОРОШКОВ

В статье показана возможность решения важной научно-практической задачи – улучшения качества ремонта автомобилей за счет эффективного восстановления изношенных деталей. Показана высокая эффективность восстановления вала ротора турбокомпрессора электроэрозионной обработкой с использованием электроэрозионных нанопорошков.

Ключевые слова: автомобиль, изношенные детали, восстановление, упрочнение, электроэрозионные нанопорошки, электроэрозионная обработка.

Отсутствие необходимой номенклатуры запасных частей на складах предприятий автомобильного транспорта является одним из главных факторов снижения уровня технической готовности автомобильного парка. Поэтому одним из основных источников экономической эффективности ремонта автомобилей является восстановление изношенных деталей.

Восстановление деталей автомобилей обеспечивает экономию металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, а также рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды. Для восстановления работоспособности изношенных деталей требуется в 5...8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей [1-4].

Как показывает практика, порядка 85% деталей автомобилей восстанавливаются при износе не более 0,3 мм, то есть их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины. Для восстановления деталей с такими износами наиболее целесообразно использовать электроискровую обработку (ЭИО). ЭИО отличается технологической гибкостью, дешевизной и позволяет получать покрытия с широким диапазоном свойств.

Однако, во многих случаях свойства электроискровых покрытий зависят от состава, структуры и свойств электродного материала. С практической точки зрения, наибольший интерес представляют электроды с размером частиц от микро- до нанодисперсий. В настоящее время одним из наиболее перспективных методов получения наноразмерных материалов является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД).

Изучение влияния свойств электроэрозионных материалов на структуру, фазовый состав и свойства электроискровых покрытий восстановленных деталей автомобилей представляет научный и практический интерес.

Все это в полной мере относится к турбокомпрессорам автомобилей. Турбокомпрессор состоит из ротора с рабочими колесами турбины и компрессора, вращающимися в плавающем подшипнике скольжения; неподвижных корпусных деталей, подводящих выпускные газы, отводящих нагнетаемый воздух и обеспечивающих подачу смазки в узел трения вала; а также уплотнительных устройств.

Опыт эксплуатации турбокомпрессоров двигателей ЯМЗ-238НБ, СМД-60, СМД-17КН и др. показывает, что турбокомпрессор является одним из менее надежных узлов дви-

гателя. Так, по данным ГОСНИТИ, количество отказов турбокомпрессора составляет до 13% от всего количества отказов по двигателю.

Ресурс, как у нового, так и у отремонтированного турбокомпрессоров в среднем на 20% ниже ресурса, соответственно, нового и отремонтированного двигателей.

Основными причинами потери работоспособности турбокомпрессора являются: увеличение радиальных и осевых зазоров подшипникового узла в результате износа составляющих его деталей; значительное увеличение утечек масла через уплотнения в сторону турбины или компрессора в результате выхода из строя газо-масляных уплотнений.

Целью настоящей работы являлась разработка на основе научных исследований технологии восстановления и поверхностного упрочнения изношенных деталей автомобилей, включающую электроискровую обработку электроэрозионными наноматериалами и обеспечивающую значительное повышение уровня их ресурса.

Для достижения названной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

На первом этапе работы выполнен анализ источников информации, касающихся методов получения наноразмерных материалов, на основании которого выбрана прогрессивная, экологически чистая, энергосберегающая и безотходная технология получения электродных наноматериалов. Отмечено, что одним из наиболее перспективных методов получения нанопорошков, практически из любого токопроводящего материала, в том числе и быстрорежущих сталей (БРС), является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который отличается относительно невысокими энергетическими затратами, безвредностью и экологической чистотой процесса, отсутствием механического износа оборудования, получением порошка непосредственно из кусков БРС различной формы за одну операцию, получением частиц преимущественно сферической формы размером от нескольких нанометров до сотен микрон. Показано, что к настоящему времени уровень разработки метода ЭЭД достиг опытно-промышленного производства [5-21].

Для выполнения намеченных исследований за объект реноваций принят вал турбокомпрессора двигателя модели ACV автомобиля Audi A6 (рис. 1).



Рисунок 1 - Вал турбокомпрессора

В качестве исходного сырья для получения порошков методом ЭЭД для изготовления электродов были выбраны отходы быстрорежущей стали Р6М5 (сверла, метчики, плашки). Электроды получали спеканием электроэрозионных порошков БРС методом SPS-синтеза.

По результатам последующих металлографических исследований отмечено, что изделия из ПБРС, изготовленные методом горячего прессования с пропусканием высокоамперного тока, из порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов ПБРС марки Р6М5, не имеют пор, обладают твердостью порядка 477 HV, средний размер зерна – 0,87 мкм и основными элементами в них являются Fe и W.

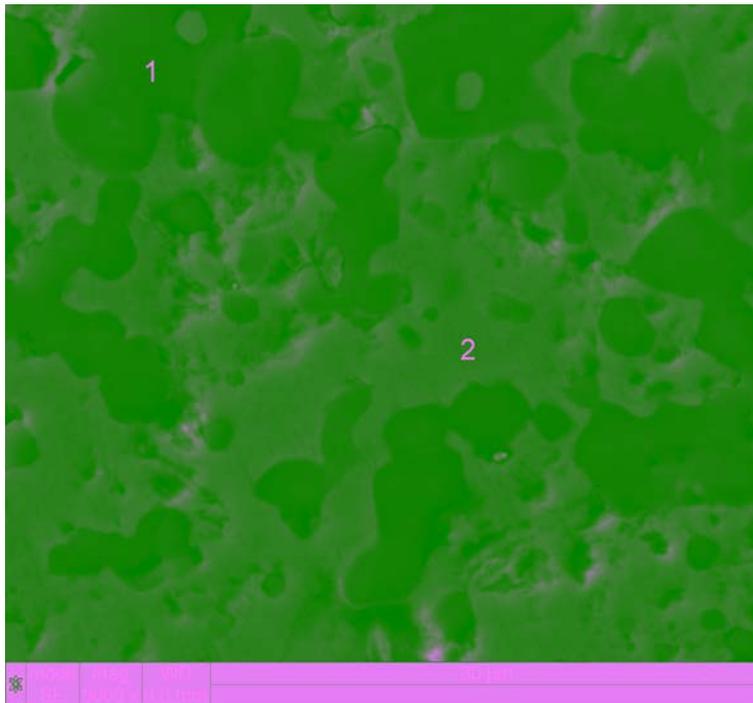


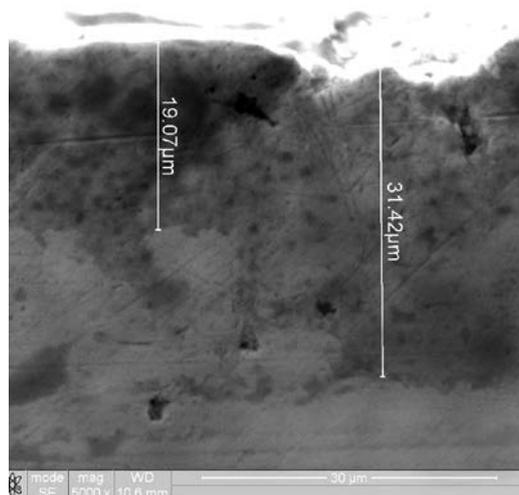
Рисунок 2 - Микроструктура спеченных образцов

Далее полученными электродами на установке на основе токарно-винторезного станка (рис. 3) были восстановлены изношенные поверхности вала турбокомпрессора.

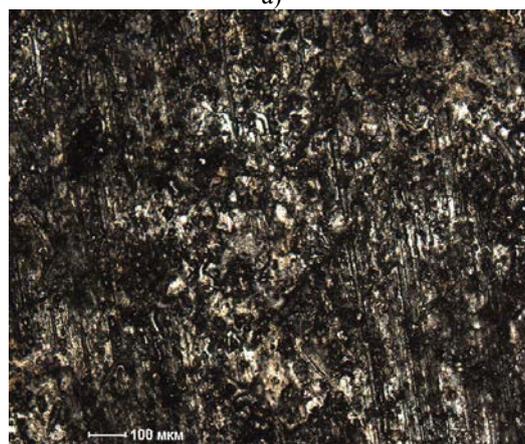


Рисунок 3 - Общий вид установки для электроэрозионной обработки валов

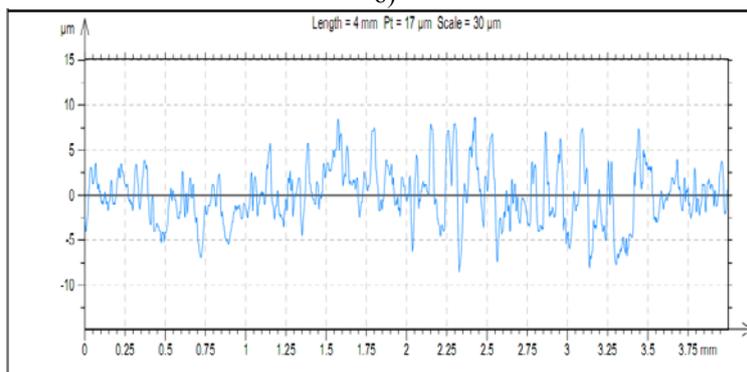
На рисунке 4 представлены результаты исследований покрытий, полученных электроискровой обработкой с использованием в качестве электродного материала спеченной ПБРС.



а)



б)



в)

Рисунок 4 - Микроструктура образца:

а – поперечный шлиф (Quanta 200 3D), б – поверхность (OLYMPUS GX51), в – шероховатость поверхности (автоматизированный прецизионный контактный профилометр SURTRONIC 25)

Экспериментально установлено, что электроискровые покрытия, полученные электродным материалом из ПБРС, имеют толщину от 19,07 мкм до 31,42 мкм, шероховатость составляет Rz 13,2 мкм (Ra 2,4 мкм).

Коэффициент трения и скорость износа поверхности образца и контртела измеряли на автоматизированной машине трения (Tribometer, CSM Instruments, Швейцария), управляемой компьютером, по стандартной схеме испытания “шарик-диск”. Эти испытания позволяют использовать модель Герца, они соответствуют международным стандартам ASTM G99-959 DIN50324 и могут быть использованы для оценки износостойкости образца и контртела.

Образец устанавливали в держателе, перпендикулярно плоскости образца закрепляли стержень, на конце которого находился шарик диаметром 6 мм из стали Stainless Steel AISI 420 (твердость по Виккерсу 5000-8000 HV). С помощью регулировки датчика перемещения выбирали радиус кривизны износа, еще один датчик компенсировал силу трения и позволял установить значение коэффициента трения в определенный момент времени.

Результаты трибологических испытаний образцов при различных путях трения представлены на рисунке 5.

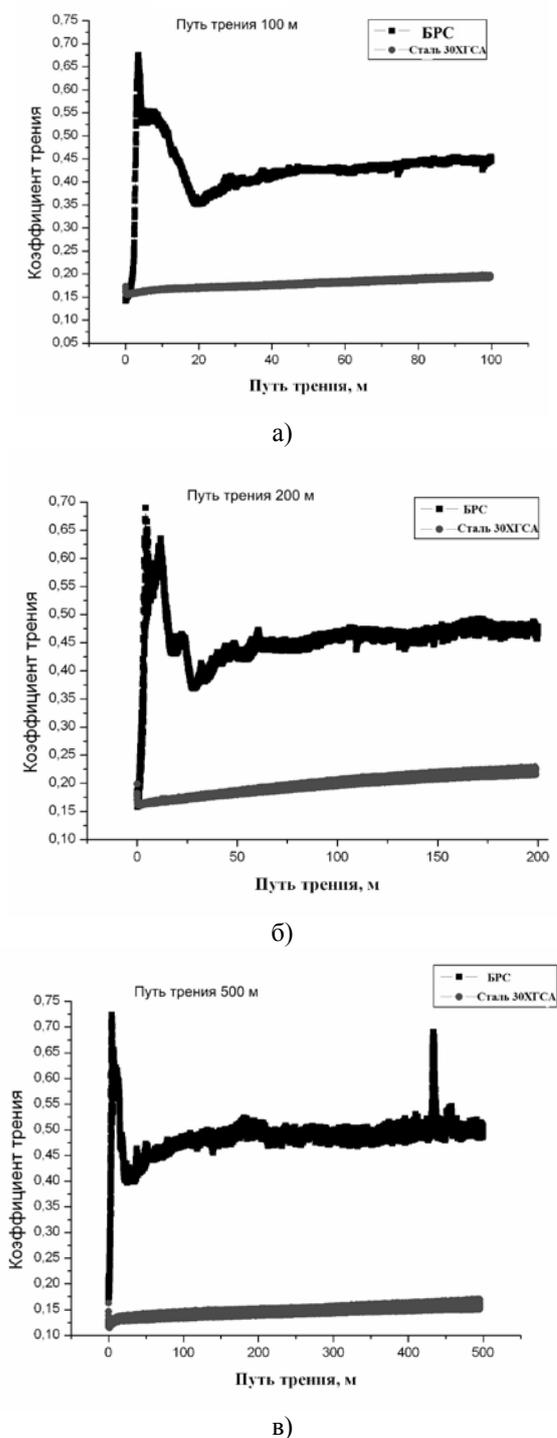


Рисунок 5 - Результаты трибологических испытаний образцов на пути трения:
а) 100 м, б) 200 м, в) 500 м

Результаты трибологических испытаний поверхности трения образцов и электроискровых покрытий с БРС свидетельствуют о большем коэффициенте трения последней. Также отмечено, что при испытаниях трибологических образцов с БРС происходит скачок. В данном случае, в связи это связано с высокой шероховатостью ($R_a = 2,14$ мкм) и износ характеризуется сглаживанием твердых выступов поверхности образца (рис. 5, а-в).

ВЫВОДЫ

1. На основе проведенных экспериментальных и теоретических исследований показана возможность решения важной научно-практической задачи – улучшения качества ремонта автомобилей за счет эффективного восстановления изношенных деталей. Выбор способа восстановления изношенных деталей зависит от их размеров, формы и материала. При величине износа до 0,3 мм для восстановления деталей наиболее целесообразно использовать электроискровую обработку.

2. На основе анализа источников информации, касающихся разработки и применения прогрессивных, экологически чистых, энергосберегающих и безотходных технологий получения ПБРС разработана и исследована технология электроэрозионного диспергирования отходов быстрорежущей стали марки Р6М5, позволяющая получать ПБРС с размером частиц от микро- до нанодисперсий.

3. Анализ характеристик износостойкости электроискровых покрытий, полученных электродным материалом из электроэрозионных порошков быстрорежущей стали марки Р6М5 на максимальном пути трения 500 м, показал следующее:

– среднее значение коэффициента трения образцов и электроискровых покрытий с БРС составляет 0,486 и 0,146 соответственно;

– фактор износа статистического партнера (контртела) при трении по стали и электроискровому покрытию с БРС составляет $2,62 \cdot 10^{-7} \text{ мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{м})$ и $1,595 \cdot 10^{-7} \text{ мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{м})$ соответственно;

– фактор износа образцов из стали и электроискровых покрытий с БРС составляет $5,34 \cdot 10^{-7} \text{ мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{м})$ и 0 соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, Е.В. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов спеченных твердых сплавов [Текст]: монография / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский [и др.]. - Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2010. – 91 с.

2. Агеев, Е.В. Восстановление и упрочнение деталей машин композиционными гальваническими покрытиями [Текст]: монография / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский [и др.]. - Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2011. – 75 с.

3. Гадалов, В.Н. Металлография металлов, порошковых материалов и покрытий, полученных электроискровыми способами [Текст]: монография / В.Н. Гадалов, В.Г. Сальников, Е.В. Агеев [и др.]. - М.: ИНФРА-М, 2011. – 468 с.

4. Агеев, Е.В. Повышение эксплуатационных показателей восстановленных деталей автомобилей на основе научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, материалов и устройств [Текст] / Е.В. Агеев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 1. – С. 32–41.

5. Агеев, Е.В. Состав и свойства порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов [Текст]: монография / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, Семенихин Б.А. [и др.]. - Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., 2011. – 123 с.

6. Агеев, Е.В. Форма и морфология поверхности частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердых сплавов, содержащих вольфрам [Текст] / Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2011. – № 7. – С. 30–32.

7. Агеев, Е.В. Повышение эксплуатационных показателей восстановленных деталей автомобилей на основе научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, материалов и устройств [Текст] / Е.В. Агеев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 1. – С. 32–41.

8. Агеев, Е.В. Получение, исследование и практическое применение износостойких порошковых материалов из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов [Текст] / Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2012. – № 9. – С. 36–45.

9. Латыпов, Р.А. Получение порошков из вольфрамсодержащих твердых сплавов и их применение в технологиях восстановления и упрочнения деталей [Текст] / Р.А. Латыпов, П.И. Бурак, Е.В. Агеев, Г.Р. Латыпова // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 114. – С. 162-169.

10. Агеев, Е.В. Изучение формы и элементного состава порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в водной среде [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, В.Ю. Карпенко // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 4 (112). – С. 14-17.

11. Агеев, Е.В. Получение заготовок твердого сплава из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, В.Ю. Карпенко, А.С. Осминина // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 4 (112). – С. 24-27.

12. Агеева, Е.В. Изучение формы и элементного состава порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в водной среде [Текст] / Е.В. Агеева, Е.В. Агеев, В.Ю. Карпенко // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. – № 4 (112). – С. 14-17.

13. Агеев, Е.В. Исследование свойств спеченных образцов из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов быстрорежущей стали [Текст] / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, В.Ю. Карпенко // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 4. – С. 90–94.

14. Агеева, Е.В. Рентгеноструктурный анализ порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов электроэрозионным диспергированием в водной среде [Текст] / Е.В. Агеева, Е.В. Агеев, В.Ю. Карпенко // Вестник машиностроения. – 2014. – № 12. – С. 64-66.

15. Агеева, Е.В. Состав, структура и свойства порошка из быстрорежущей стали, полученной электроэрозионным диспергированием в воде [Текст] / Е.В. Агеева, Е.В. Агеев, В.Ю. Карпенко // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 5. – С. 88–96.

16. Агеева, Е.В. Влияние технологии получения электродного материала из отходов быстрорежущей стали на износостойкость электроискровых покрытий [Текст] / Е.В. Агеева, Е.В. Агеев, В.Ю. Карпенко, А.Ю. Алтухов // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2015. – № 1. – С. 36-41.

17. Агеева, Е.В. Оценка износостойкости электроискровых покрытий, полученных с использованием электроэрозионных порошков быстрорежущей стали [Текст] / Е.В. Агеева, Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, В.Ю. Карпенко, А.Ю. Алтухов // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2015. – № 1. – С. 71-76.

18. Агеев, Е.В. Свойства синтезированной порошковой быстрорежущей стали из электроэрозионных порошков, полученных в водной среде [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, А.Ю. Алтухов, Д.А. Чумак-Жунь, С.В. Пикалов, В.Ю. Карпенко // Известия ЮЗГУ. – 2015. – № 1 (58). – С. 17-26.

19. Агеева, Е.В. Рентгеноспектральный микроанализ порошка, полученного из отходов быстрорежущей стали электроэрозионным диспергированием в керосине [Текст] / Е.В. Агеева, Е.В. Агеев, Е.А. Воробьев // Вестник машиностроения. – 2014. – № 11. – С. 71–73.

20. Ageev, E.V. Studing Tungsten-containing Electroerosion Powders and Alloys Synthesized from Them [Text] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, V.Yu. Karpenko, A.S. Osminina // Journal of nano- and electronic physics. – 2014. – Vol. 3. – P. 03049-1– 03049-3.

21. Ageev, E.V. Nanopowder Produced from High-Speed Steel Waste by Electrosark Dispersion in Water [Text] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, V.Yu. Karpenko // Russian Engineering Research. – 2015. - Vol. 35. - No. 3. - P. 189–190.

22. Катунин, А.А. Технологическое обеспечение качества сферических головок шаровых пальцев обкаткой бессепараторным инструментом: Автореф. дис. ... канд.техн.наук / Катунин Андрей Александрович; Орловский государственный технический университет. - Орел, 2009.

23. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей [Текст]: учебное пособие / А. Н. Новиков, М. П. Стратулат, А. Л. Севостьянов. - Орел: Орловский гос. технический ун-т, 2006.

24. Пат. 2119420 Российская Федерация. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов [Текст] / Новиков А.Н.

Агеев Евгений Викторович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Адрес: Россия, 305040, г. Курск, 50 лет Октября, 94

Д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили, транспортные системы и процессы»

E-mail: ageev_ev@mail.ru

Карпенко Наталья Николаевна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Адрес: Россия, 305040, г. Курск, 50 лет Октября, 94

Аспирант

E-mail: mosssik@yandex.ru

Осминина Анастасия Сергеевна

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Адрес: Россия, 305040, г. Курск, 50 лет Октября, 94
Студент
E-mail: aso95@yandex.ru

E. V. AGEEV, V. YU. KARPENKO, A. S. OS'MININA

RESTORATION OF THE ROTOR SHAFT OF THE TURBOCHARGER EDM MACHINING USING ELECTROEROSION NANOPOWDERS

The article shows the possibility of solving important scientific and practical task of improving the quality of repair of cars due to the effective recovery of worn parts. The high efficiency recovery of the rotor shaft of the turbocharger electrical discharge machining using the electroerosion nanopowders.

Key words: auto, worn parts, restoration, hardening, electroerosion nanopowders, electrical discharge machining.

BIBLIOGRAPHY

1. Ageev, E.V. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtotraktornoy tekhniki plazmenno-poroshkovoy naplavkoy s ispol'zovaniem poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov spechennykh tverdykh splavov Tekst : monografiya / E.V. Ageev, V.I. Serebrovskiy i dr. ? Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-kh. ak., 2010. - 91 s.
2. Ageev, E.V. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley mashin kompozitsionnymi gal'vanicheskimi po-krytiyami Tekst : monografiya / E.V. Ageev, V.I. Serebrovskiy i dr. - Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-kh. ak., 2011. - 75 s.
3. Gadalov, V.N. Metallografiya metallov, poroshkovykh materialov i pokrytiy, poluchennykh elektro-iskrovymi sposobami Tekst : monografiya / V.N. Gadalov, V.G. Sal'nikov, E.V. Ageev i dr. - M.: INFRA-M, 2011. - 468 s.
4. Ageev, E.V. Povyshenie ekspluatatsionnykh pokazateley vosstanovlennykh detaley avtomobiley na osnove nauchno obosnovannykh resursosberegayushchikh tekhnologiy, materialov i ustroystv [Tekst] / E.V. Ageev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1. - S. 32-41.
5. Ageev, E.V. Sostav i svoystva poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh splavov Tekst : monografiya / E.V. Ageev, R.A. Latypov, Semenikhin B.A. i dr. - Kursk: YUgo-Zap. gos. un-t., 2011. - 123 s.
6. Ageev, E.V. Forma i morfologiya poverkhnosti chastits poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem tverdykh splavov, sodержashchikh vol' fram [Tekst] / E.V. Ageev // Tekhnologiya metallov. - 2011. - № 7. - S. 30-32.
7. Ageev, E.V. Povyshenie ekspluatatsionnykh pokazateley vosstanovlennykh detaley avtomobiley na osnove nauchno obosnovannykh resursosberegayushchikh tekhnologiy, materialov i ustroystv [Tekst] / E.V. Ageev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1. - S. 32-41.
8. Ageev, E.V. Poluchenie, issledovanie i prakticheskoe primeneniye iznosostoykikh poroshkovykh materialov iz otkhodov vol' framsoderzhashchikh tverdykh splavov [Tekst] / E.V. Ageev // Tekhnologiya metallov. - 2012. - № 9. - S. 36-45.
9. Latypov, R.A. Poluchenie poroshkov iz vol' framsoderzhashchikh tverdykh splavov i ikh primeneniye v tekhnologiyakh vosstanovleniya i uprochneniya detaley [Tekst] / R.A. Latypov, P.I. Burak, E.V. Ageev, G.R. Latypo-va // Trudy GOSNITI. - 2014. - T. 114. - S. 162-169.
10. Ageev, E.V. Izuchenie formy i elementnogo sostava poroshka, poluchennogo iz vol' framsoderzhashchikh otkhodov instrumental'nykh materialov elektroerozionnym dispergirovaniem v vodnoy srede [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, V.YU. Karpenko // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2014. - № 4 (112). - S. 14-17.
11. Ageev, E.V. Poluchenie zagotovok tverdogo splava iz poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem vol' framsoderzhashchikh otkhodov [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, V.YU. Karpenko, A.S. Os'minina // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2014. - № 4 (112). - S. 24-27.
12. Ageeva, E.V. Izuchenie formy i elementnogo sostava poroshka, poluchennogo iz vol' framsoderzhashchikh otkhodov instrumental'nykh materialov elektroerozionnym dispergirovaniem v vodnoy srede [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, V.YU. Karpenko // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2014. - № 4 (112). - S. 14-17.
13. Ageev, E.V. Issledovanie svoystv spechennykh obraztsov iz poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov bystrorezhushchey stali [Tekst] / E.V. Ageev, R.A. Latypov, V.YU. Karpenko // Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal. - 2014. - № 4. - S. 90-94.
14. Ageeva, E.V. Rentgenostrukturnyy analiz poroshka, poluchennogo iz vol' framsoderzhashchikh otkhodov elektroerozionnym dispergirovaniem v vodnoy srede [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, V.YU. Karpenko // Vest-nik mashinostroeniya. - 2014. - № 12. - S. 64-66.
15. Ageeva, E.V. Sostav, struktura i svoystva poroshka iz bystrorezhushchey stali, poluchennoy elektroerozionnym dispergirovaniem v vode [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, V.YU. Karpenko // Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal. - 2014. - № 5. - S. 88-96.

16. Ageeva, E.V. Vliyanie tekhnologii polucheniya elektrodnoogo materiala iz otkhodov bystrorezhushchey stali na iznosostoykost' elektroiskrovykh pokrytiy [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, V.YU. Karpenko, A.YU. Altukhov // Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii. - 2015. - № 1. - S. 36-41.
17. Ageeva, E.V. Otsenka iznosostoykosti elektroiskrovykh pokrytiy, poluchennykh s ispol'zovaniem elektroerozionnykh poroshkov bystrorezhushchey stali [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, R.A. Latypov, V.YU. Karpenko, A.YU. Altukhov // Izvestiya vuzov. Poroshkovaya metallurgiya i funktsional'nye pokrytiya. - 2015. - № 1. - S. 71-76.
18. Ageev, E.V. Svoystva sintezirovannoy poroshkovoy bystrorezhushchey stali iz elektroerozionnykh poroshkov, poluchennykh v vodnoy srede [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, A.YU. Altukhov, D.A. Chumak-ZHun', S.V. Pikalov, V.YU. Karpenko // Izvestiya YUZGU. - 2015. - № 1 (58). - S. 17-26.
19. Ageeva, E.V. Rentgenospektral'nyy mikroanaliz poroshka, poluchennogo iz otkhodov bystrorezhushchey stali elektroerozionnym dispergированием v kerosine [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, E.A. Vorob'ev // Vestnik mashinostroyeniya. - 2014. - № 11. - S. 71-73.
20. Ageev, E.V. Studing Tungsten-containing Electroerosion Powders and Alloys Synthesized from Them [Text] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, V.Yu. Karpenko, A.S. Osminina // Journal of nano- and electronic physics. - 2014. - Vol. 3. - P. 03049-1- 03049-3.
21. Ageev, E.V. Nanopowder Produced from High-Speed Steel Waste by Electrospark Dispersion in Water [Text] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, V.Yu. Karpenko // Russian Engineering Researc. - 2015. - Vol. 35. - No. 3. - R. 189-190.
22. Katunin, A.A. Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva sfericheskikh golovok sharovykh pal'tsev obkatkoy besseparatornym instrumentom: Avtoref. dis. ... kand.tekhn.nauk / Katunin Andrey Aleksandrovich; Orlovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. - Orel, 2009.
23. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtomobiley [Tekst]: uchebnoe posobie / A. N. Novikov, M. P. Stratulat, A. L. Sevost'yanov. - Orel: Orlovskiy gos. tekhnicheskii un-t, 2006.
24. Pat. 2119420 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst] / Novikov A.N.

Ageev Evgeniy Viktorovich

FGBOU VO «South-West state University»

Address: Rossia, 305040, Kursk, 50 October, 94

Doctor of technical Sciences, docent, Professor of the Department of cars, transport systems and processes

E-mail: ageev_ev@mail.ru

Karpenko Natalia Nikolaevna

FGBOU VO «South-West state University»

Address: Rossia, 305040, Kursk, 50 October, 94

Undergraduate

E-mail: natali030119891@yandex.ru

Os'minina Anastasia Sergeevna

FGBOU VO «South-West state University»

Address: Rossia, 305040, Kursk, 50 October, 94

Student

**Продолжается подписка на журнал
«Мир транспорта и
технологических машин»**

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

УДК 621.43:628.892.2

Н.А. ФЕДИН, С.С. РЯБОВ

ДИНАМИКА ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗНОСА В МОТОРНОМ МАСЛЕ

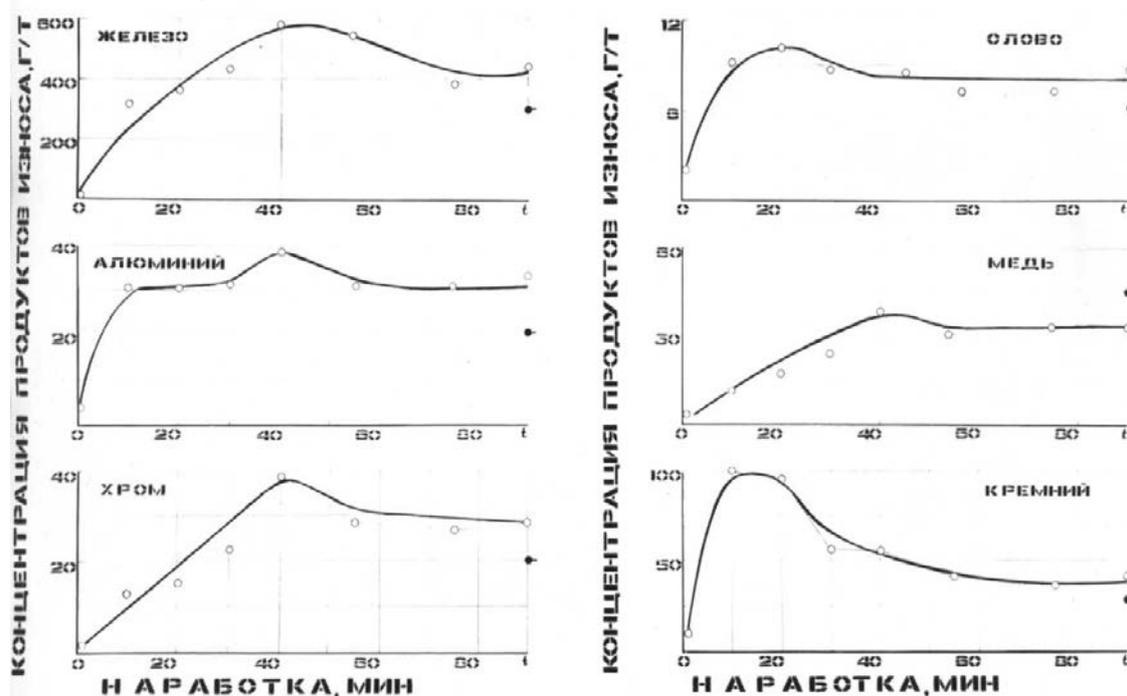
В статье дается динамика накопления продуктов износа в моторном масле при технологической обкатке двигателя СМД-62 и изменение концентрации продуктов износа в масле при 60-часовой стендовой обкатке. Приводится износ деталей двигателя СМД-62 при 6-часовой стендовой обкатке для разных регионов, что позволяет судить о качестве их ремонта и момента окончания процесса приработки деталей сопряжения ЦПГ, КШГ.

Ключевые слова: новые и отремонтированные двигатели, обкатка, продукты износа, моторное масло, ресурс, качество, процесс накопления, концентрация продуктов износа.

Концентрация продуктов износа в моторном масле таких элементов, как железо, алюминий, хром, медь, олово, кремний может быть использована в качестве обобщенного диагностического параметра при определении качества отремонтированных двигателей.

Была проведена технологическая обкатка (в течение 2 ч) капитально отремонтированного на Тартуском опытно-ремонтном заводе двигателя № 120 и нового № 3438445 при индивидуальной системе смазки.

При этом были выявлены закономерности накопления в масле названных выше характерных элементов (рис.1).



○ – концентрация продуктов износа в масле отремонтированного двигателя N120 (ТОРЗ)

● – концентрация в масле нового двигателя N3438445 (ХЗТД)

Рисунок 1 - Изменение концентрации продуктов износа в моторном масле двигателей СМД-62 при технологической обкатке

Характер накопления продуктов износа в моторном масле зависит от следующих факторов:

- 1) очистительной способности маслоочистителя;
- 2) нагрузочного режима двигателя;

- 3) скорости поступления продуктов износа в результате приработки деталей;
- 4) наличия металлических примесей, стружки, попавших в двигатель при ремонте, сборке.

Концентрация продуктов износа в масле после первых 40 мин обкатки (рис.1) резко возрастает, что обусловлено вышеперечисленными факторами. К концу технологической обкатки концентрация продуктов износа в масле составляла: у капитально отремонтированного двигателя – железа – 420 г/т, алюминия – 32 г/т, хрома – 28 г/т, олова – 9 г/т, меди – 32 г/т, кремния – 41 г/т; у нового двигателя: железа – 300 г/т, алюминия – 20 г/т, хрома – 20 г/т, олова – 6 г/т, меди – 45 г/т, кремния – 26 г/т. Экспериментальные зависимости показывают, что приработка деталей цилиндропоршневой и кривошипно-шатунной групп еще не закончилась в момент окончания технологической обкатки, оценка качества отремонтированных двигателей при наличии индивидуальной системы смазки возможна по результатам анализа моторного масла по концентрации железа, алюминия, хрома и олова.

При 60-часовой стендовой обкатке 8 новых и 6 капитально отремонтированных двигателей СМД-62 выявлена закономерность накопления продуктов износа – железа, хрома, алюминия, олова, меди и кремния в моторном масле (рис.2). Анализируя полученные зависимости, можно отметить, что в первые 15–20 ч концентрация железа, хрома, алюминия, олова растет с большей скоростью, чем в последующие часы обкатки. По характеру кривых видно, что приработка гильз цилиндров заканчивается у отремонтированных двигателей к 30 ч, поршней, верхних компрессионных колец и вкладышей коленчатого вала – к 20 ч. После 25–30 ч обкатки концентрация в масле железа, алюминия, хрома, олова и кремния стабилизируется, что вызвано установлением динамического равновесия между скоростью поступления продуктов износа в масло и удалением их маслоочистителем, а также с расходуемым маслом.

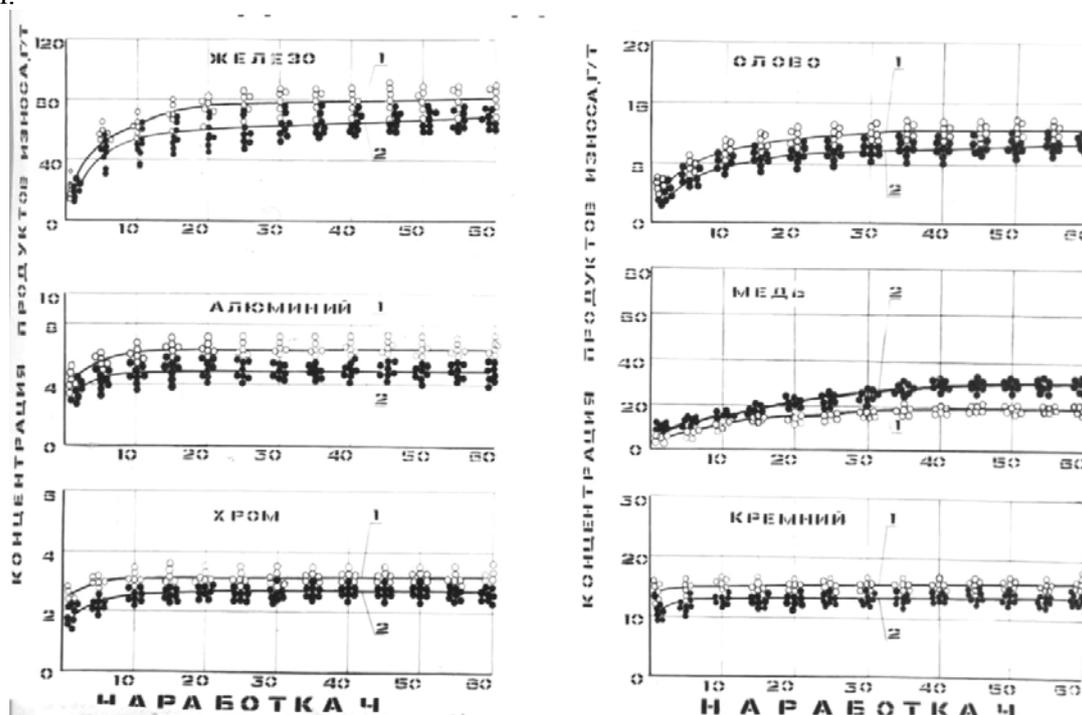


Рисунок 2 - Изменение концентрации продуктов износа в масле при 60-часовой стендовой обкатке СМД-62:

I и 2 – средняя концентрация продуктов износа в масле отремонтированных и новых двигателей

Из полученных зависимостей следует, что процессы приработки деталей ЦПГ и КШГ протекают неодинаково и заканчиваются в основном к 60 ч обкатки. Концентрация продуктов износа в масле новых двигателей стабилизируется: железо к 30 ч, алюминия и хрома к 15

ч, олова к 20 ч. После 60-часовой стендовой обкатки концентрация продуктов износа в масле новых двигателей варьирует в следующих пределах: железа – 58–78 г/т, алюминия – 4,1–6 г/т, хрома – 2,2–3 г/т, меди – 25–35 г/т, кремния – 12–14 г/т, олова – 8,6–12 г/т; у отремонтированных двигателей: железа – 67–92 г/т, алюминия – 6,3–7,9 г/т, хрома – 3–3,6 г/т, меди – 18–22 г/т, кремния – 15,18 г/т, олова – 11,4–14,8 г/т. При этом математическое ожидание концентрации продуктов износа в моторном масле новых двигателей составляет: для железа – 66 г/т, алюминия – 5,3 г/т, хрома – 2,7 г/т, меди – 32 г/т, кремния – 12 г/т, олова – 10,3 г/т; отремонтированных двигателей: для железа – 81 г/т, алюминия – 6,5 г/т, хрома – 3,2 г/т, меди – 20 г/т, кремния – 15,5 г/т, олова – 13,0 г/т. Концентрация продуктов износа в масле капитально отремонтированных двигателей больше, чем в масле новых: для железа на 25 %, алюминия – 23 %, хрома – 18 %, олова – 26 %. Концентрация меди в масле новых двигателей больше, чем в масле отремонтированных, что объясняется более интенсивным износом их втулок при обкатке, а у отремонтированных двигателей втулки уже приработаны. Концентрация кремния в масле отремонтированных и новых двигателей почти одинаковая и соответственно составляет 15–18 и 12–14 г/т. Кроме того, как указывалось раньше, концентрация кремния в масле характеризует условия эксплуатации. Поэтому при оценке качества отремонтированных двигателей концентрация меди и кремния не может служить оценочным параметром.

На основании качественных и количественных характеристик процесса накопления продуктов износа определяется время завершения периода приработки деталей цилиндропоршневой и кривошипно-шатунной групп. Скорость поступления продуктов износа в масло с течением времени уменьшается. Концентрация железа в масле капитально отремонтированного двигателя после технологической обкатки достигает 420 г/т, после 60-часовой стендовой обкатки – 120 г/т. Для других элементов (алюминия, хрома, олова, меди, кремния) также характерно уменьшение скорости поступления в масло.

Результаты, полученные при 60-часовой стендовой обкатке, подтверждаются фактическими износами деталей ЦПГ, КШГ и других и представлены в таблице 1.

Значения концентрации продуктов износа в моторном масле, полученные теоретически и экспериментальным путем, имеют достаточную сходимость (для железа отличаются не более чем на 16 %).

Таким образом, при 60-часовой стендовой обкатке выявлено, что концентрация продуктов износа в масле двигателей, отремонтированных по техническим условиям на капитальный ремонт в 1,1–1,4 раза больше, чем в масле новых. При этом средний ресурс деталей отремонтированных двигателей составил: для гильз цилиндров – 0,81 ресурса новых, поршней – 0,82, верхних компрессионных колец – 0,84, вкладышей коленчатого вала – 0,79.

Таблица 1- Износ деталей двигателя СМД-62 при 60-часовой стендовой обкатке

Наименование детали	Износ деталей	
	Значение износа и единица измерения	% использования ресурса
1	2	3
Гильза цилиндров	до 0,01 мм	2,5–4
Поршень (юбка поршня по наружному диаметру)	0,20–0,30 г	2–3
Поршневой палец	0,029–0,060 г	1,1–2,2
Коленчатый вал (шатунные и коренные шейки)	до 0,003 мм	0,13
Вкладыши коренных подшипников	0,03–0,06 г	0,3–0,6
Шатунные вкладыши	0,010–0,020 г	0,1–0,2
Втулка верхней головки шатуна	0,001–0,003 мм	0,5–1,5
Поршневые компрессионные кольца:		

Окончание таблицы 1

1	2	3
1-е	0,10–0,20 г	1,4–2,8
2-е	0,20–0,28 г	2,8–4,0
3-е	0,22–0,30 г	3,1–4,2
маслосъемное	0,18–0,30 г	2–2,7
Втулка турбокомпрессора	до 0,14 г	
Втулка маслонасоса	0,003–0,006 мм	

Исследована также динамика накопления продуктов износа в масле дизелей при эксплуатационной 60-часовой обкатке. Для 4 новых и 4 отремонтированных двигателей в хозяйствах Пензенской и Харьковской областей получены закономерности (рис. 3 и 4), аналогичные полученным при 60-часовой стендовой обкатке. Как видно из рисунков 3 и 4, в первые 30 ч обкатки концентрация железа, хрома, алюминия, олова растет с большей скоростью, чем в дальнейшем.

В условиях Пензенской области концентрация продуктов износа в масле новых двигателей находится в пределах: железа 72–84 г/т, хрома 4,1–4,8 г/т, алюминия 8,8–10,8 г/т, олова 10,4–11 г/т, меди 38–41 г/т, кремния 15,4–17,2 г/т; средние значения концентрации следующие: железа 82 г/т, хрома 4,6 г/т, алюминия 10 г/т, олова 10,2 г/т, меди 3,8 г/т, кремния 16,8 г/т. Для капитально отремонтированных двигателей соответственно: железа 100–110 г/т, хрома 4,9–5,2 г/т, алюминия 11,2–12,4 г/т, олова 11,8–12,6 г/т, меди 23,5–30 г/т, кремния 18,8–20 г/т; средние значения концентрации: железа 106 г/т, хрома 5,2 г/т, алюминия 12 г/т, олова 12,2 г/т, меди 29 г/т, кремния 19 г/т.

В условиях Харьковской области в масле новых двигателей содержится в среднем: железа 81 г/т, хрома 4,8 г/т, алюминия 9,8 г/т, олова 11 г/т, меди 38 г/т, кремния 17 г/т; в масле отремонтированных двигателей: железа 102 г/т, хрома 5,7 г/т, алюминия 11,6 г/т, олова 12 г/т, меди 27 г/т, кремния 19 г/т.

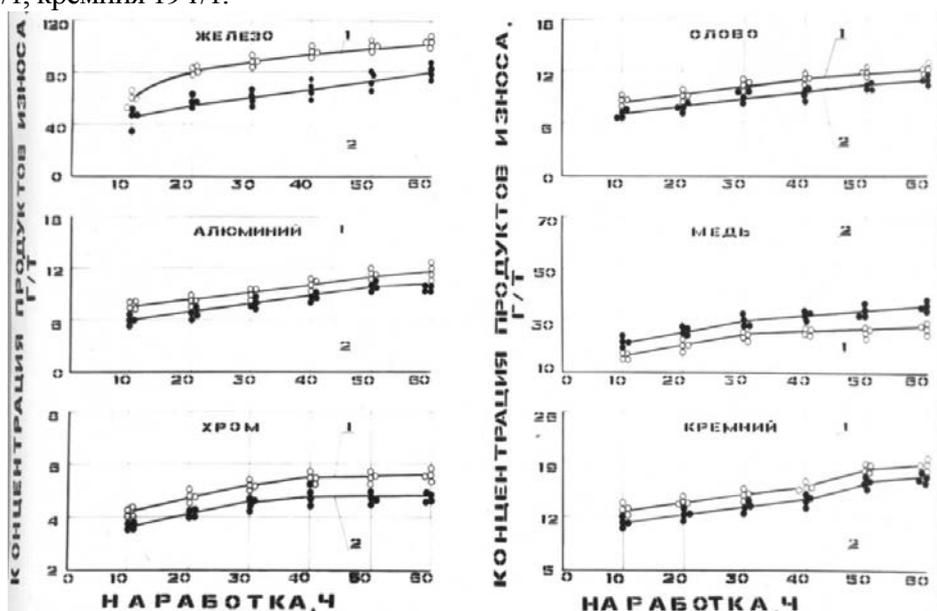


Рисунок 3 - Изменение концентрации продуктов износа в моторном масле новых и отремонтированных (1) двигателей СМД-62 при эксплуатационной обкатке в хозяйствах Харьковской области

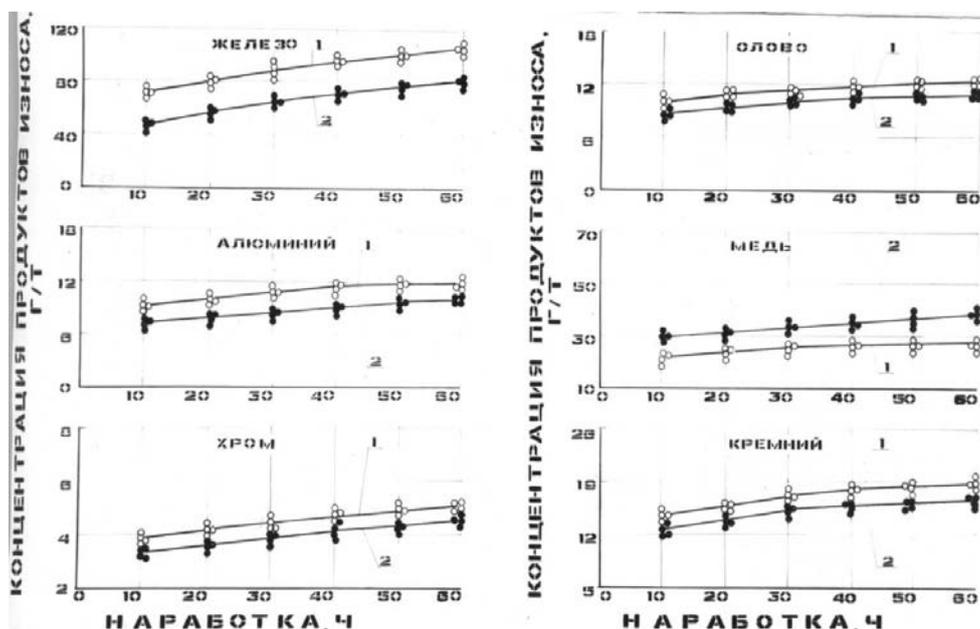


Рисунок 4 - Изменение концентрации продуктов износа в моторном масле новых и отремонтированных двигателей СМД-62 при эксплуатационной обкатке в хозяйствах Пензенской области

Средние значения концентрации продуктов износа в масле двигателей для условий Пензенской и Харьковской областей отличаются незначительно, что свидетельствует об одинаковом качестве ремонта на ремонтных предприятиях названных областей.

Анализ данных показывает, что при эксплуатационной обкатке скорость поступления продуктов износа в моторное масло выше, чем при стендовой, что обусловлено особенностями нагрузочных и тепловых режимов двигателя. Концентрация продуктов износа в масле при эксплуатационной обкатке выше, чем при стендовой: железа в 1,3 раза, алюминия в 1,8 раза, хрома в 1,6 раза и олова в 1,1 раза. В масле отремонтированных двигателей концентрация продуктов износа больше, чем в масле новых. При этом для Харьковской области имеем для железа на 27,5 % больше, алюминия на 18,5 %, хрома на 18,7 %, олова на 18 %; для Пензенской области: железа на 30 % больше, алюминия на 20 %, хрома на 13 %, олова на 18 %. Период стабилизации уровня концентрации продуктов износа в масле при эксплуатационной обкатке больше, чем при стендовой, и завершается для гильз цилиндров к 60 ч, поршней – к 50–60 ч, верхних компрессионных колец – к 40–50 ч, вкладышей коленчатого вала – к 50–60 ч.

Средний ресурс деталей отремонтированных двигателей при эксплуатационной обкатке для зоны Пензенской области составляет: гильз цилиндров – 0,77 ресурса новых, поршней 0,83, верхних компрессионных колец – 0,81, вкладышей коленчатого вала – 0,87. Для зоны Харьковской области: гильз цилиндров – 0,78 ресурса новых, поршней – 0,84, верхних компрессионных колец – 0,84, вкладышей коленчатого вала – 0,92. Таким образом, соблюдая технические требования на капитальный ремонт, можно достичь достаточно высокого качества ремонта.

При проведении 800-часовых стендовых испытаний нового двигателя выявлено, что концентрация продуктов износа при замене масла через каждые 240 ч не превышает значений, полученных для новых двигателей при 60-часовой стендовой обкатке. Скорость поступления продуктов износа в первые 60 ч обкатки стабилизируется, поэтому после замены масла их концентрация варьирует около среднего значения.

Таким образом, по динамике накопления продуктов износа в масле новых и отремонтированных двигателей можно обнаружить момент окончания приработки деталей цилиндропоршневой и кривошипно-шатунной групп, а по полученным закономерностям сравнить

процессы приработки отремонтированных и новых двигателей, судить о качестве отремонтированных двигателей и, в конечном счёте, определять их ресурс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, М.А. Качество моторного масла и надежность двигателей [Текст] / М.А. Григорьев, Б.М. Бунаков, В.А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 232 с.
2. Федин, Н.А. Качество отремонтированных двигателей [Текст] / Н.А. Федин // Новосибирск: Известия вузов. Строительство. – 2000. - № 1. - С. 81-84.
3. Федин, Н.А. Исследование результатов диагностирования моторного масла для оценки качества отремонтированных двигателей [Текст] // Материалы 1 международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГАСА. - 2000. - Ч2. - С. 65-68.
4. Федин, Н.А. оценка качества отремонтированных двигателей [Текст]: монография / Н.А. Федин, Т.Г. Федина. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 132 с.
5. Михлин, В.М. Прогнозирование технического состояния машин [Текст] / В.М. Михлин. М.: Колос 1976. – 288 с.
6. Костецкий, Б.И. Трение, смазки и износа в машинах [Текст] / Б.И. Костецкий. – Киев: Техника, 1970. – 396 с.
7. Артемьев, Ю.Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве [Текст] / Ю.Н. Артемьев. – М.: Колос, 1981.-239 с.
8. Венцель, С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / С.В. Венцель. – М.: Химия, 1979. – 249 с.
9. Биргер, И.А. Техническая диагностика [Текст] / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
10. Величкин, И.Н. Ускоренная оценка стойкости деталей дизелей против абразивного износа [Текст] / И.Н. Величкин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 1981. – № 10. – С.5–7.
11. Величкин, И. Оценка технического состояния цилиндро-поршневой группы без разборки двигателя [Текст] / И. Величкин, Н. Хоменко // Техника в сельском хозяйстве. – 1976. – № 7. – С.67–69.
12. Венцель, С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / С.В. Венцель. – М.: Химия, 1979. – 240 с.
13. Волков, С.И. Структура и анализ показателей качества ремонта автотракторных двигателей [Текст] / С.И. Волков. – М.: ЦНИИТЭИ, 1975. – 64 с.
14. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 1975. – 333 с.
15. ГОСТ 15467–79. Управление качеством. Термины и определения [Текст]. – Взамен ГОСТов 15467–70, 16431–70, 17341–71, 17102–71; Введ. 01.07.79. – 25 с.
16. Федин, Н.А. Накопление продуктов износа в моторном масле двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Н.А. Федин, С.С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНИК. – 2014. - 21-25 с.
17. Федин, Н.А. К вопросу об определении ресурса отремонтированных двигателей по результатам анализа моторного масла [Текст] / Н.А. Федин, С.С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2015. – С. 3-12.
18. ГОСТ 16468–79. Надежность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Основные положения [Текст]. – Взамен ГОСТ 16468–70; Введ. 01.01.80. – 8 с
19. Ждановский, Н.С. Диагностика автотракторных двигателей с использованием электронных приборов [Текст] / Н.С. Ждановский, В.А. Аллилуев, В.М. Михлин. – Ленинград – Пушкин: ЛСХИ, 1973. – 127 с.
20. Федин, Н.А. Анализ математического модели процесса накопления продуктов износа в моторном масле и обоснование номенклатуры основных сопряжений двигателя, диагностируемых методом спектрального анализа масла [Текст] / Н.А. Федин, С.С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2014. С. 3-11.
21. Федин, Н.А. Показатели оценки качества отремонтированных двигателей и источники поступления продуктов износа в моторное масло [Текст] / Н.А. Федин, С.С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2014. – С. 3-11.

Федин Николай Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28

Канд. тех. наук, доцент кафедры «Начертательная геометрия и графика»

E-mail: ngig@pguas.ru

Рябов Сергей Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28

Студент гр. ЭТМК-21

E-mail: sergryaboff@mail.ru

N.A. FEDIN, S.S. RYABOV

DYNAMICS OF THE PROCESS OF WEAR PRODUCTS ACCUMULATION IN ENGINE OIL

In the article dynamics of the process of wear products accumulation in engine oil at technological running-in of the SMD-62 engine and changing of the concentration of wear products in engine oil at a 60-hours bench running-in. Wearing of details of the SMD-62 engine at a 6-hours bench running-in for different regions that allows to judge the quality of their repair and the final moment of the process of details extra earnings of the interface of TsPG, KShG is given.

Keywords: new and repaired engines, running-in, wear products, engine oil, resource, quality, accumulation process, concentration of wear products.

BIBLIOGRAPHY

1. Grigor`ev, M.A. Kachestvo motornogo masla i nadezhnost` dvigateley [Tekst] / M.A. Grigor`ev, B.M. Bunakov, V.A. Doletskiy. - M.: Izd-vo standartov, 1984. - 232 s.
2. Fedin, N.A. Kachestvo otremonirovannykh dvigateley [Tekst] / N.A. Fedin // Novosibirsk: Izvestiya vuzov. Stroitel`stvo. - 2000. - № 1. - S. 81-84.
3. Fedin, N.A. Issledovanie rezul'tatov diagnostirovaniya motornogo masla dlya otsenki kachestvo otremonirovannykh dvigateley [Tekst] // Materialy 1 mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Penza: PGASA. - 2000. - CH2. - S. 65-68.
4. Fedin, N.A. otsenka kachestva otremonirovannykh dvigateley [Tekst]: monografiya / N.A. Fedin, T.G. Fedina. - Penza: PGUAS, 2010. - 132 s.
5. Mikhlin, V.M. Prognozirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya mashin [Tekst] / V.M. Mikhlin. M.: Kolos 1976. - 288 s.
6. Kostetskiy, B.I. Trenie, smazki i iznosa v mashinakh [Tekst] / B.I. Kostetskiy. - Kiev: Tekhnika, 1970. - 396 s.
7. Artem`ev, YU.N. Kachestvo remonta i nadezhnost` mashin v sel'skom khozyaystve [Tekst] / YU.N. Artem`ev. - M.: Kolos, 1981.-239 s.
8. Ventseľ, S.V. Primenenie smazochnykh masel v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya [Tekst] / S.V. Ventseľ. - M.: Himiya, 1979. - 249 s.
9. Birger, I.A. Tekhnicheskaya diagnostika [Tekst] / I.A. Birger. - M.: Mashinostroenie, 1978. - 240 s.
10. Velichkin, I.N. Uskorennaya otsenka stoykosti detaley dizeley protiv abrazivnogo iznosa [Tekst] / I.N. Velichkin [i dr.] // Traktory i sel'khoz mashiny. - 1981. - № 10. - S.5-7.
11. Velichkin, I. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya tsilindro-porshnevoy gruppy bez razborki dvigatelya [Tekst] / I. Velichkin, N. Homenko // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. - 1976. - № 7. - S.67-69.
12. Ventseľ, S.V. Primenenie smazochnykh masel v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya [Tekst] / S.V. Ventseľ. - M.: Himiya, 1979. - 240 s.
13. Volkov, S.I. Struktura i analiz pokazateley kachestva remonta avtotraktornykh dvigateley [Tekst] / S.I. Volkov. - M.: TSNIITEI, 1975. - 64 s.
14. Gmurman, V.E. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [Tekst] / V.E. Gmurman. - M.: Vyssh. shk., 1975. - 333 s.
15. GOST 15467-79. Upravlenie kachestvom. Terminy i opredeleniya [Tekst]. - Vzamen GOSTov 15467-70, 16431-70, 17341-71, 17102-71; Vved. 01.07.79. - 25 s.
16. Fedin, N.A. Nakoplenie produktov iznosa v motornom masle dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst] / N.A. Fedin, S.S. Ryabov S.S. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet - UNIK. - 2014. - 21-25 s.
17. Fedin, N.A. K voprosu ob opredelenii resursa otremonirovannykh dvigateley po rezul'tatam analiza motornogo masla [Tekst] / N.A. Fedin, S.S. Ryabov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet - UNPK. - 2015. - S. 3-12.

18. GOST 16468-79. Nadezhnost` izdeliy mashinostroeniya. Sistema sbora i obrabotki informatsii. Osnovnye polozheniya [Tekst]. - Vzamen GOST 16468-70; Vved. 01.01.80. - 8 s

19. Zhdanovskiy, N.S. Diagnostika avtotraktornykh dvigateley s ispol'zovaniem elektronnykh priborov [Tekst] / N.S. Zhdanovskiy, V.A. Alliluev, V.M. Mikhlin. - Leningrad - Pushkin: LSHI, 1973. - 127 s.

20. Fedin, N.A. Analiz matematicheskogo modeli protsessa nakopleniya produktov iznosa v motornom masle i obosnovanie nomenklatury osnovnykh sopryazheniy dvigatelya, diagnostiruemykh metodom spektral'nogo analiza masla [Tekst] / N.A. Fedin, S.S. Ryabov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet - UNPK. - 2014. S. 3-11.

21. Fedin, N.A. Pokazateli otsenki kachestva otremonirovannykh dvigateley i istochniki postupleniya produktov iznosa v motornoe maslo [Tekst] / N.A. Fedin, S.S. Ryabov // Mir transporta i tekhnologicheskikh ma-shin. - Orel: Gosuniversitet - UNPK. - 2014. - S. 3-11.

Fedin Nikolay Akekseevich

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: Rossia, 440028, g. Penza city, Titova, 28

Candidate tech. science, assistant, professor of «Descriptive Geometry»

E-mail: ngig@pguas.ru

Ryabov Sergey Sergeevich

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: Rossia, 440028, g. Penza city, Titova, 28

Student gr. ETMK-21

E-mail: sergryaboff@mail.ru

*Продолжается подписка на журнал
«Мир транспорта и
технологических машин»*

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

УДК629.33, 656.071

И.В. МАКАРОВА, Р.Г. ХАБИБУЛЛИН, Э.И. БЕЛЯЕВ, Э.М. МУХАМЕТДИНОВ

ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье проанализированы существующие направления повышения эксплуатационной надежности автомобилей. Для повышения эффективности эксплуатационной надежности предлагается предупреждать отказы. В качестве инструмента предлагается использовать логико-вероятностный метод ЛВМ (LPM) расчета надежности сложных технических систем. Для расчета надежности использовалась программа AnyGraph. Использование кодификатора дефектов для формирования статистики отказов и их анализ с помощью ЛВМ позволяет определить сервисную стратегию в гарантийный период с обоснованием ее стоимости, а также выполнять ее корректировку в случае необходимости при изменении статистики отказов.

Ключевые слова: логико-вероятностный метод, транспорт, надежность, запасные части, дефект.

Рост автомобилизации и усиливающаяся конкурентная борьба на автомобильном рынке вынуждают производителей автомобильной техники не только повышать качество своей продукции, но и искать новые способы привлечения клиентов. Один из главных факторов конкурентоспособности автомобиля – уверенность покупателя в его бесперебойной эксплуатации. Это особенно актуально в гарантийный период эксплуатации. Любые отклонения от гарантийных обязательств могут отрицательно повлиять на репутацию производителя и снизить доверие к бренду у клиентов – покупателей и владельцев. Поэтому производители уделяют особое внимание решению этой проблемы. Своевременный, быстрый и качественный сервис наиболее востребован для владельцев грузовой автомобильной техники, поскольку при коммерческой эксплуатации автомобиля каждый лишний час простоя в ожидании обслуживания влечет за собой упущенную выгоду.

Как правило, производители, с целью привлечения потенциальных покупателей своих автомобилей, увеличивают продолжительность периода обслуживания по гарантии. Это в значительной мере обеспечивается современными достижениями в области проектирования и изготовления изделий, повышении их надежности и качества. Надежность автомобильной техники становится одним из главных факторов обеспечения ее конкурентоспособности. Создание автомобиля с высокой надежностью может быть обеспечено при комплексном подходе к решению этой задачи на всех этапах «жизненного цикла» автомобиля: при его конструировании, изготовлении и эксплуатации. Ведущая роль в обеспечении надежности автомобиля принадлежит конструктору, поскольку на этапе проектирования решаются вопросы использования в конструкции высоконадежных элементов; принятия технических решений, обеспечивающих оптимальные режимы работы элементов; введения в необходимых случаях избыточности или резервирования; решения задач, связанных с восстановлением отказавших устройств (диагностирование, обеспечение ремонтной пригодности и т.п.).

На этапе эксплуатации продолжается сбор сведений об отказах узлов, агрегатов и систем автомобиля. Эти сведения передаются разработчикам с целью устранения причин отказов и уточнения исходных данных для расчета надежности. Повышение качества гарантийного обслуживания обеспечивается совершенствованием технологических процессов и за счет предупреждения внезапных отказов. Эти два основных направления связаны с обработкой и анализом информации, а также разработкой алгоритмов, методик и мероприятий по быстрому реагированию на изменения внутренних параметров системы и внешних факторов, влияющих на нее. Качество процессов в сервисном центре определяется такими факторами как качество планирования работ, степень загруженности оборудования в течение смены,

наличие обученного персонала, наличие запасных частей и расходных материалов, необходимых для проведения технического обслуживания и ремонта [1]. Последний из указанных факторов, влияющих на качество процессов, тесно связан с решением проблемы предупреждения внезапных отказов.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Эффективность функционирования технических систем (ТС) в значительной степени зависит от надежности как отдельных устройств, входящих в системы, так и элементов, обеспечивающих взаимодействие между этими устройствами. Несмотря на значительные усилия в области повышения надежности ТС, уровень их надежности часто не удовлетворяет все возрастающим требованиям. Это приводит к значительным простоям систем, а также к повышению эксплуатационных расходов. Кроме того, отказы ТС могут привести к аварийным ситуациям, последствия которых могут быть значительными. Эксплуатационная надежность автомобилей характеризуется такими показателями как безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность автомобилей, их агрегатов, узлов и деталей. Особое значение при этом имеет выявление деталей, лимитирующих надежность автомобилей. К деталям и узлам, лимитирующим надежность агрегатов автомобиля относят те из них, отказы которых составляют не менее 50 % от общего числа отказов, а затраты на устранение этих отказов (на запасные части и работы по замене деталей) – не менее 70 % от общей суммы затрат. Знание закономерностей возникновения отказов позволяет решать практические задачи в сферах производства автомобилей и их эксплуатации.

Изучение законов распределения наработок на отказ имеет большое практическое значение и позволяет: глубже познать природу отказов, их физическую сущность; обобщить отказы с общими закономерностями распределения наработок и выработать стратегию их предупреждения; более точно производить расчеты по надежности и объему ремонтных воздействий; моделировать и прогнозировать отказы, совершенствовать систему технического обслуживания и текущего ремонта (ТО и ТР). Однако, при этом возникают вопросы, связанные скорректностью статистических данных; надежностью способов их получения, хранения и обработки; адекватностью методов интерпретации результатов анализа данных. Комплексный подход к решению задачи о повышении эксплуатационной надежности автомобильной техники решается в системе фирменного сервиса, через которую осуществляется обратная связь с разработчиками конструкции и технологии производства автомобиля. Кроме того, анализ отказов позволяет выявить нарушения технологии производства автомобиля.

СБОР И ФОРМАЛИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОБ ОТКАЗАХ ПРИ АНАЛИЗЕ НАДЕЖНОСТИ

При сборе статистических данных об отказах необходимо иметь в виду, что случайной величиной при оценке надежности является время между отказами, а при оценке ремонтпригодности – длительность времени ремонта. Поскольку любая техническая система работает с перерывами, вызванными отсутствием необходимости ее использования, техническими обслуживаниями и ремонтами, и другими причинами [2], при сборе статистических данных об отказах необходимо фиксировать не только дату отказа системы, но также суммарное время работы между отказами, исключив время ее нерабочего состояния. При анализе надежности необходимо, чтобы математическая модель функционирования объекта соответствовала реальной системе эксплуатации объекта. Математические модели в соответствии с теорией надежности строятся в предположении, что достоверно известно время между отказами каждого элемента сложной системы при условии их непрерывной работы. Это позволяет определить любой показатель надежности.

Как известно, интенсивность отказов элементов определяется по формуле (1):

$$\lambda(\Delta t) = (n(\Delta t)) / \bar{N} \Delta t, \quad (1)$$

где $n(\Delta t)$ – число отказавших элементов за время Δt ;

\bar{N} – среднее число элементов, исправно работающих на участке Δt .

Поскольку интенсивность отказов характеризует надежность невосстанавливаемых устройств до первого отказа, $\lambda(\Delta t)$ должен определяться при условии замены отказавших элементов исправными. При отказе сложной системы из-за отказа элемента система не снимается с эксплуатации, а отказавший элемент заменяется исправным. По этой причине число элементов в системе остается постоянным. Учитывая, что среднее число исправно работающих элементов N_{cp} на участке Δt остается постоянным и равным первоначальному их количеству, по формуле (1) получаем не интенсивность отказов элементов, а среднюю частоту отказов $\omega(t)$. Это характеристика надежности восстанавливаемых систем.

При создании новой техники конструктор использует для оценки надежности ее элементов статистические данные, полученные при эксплуатации аналогичной техники. Если данные о надежности элементов не корректны, это может привести к значительным ошибкам, особенно в случае анализа надежности сложных систем. Показатели надежности сложной системы вычисляются по следующим формулам:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{ – интенсивность отказов} \quad T_c = \frac{1}{\lambda_c} \text{ – средняя наработка до отказа}$$

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t} \text{ – вероятность отказа системы} \quad A_r = \frac{T_c}{T_c - T_r} \text{ – коэффициент доступности}$$

где $\lambda_c, T_c, P_c(t)$ – интенсивность отказов, наработка на отказ и вероятность безотказной работы системы;

λ_i – интенсивность отказов i -го элемента, полученная из эксплуатации;

T_B – среднее время восстановления системы;

n – число элементов в системе.

Очевидно, что расчеты по приведенным формулам дадут некорректные результаты, поскольку параметр потока отказов системы не равен сумме параметров потоков отказов элементов, кроме того, $\lambda(t) \neq \omega_i(t)$.

Поскольку при эксплуатации на техническую систему воздействует множество факторов, которые по своей природе могут быть стохастическими, авторы научных работ разрабатывают методики, в которых применяют законы теории вероятности и нечеткой логики. Авторами статьи [3] предлагается методология оценки для расчета стоимости жизненного цикла восстанавливаемых систем, основанную на показателях надежности и ремонтпригодности. Авторами разработана обобщенная модель расчета стоимости важных этапов жизненного цикла системы. Срок службы восстанавливаемой системы моделируется с помощью двух параметров распределения Вейбулла. Авторами статьи [4] предлагается для оценки надежности при разработке новой техники использовать теорию нечеткой логики. Авторы считают, в условиях недостаточных объемов численных данных можно использовать информацию по гарантийному обслуживанию аналогичных систем. Для оценки используется закон распределения Вейбулла. Предлагаемые методы дают возможность предварительной оценки надежности, однако, проведенные нами исследования статистики отказов при эксплуатации грузовых автомобилей в разных странах показывают, что эти данные имеют сильные отличия. Эти отличия могут быть вызваны особенностями эксплуатационных характеристик и оказывают сильное влияние на выбор стратегии сервиса и его стоимость.

Создание единой системы сбора и обработки статистических данных об отказах техники является важной инженерной задачей, поскольку отсутствие обоснованных данных о надежности техники не позволяет выполнять расчеты надежности в процессе проектирова-

ния, не дает возможности оценить качество и эффективность сложных объектов, затрудняет планирование ее эксплуатации. Получаемые статистические данные об отказах должны позволять оценить характеристики надежности технических устройств и систем, указанные разработчиком и изготовителем и, кроме того, получить показатели надежности элементов, узлов, устройств для их использования в процессе проектирования и производства сложных технических систем. Данные должны быть достаточными для получения аналитических отчетов в соответствии с алгоритмами и программами сбора и обработки статистических данных об отказах, а также для совершенствования процессов сервиса после выполнения прогнозных оценок и решения задач планирования.

Для формализации информации об отказах и неисправностях предлагается использовать кодификатор дефектов. Описание дефекта хранится в виде составного кода, включающего в себя код подгруппы деталей, в которую входит дефектный узел, код непосредственно дефектного узла, код детали-виновника дефекта (может совпадать с кодом дефектного узла), код технической сущности дефекта, код причины возникновения дефекта, код способа устранения дефекта (рис. 1).



Рисунок 1– Описание дефекта в виде составного кода

Описание неисправности выполняется с помощью стандартизованных терминов, которые разбиты на блоки: внешние проявления, причины возникновения, техническая сущность и способ устранения. Как правило, выходу автомобиля из строя сопутствуют внешние проявления неисправностей, которые можно разбить на две группы по признакам проявления (табл. 1). Причины возникновения дефекта могут быть конструкционными, технологическими (производственными) и эксплуатационными (табл. 2). Технические сущности дефектов были разделены на группы по признаку материала (табл. 3).

Таблица 1 – Группы внешних проявлений дефектов

ПРЯМЫЕ ПРИЗНАКИ	КОСВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ
Включение (выключение) затруднено	Биение
Замерзание	Люфт
Срыв резьбы...	Течь...

Таблица 2 – Классификация дефектов по причине возникновения (виновник)

Конструкционные	Технологические	Эксплуатационные
Недостаточная прочность	Отклонения при изготовлении от конструкторско–технологической документации	Нарушение инструкции по эксплуатации
Несоответствие размеров реальным нагрузкам	Некачественное нанесение лакокрасочного покрытия	Несвоевременное обслуживание автомобиля и его систем
...

Таблица 3 – Классификация технической сущности возникновения дефектов

Металлические детали	Резинотехнические изделия	Детали из полимерных материалов
Выкрашивание	Замасливание	Замасливание
Выплавление	Засорение	Отслаивание
Трещина...	Разбухание...	Растяжение...

Это позволило составить формализованное описание дефекта в виде кодификатора (присвоив сущностям определенные коды). Были формализованы также способы устранения дефектов (табл. 4).

Таблица 4 – Способы устранения дефекта

№	Способ устранения	№	Способ устранения	№	Способ устранения
1	Демонтаж	5	Капитальный ремонт	i	Окраска
2	Долив до нормы	6	Крепежные работы
3	Замена	7	Механическая обработка	n-1	Слив
4	Зачистка	8	Монтаж	n	Смазывание

Использование кодификатора дефектов позволяет автоматизировать процесс составления рекламационных актов (гарантийный период эксплуатации) и наряд-заказов (постгарантийный период эксплуатации), тем самым на этапе сбора информации избежать случайных ошибок. Кроме того, представление описания дефекта узла или агрегата автомобиля в виде составного кода дает возможность анализировать причины возникновения отказов и планировать стратегию сервиса.

ЛОГИКО–ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕРВИСА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Наиболее эффективным направлением повышения эксплуатационной надежности является предупреждение отказов. Методы предупреждения отказов могут быть основаны на прогнозировании моментов их появления, либо на статистических данных о долговечности элементов. Так, в статье [5] предложен «динамический» метод оптимизации сервиса для парков грузовых автомобилей за счет применения инновационной стратегии, основанной на интеллектуальном подходе к управлению сервисом. Авторы предлагают использовать систему поддержки принятия решений для улучшения управления средним сроком службы в соответствии с оценки затрат по этапам жизненного цикла продукта (LC). Такой подход предполагает объединение информации, полученной из разных источников. Это позволяет определить, влияние различных факторов по всей цепочке создания стоимости. Предложенный авторами алгоритм расчета остаточной стоимости ЖЦ используется для оптимизации сервиса парка грузовиков. Решение, описанное здесь идет в направлении профилактического обслуживания для грузовых автомобилей, направленных на снижение количества неожиданных остановок и минимизировать затраты продукт LC, избегая компонентов поломок. Эта концепция принимает, в качестве входных данных, статистический анализ на уровне использования отдельных компонентов в сочетании с анализом затрат на провал (как, например, недоступность грузовика) и расходы на техническое обслуживание (как наличие операторов и стоимости ресурсов).

Авторы статьи [6] сравнивают стоимость сервисного обслуживания при разных стратегиях. Рассмотренный вариант стратегии предполагает обеспечение безотказности работы изделия. В статье [7] рассмотрена задача оптимизации системы, обладающей линейно возрастающей скоростью опасности и имеющей постоянную скорость ремонта. Автор отмечает, что оперативная производительности системы с ограниченной доступностью может быть рассчитана по средней продолжительности жизни согласно распределению Рэлея и среднему времени ремонта. Авторы статьи [8] предлагают методику определения продолжительности безотказной работы Марковских систем, путем использования стратегии сервиса, включаю-

щей три варианта ремонтов. Для анализа использовались такие данные, как среднее время восстановления, среднее время профилактического обслуживания, частота обслуживания, частота ремонта, среднее время между отказами, надежность и доступность системы.

В работе [9] предложен метод повышения надежности системы посредством профилактического обслуживания, приводящего к возможному увеличению срока работы системы. Авторы определяют в качестве главной цели исследования определение времени профилактического обслуживания, для улучшения работы системы. Разработанная математическая модель системы позволила авторам определить системные критерии качества работы – качество обслуживания, качество оборудования, производительность системы, и стоимости выгоды из-за обслуживания. Авторы работы [10] на основании проведенных исследований делают вывод, что плохой режим обслуживания (или отсутствие режима обслуживания) стоят американскому промышленному сектору существенного количества денег. Много исследований показали, что это более экономически выгодно, чтобы проверить, осмотреть, контролировать, и поддержать механизированное оборудование, чем это должно работать в реактивном способе. Тип оборудования и его важности для полной эксплуатационной надежности процесса должен продиктовать который из разумных трех рутин обслуживания Вы профилактический использованием, прогнозирующий, или надежность сосредоточили обслуживание.

На наш взгляд, наиболее эффективными методами применительно к сложным техническим системам являются логико-вероятностные методы (ЛВМ) расчета надежности технических систем [11]. Это такие методы, когда структура системы описывается с помощью математической логики, а количественная оценка ее надежности производится с помощью теории вероятностей. ЛВМ имеют преимущество над такими методами, как вероятностная оценка дерева неисправностей, анализ дерева отказов, поскольку могут применяться для структурно-сложных систем. Кроме того, если на начальном этапе использования ЛВМ логические переменные заменялись вероятностями, а логические операции – арифметическими операциями, что было возможно только для простых структур, то в настоящее время применяются автоматизированное логико-вероятностное моделирование структурно-сложных систем большой размерности. ЛВМ позволяют определить вероятность отказа сложной системы на основе вероятности отказов ее составных элементов, что в случае определения вероятности отказов сложных систем с неравно надежными элементами позволит более обоснованно планировать графики и состав операций технического обслуживания автомобилей.

В качестве примера применения ЛВМ (LPM) для анализа надежности рассмотрим статистику отказов парка грузовых автомобилей региона Казахстан за 4 года. Численность парка гарантийных автомобилей за рассматриваемый период составила $N_0 = 5466$ автомобилей. При этом, число неисправных автомобилей по причине отказа двигателя за этот период составило $N_{fail}(t_i) = 650$ единиц. Таким образом, вероятность отказа двигателя в данном регионе за исследуемый период составила

$$P = \frac{N_{fail}(t_i)}{N_0} = \frac{650}{5466} = 0,119.$$

Мы обобщили отказы по месту их возникновения и по причинам. Для этого были построены логические схемы – дерево отказов двигателя и дерево отказов одного из его механизмов – кривошипно-шатунного (рис.2, а,б). Для расчета влияния каждого механизма и подсистемы на надежность работы системы определялись их «вклады». При этом вклад элемента x в системе y – есть частная производная от вероятности безотказной работы системы Q по вероятности безотказной работы элемента Q_{unit} . Так, например, вероятность безотказной работы двигателя $Q = 1 - P = 1 - 0,119 = 0,881$. При этом вероятность работы газораспределитель-

ного механизма

$$Q_{unit} = 1 - P_{unit} = 1 - \frac{N_{funit}(t_i)}{N_{ounit}} = 1 - \frac{90}{5466} = 0,9836,$$

где P_{unit} – вероятность отказа газораспределительного механизма;

$N_{funit}(t_i) = 90$ – число отказов газораспределительного механизма в рассматриваемом парке автомобилей. Вклад газораспределительного механизма в надежность двигателя:

$$R = \frac{\partial Q}{\partial Q_{unit}} = 0,139.$$

Для расчета вкладов каждого механизма и системы в надежность двигателя использовалась программа AnyGraph.

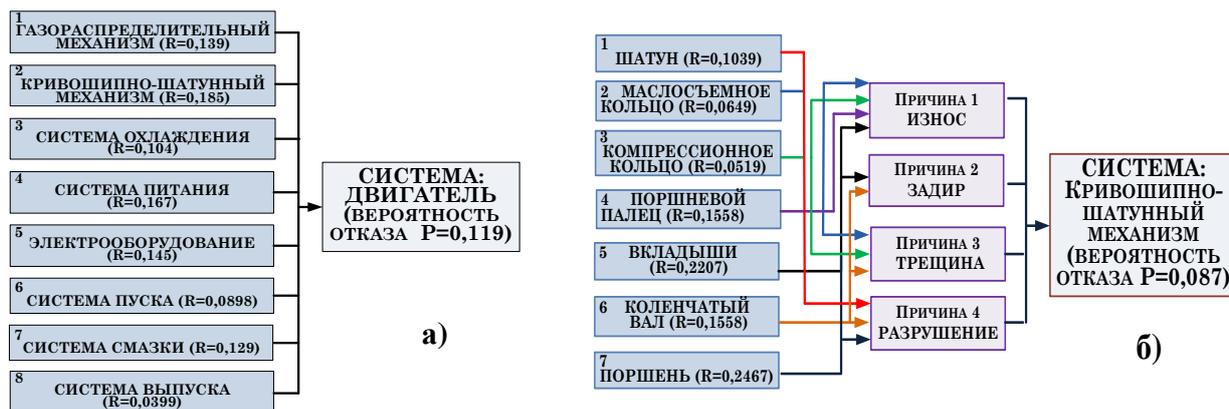


Рисунок 2 Дерево отказов двигателя (а) и кривошипно-шатунного механизма (б)

Использование кодификатора дефектов для формирования статистики отказов и их анализ с помощью ЛВМ позволяет определить сервисную стратегию в гарантийный период с обоснованием ее стоимости, а также выполнять ее корректировку в случае необходимости при изменении статистики отказов. Кроме того, такая методика позволяет планировать поставки запасных частей для выполнения гарантийных ремонтов.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О НАДЕЖНОСТИ

Запасное имущество и принадлежности (ЗИП) как ресурс обеспечения надежности занимает значительное место в практике проектирования и эксплуатации технических изделий. Современная теория надежности восстанавливаемых систем исходит из модели надежности, в которой устранение отказа и восстановление работоспособности осуществляется путем ремонта. При этом принимается допущение о том, что возможное количество восстановлений за время функционирования, вообще говоря, не ограничено [12]. Однако, могут быть ограничения на время одного восстановления или на суммарное время восстановления [13]. Отказом признается событие, при котором время восстановления превысит допустимое (резервное) время. Если резерв времени отсутствует, то применяют структурное резервирование и тогда отказ наступает, если время восстановления превысит время до отказа резервного элемента.

Многие технические системы имеют такие условия функционирования, когда ремонтная база находится в непосредственной близости от места эксплуатации системы и имеет технические и технологические возможности устранения практически любого отказа, возникающего при эксплуатации. Тогда вполне обоснованным является допущение о неограниченном количестве возможных восстановлений. Однако, ремонт не является универсальным способом восстановления работоспособности различных по масштабам и назначению сис-

тем, в том числе систем управления. Восстановление работоспособности путем ремонта иногда бывает не возможно, поскольку далеко не всегда ремонтная база находится близко к месту эксплуатации. Это относится не только к системам, имеющим ограничения по весу и габаритам, но и ко многим системам военного назначения, системам управления на транспорте, системам, эксплуатируемым в малонаселенных труднодоступных регионах. Кроме того, ремонт при современном высокотехнологичном производстве часто невозможен или экономически нецелесообразен вне крупных, хорошо оснащенных современным технологическим оборудованием, предприятий.

Как правило, ТО и ТР грузовых автомобилей осуществляются в специализированных сервисных центрах, работающих по стандартам производителя. Поскольку для владельца транспортного средства важно, чтобы обслуживание выполнялось в кратчайшие сроки, то методам оптимизации процессов посвящено большое число научных работ. Если отказ какого-либо узла или агрегата произошел в гарантийный период, то вопрос о повышении эффективности ремонта важен как для производителя, так и для владельца автомобиля. Производитель должен обеспечить быструю замену отказавшего узла, а клиент должен получить исправный автомобиль для осуществления логистического процесса и получения прибыли.

При использовании ЗИП восстановление работоспособности сводится к замене отказавшего модуля (составной части) на работоспособную запасную часть (ЗЧ), что вполне может быть выполнено эксплуатационным персоналом. В этом случае возникает другая проблема. По соображениям ограничений на суммарную стоимость запасных частей не удается создать такие большие начальные запасы модулей, которые позволяли бы гарантированно иметь ЗЧ при любом отказе в системе. Отсутствие в комплекте ЗИП необходимой ЗЧ может стать причиной увеличения времени обслуживания. Поскольку время пополнения запасов в комплекте существенно превышает допустимое время восстановления работоспособности, изделие после исчерпания запасов становится фактически невозстанавливаемым по отказам данного типа до ближайшего регламентного или случайного момента пополнения комплекта ЗИП. Учитывая это, необходимо найти такой баланс между стоимостью хранения ЗЧ и стоимостью ее срочной доставки в случае необходимости, чтобы издержки были минимальными. Для решения этой проблемы необходимо специализированное программное обеспечение, которое позволило бы эффективно организовать процессы в системе фирменного сервиса.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПОСТАВКАМИ

Наиболее рациональным способом реализации вышеописанных принципов, а также выработки адекватных управленческих решений по оптимизации поставок запасных частей является создание и применение автоматизированной системы управления, интеллектуальным ядром в которой могут быть аналитические модели. Структура предлагаемой системы управления представлена на рисунке 3.

Для повышения эффективности планирования структуры и времени поставок запасных частей необходимо учитывать, что различные узлы, агрегаты и системы автомобиля имеют разный ресурс и обладают разной степенью надежности, которая, в свою очередь, зависит от множества факторов, имеющих стохастический характер.



Рисунок 3 – Структура системы управления поставками запасных частей сети фирменных сервисных центров за рубежом

Отказ автомобиля возникает в момент времени $T_{отк}$, который с определенной вероятностью можно спрогнозировать. Как показывает анализ эксплуатационных показателей интенсивность отказов автомобилей $\lambda(t)$ разделяется на три эксплуатационных этапа [14]: в период *приработки* наблюдается повышенная интенсивность отказов, что связано с приработкой деталей и обусловлено, как правило, производственными дефектами. В *период штатной эксплуатации* отказы носят случайный характер и появляются внезапно, прежде всего, из-за несоблюдения условий эксплуатации, изменений нагрузки, воздействия неблагоприятных внешних факторов и т.п. Третий период характеризуется возрастанием интенсивности отказов, что вызвано *старением* и другими причинами, связанными с длительной эксплуатацией. Учитывая вышесказанное, обеспечение запасными частями должно включать в себя функционально различные механизмы. Поскольку *гарантийный период* является наиболее важным для поддержания лояльности клиента, в первую очередь решается вопрос об обеспечении качественного сервиса именно в этот период.

Эффективная деятельность центра управления ДСС фирмы–производителя автомобильной техники по управлению поставками запасных частей может быть успешной, если в распоряжении центра управления имеется вся информация, необходимая для принятия оперативных и стратегических решений в условиях развития сети ДСЦ, в том числе и на зарубежных рынках. Центр управления должен иметь возможность на основе этой информации принимать рациональные управленческие решения, а также контролировать выполнение принятых решений и их результаты и оперативно корректировать свои действия по оптимизации процессов в ДСС. При этом должны быть решены задачи электронной каталогизации и организация учета автомобильной техники, наличия и расходования запасных частей производителя; своевременного планирования поставок в ДСЦ автомобилей и запасных частей для удовлетворения потребностей клиентов; внедрения и сертификации системы выработки адекватных решений по управлению поставками и запасами, корректировке нормативов.

Для решения поставленных задач были разработаны программные модули сбора, хранения и обработки информации поступающей из сети ДСЦ ЗАО «Внешнеторговая компания «КАМАЗ». Для создания программного комплекса использовалась среда программирования Borland Delphi 7. Статистическая обработка данных выполнялась помощью пакета статистического анализа Statistica. Для работы с данными использовался SQLServer 2000. Поскольку информационные базы формируются из ДСЦ, а связь с ними поддерживается через Интернет, была разработана технология обмена серверной части программных модулей с клиентскими частями средствами передачи XML– файлов (рис. 4). Сбор данных выполняется в клиентских частях программных модулей «Лицевая карта автомобиля» и «Рекламационный акт». Файл передачи раскрывается в серверной части, данные проверяются на адекватность и качество заполнения, после чего передаются в БД. Обмен информацией между клиентским и серверным модулем осуществляется посредством сокет–компонентов Indy (IdTCPClient и

IdTCPServer) и оригинальных компонентов компании Borland (TcpClient и TcpServer).



Рисунок 4 – Организация связи и передачи данных из ДЦЦ в центр управления

При организации сервиса на зарубежных рынках вместе с очередной партией реализуемых автомобилей отправляется гарантийный комплект запасных частей (ГКЗЧ). ГКЗЧ служит для своевременной замены деталей, вышедших из строя на этапе приработки и формируется для каждого региона по специальным методикам, для обеспечения возможности устранить наибольшего числа отказов возникших у партии поставляемых автомобилей в гарантийный период. Методика основана на анализе статистики отказов – многомерном анализе данных. При наличии необходимого объема адекватной статистической информации об отказах используют объективный метод определения частоты отказов в определенной выборке, в противном случае используются экспертные оценки и сравнение с наиболее близкими по наиболее значимым критериям ситуациями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования показали, что только системные решения по повышению надежности на всех этапах жизненного цикла автомобильной техники позволит повысить ее конкурентоспособность, а также обеспечить возможность безаварийной работы. Применение кодификатора дефектов в сочетании с ЛВМ (LPM) позволит более точно прогнозировать возможные отказы, предупреждать их, а также обеспечить своевременную доставку необходимых запасных частей. При этом необходимо создать условия для своевременного обновления исходной информации, ее оперативной обработки и хранения готовых решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макарова, И.В. Снижение воздействия автотранспорта на окружающую среду путем совершенствования системы автосервиса [Текст] / И.В. Макарова, В.Г. Маврин, Р.Г. Хабибуллин // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: ОрелГТУ. - №1(28). – 2010. - С. 92-97.
2. Амбросовский, В.М. Интегрированные системы управления технических средств транспорта [Текст] / В.М. Амбросовский, О.В. Белый, Д.А. Скороходов. - СПб.: Элмор, 2001. - 288 с.
3. Laxman Y. Waghmode & Anil D. Sahasrabudhe (2012) Modelling maintenance and repair costs using stochastic point processes for life cycle costing of repairable systems, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 25:4-5, 353-367
4. Om Prakash Yadav , Nanua Singh, Parveen S. Goel & Rachel Itabashi-Campbell (2003) A Framework for Reliability Prediction During Product Development Process Incorporating Engineering Judgments, Quality Engineering, 15:4, 649-662
5. Rosanna Fornasiero , Andrea Zangiacomi & Marzio Sorlini (2012) A cost evaluation approach for trucks maintenance planning, Production Planning & Control, 23:2-3, 171-182
6. Mahmood Shafiee , Maxim Finkelstein & Ming J. Zuo (2013) Optimal burn-in and preventive maintenance warranty strategies with time-dependent maintenance costs, IIE Transactions, 45:9, 1024-1033
7. Suneung Ahn & Woohyun Kim (2011) On determination of the preventive maintenance interval guaranteeing system availability under a periodic maintenance policy, Structure and Infrastructure Engineering, 7:4, 307-314
8. S. Thein, Y.S. Chang & C. Makatsoris (2012) A Study of Condition Based Preventive Maintenance Model for Repairable Multi Stage Deteriorating system, International Journal of Advanced Logistics, 1:1, 83-102
9. Nick Vayenas & Xiangxi Wu (2009) Maintenance and reliability analysis of a fleet of load-haul-dump ve-

- icles in an underground hard rock mine, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 23:3, 227-238
10. Peter C. Tousley CEM (2010) Maintain it and save Why We Need Maintenance Management Programs, Energy Engineering, 107:5, 64-75
11. Ryabinin I.A. Logical Probabilistic Analysis and Its History http://www.szma.com/Ryabinin_2014.pdf
12. Гнеденко, Б.В. Математическая теория надежности [Текст] / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. - М.: Наука, 1965. - 460с.
13. Черкесов, Г.Н. Оценка надежности восстанавливаемых систем с учетом комплекта ЗИП при периодическом пополнении запасов [Текст] / Г.Н. Черкесов. - СПб.: Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2007. - № 4-1 (52). - С. 3-12.
14. Малкин, В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: теоретические и практические аспекты [Текст]: учебное пособие / В.С. Малкин; под ред. В.С. Малкина. - М.: Академия, 2007 – 288 с.
15. Радченко, С.Ю. Анализ видов повреждений шаровых шарниров [Текст] / С.Ю. Радченко, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - № 1 (36). - 2012. - С. 8-14.

Макарова Ирина Викторовна

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес: Россия, 423812, г. Набережные Челны, пр.Сююмбике, 10А
Д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Сервис транспортных систем»
E-mail: kamIVM@mail.ru

Хабибуллин Рифат Габдулхакович

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес: Россия, 423812, г. Набережные Челны, пр.Сююмбике, 10А
Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Сервис транспортных систем»
E-mail: hrg_kampi@mail.ru

Беляев Эдуард Ирекович

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес: Россия, 423812, г. Набережные Челны, пр.Сююмбике, 10А
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»
E-mail: bomund@mail.ru

Мухаметдинов Эдуард Мухаматзакиевич

Казанский (Приволжский) федеральный университет
Адрес: Россия, 423812, г. Набережные Челны, пр.Сююмбике, 10А
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»
E-mail: funte@mail.ru

I.V. MAKAROVA, R.G. KHABIBULLIN, E.I. BELYAEV, E.M. MUHAMETDINOV

LOGICAL AND PROBABILISTIC METHODS AS A WAY RELIABILITY OF CARS

In the article developed methods of increasing the vehicle operational reliability have been analyzed. To increase the operational reliability it is necessary to prevent failures by using logical-probabilistic method (LPM) for calculating of complex technical systems reliability. To calculate reliability, AnyGraph application was used. Using defect codifier to generate failure statistics and its analysis using LPM allows determining the service strategy during the warranty period to justify its cost, as well as implementing its correction, when necessary, if failure statistics changes.

Key words: *logical-probabilistic method, transport, reliability, spare parts, defect.*

BIBLIOGRAPHY

1. Makarova, I.V. Snizhenie vozdeystviya avtotransporta na okruzhayushchuyu sredyu putem sovershenstvovaniya sistemy avtoservisa [Tekst] / I.V. Makarova, V.G. Mavrin, R.G. Habibullin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: OrelGTU. - №1(28). - 2010. - S. 92-97.
2. Ambrosovskiy, V.M. Integrirovannye sistemy upravleniya tekhnicheskikh sredstv transporta [Tekst] / V.M. Ambrosovskiy, O.V. Belyu, D.A. Skorokhodov. - SPb.: Elmor, 2001. - 288 s.

3. Laxman Y. Waghmode & Anil D. Sahasrabudhe (2012) Modelling maintenance and repair costs using stochastic point processes for life cycle costing of repairable systems, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 25:4-5, 353-367
4. Om Prakash Yadav, Nanua Singh, Parveen S. Goel & Rachel Itabashi-Campbell (2003) A Framework for Reliability Prediction During Product Development Process Incorporating Engineering Judgments, *Quality Engineering*, 15:4, 649-662
5. Rosanna Fornasiero, Andrea Zangiacomi & Marzio Sorlini (2012) A cost evaluation approach for trucks maintenance planning, *Production Planning & Control*, 23:2-3, 171-182
6. Mahmood Shafiee, Maxim Finkelstein & Ming J. Zuo (2013) Optimal burn-in and preventive maintenance warranty strategies with time-dependent maintenance costs, *IIE Transactions*, 45:9, 1024-1033
7. Suneung Ahn & Woohyun Kim (2011) On determination of the preventive maintenance interval guaranteeing system availability under a periodic maintenance policy, *Structure and Infrastructure Engineering*, 7:4, 307-314
8. S. Thein, Y.S. Chang & C. Makatsoris (2012) A Study of Condition Based Preventive Maintenance Model for Repairable Multi Stage Deteriorating system, *International Journal of Advanced Logistics*, 1:1, 83-102
9. Nick Vayenas & Xiangxi Wu (2009) Maintenance and reliability analysis of a fleet of load-haul-dump vehicles in an underground hard rock mine, *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 23:3, 227-238
10. Peter C. Tousley CEM (2010) Maintain it and save Why We Need Maintenance Management Programs, *Energy Engineering*, 107:5, 64-75
11. Ryabinin I.A. Logical Probabilistic Analysis and Its History http://www.szma.com/Ryabinin_2014.pdf
12. Gnedenko, B.V. *Matematicheskaya teoriya nadezhnosti* [Tekst] / B.V. Gnedenko, YU.K. Belyaev, A.D. Solov'ev. - M.: Nauka, 1965. - 460s.
13. Cherkesov, G.N. *Otsenka nadezhnosti vosstanavlivaemykh sistem s uchetom kompleksa ZIP pri periodicheskom popolnenii zapasov* [Tekst] / G.N. Cherkesov. - SPb.: Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU, 2007. - № 4-1 (52). - S. 3-12.
14. Malkin, V.S. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: teoreticheskie i prakticheskie aspekty* [Tekst]: uchebnoe posobie / V.S. Malkin; pod red. V.S. Malkina. - M.: Akademiya, 2007 - 288 s.
15. Radchenko, S.YU. *Analiz vidov povrezhdeniy sharovykh sharnirov* [Tekst] / S.YU. Radchenko, A.N. Novikov, A.A. Katunin, M.D. Tebekin // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - № 1 (36). - 2012. - S. 8-14.

Makarova Irina Viktorovna

Kazan (Volga) Federal University

Address: Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, pr.Syuyumbike 10A

Dr. Sc. Sciences, Professor, Department of «Service of transport systems»

E-mail: kamIVM@mail.ru

Habibullin Rifat Gabdulhakovich

Kazan (Volga) Federal University

Address: Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, pr.Syuyumbike 10A

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head of the «Service of transport systems»

E-mail: hrg_kampi@mail.ru

Belyaev Edward Irekovich

Kazan (Volga) Federal University

Address: Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, pr.Syuyumbike 10A

Kand. tehn. professor of «Service of transport systems»

E-mail: bomund@mail.ru

Muhametdinov Edward Muhamatzakievich

Kazan (Volga) Federal University

Address: Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, pr.Syuyumbike 10A

Kand. tehn. professor of «Service of transport systems»

E-mail: funte@mail.ru

УДК 519.87:629.113.012.5.558.3

В.Н. АБРАМОВ, А.Г. ГЕРБЕР, В.Б. КАСПАРОВ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНЕ ПРИ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ

В статье приведены основные причины, нарушающие работоспособность шин и снижающие их ресурс, а также влияющие на безопасность АТ и ее подвижность при использовании, математическое моделирование изменения внутреннего давления воздуха в шине при ее механических повреждениях, требования к безопасным системам.

В результате проведенных исследований получена система уравнений, описывающая процессы изменения давления воздуха в шине в динамике при воздействии на нее внешних поражающих факторов.

Результаты исследования позволят разрабатывать рекомендации при проектировании «безопасных» («боестойких») колес для их использования на образцах АТ в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: работоспособность шин, математическое моделирование, безопасность, подвижность, требования, повреждения, внешние поражающие факторы.

Безопасность движения, очевидно, подразумевает сохранение способности управляемого движения автомобиля (подвижности автомобиля) и способности колес сохранять ограниченную работоспособность после воздействия поражающих факторов (внешних воздействующих факторов - ВВФ) и разрушения пневматической шины колеса [1].

Вероятно, невозможно в полной мере обеспечить одновременно высокий уровень показателей всех эксплуатационных свойств автомобилей, предназначенных для использования автомобильного парка в различных сферах жизнедеятельности страны. Однако при выборе шин представляется целесообразным сосредоточить внимание на ключевых (интегральных) показателях, определяющих одновременно уровень нескольких основных эксплуатационных свойств, важных для автомобильного транспорта не только экономического сектора, но и других ведомств и отраслей промышленности. Из анализа рассматриваемых эксплуатационных свойств [2-6] таковыми являются сопротивление качению и безопасность движения по дорогам с твердым покрытием, показатели опорной проходимости автомобилей и нагруженности колесного движителя (силового напряженно-деформированного состояния и теплового разогрева шин).

Армейские автомобили, это автомобили «двойного» применения, которые имеют достаточно высокий уровень приспособленности к экстремальным условиям эксплуатации. Но одновременно на указанных и других автомобилях в той или иной степени оставляют желать лучшего важные и общие для армейских и коммерческих (народнохозяйственных) автомобилей, показатели надежности, безопасности движения, топливной экономичности, комфортабельности и т.п. А при сегодняшней тенденции увеличения грузоподъемности автомобилей очевидны проблемы и с уровнем показателей опорной проходимости.

Уровень же перечисленных показателей зависит, прежде всего, от выбора шин, от соответствия их *нагрузочных, размерных и жесткостных* параметров, параметров рисунка и конструкции их протектора физико-механическим параметрам деформируемых грунтов и снежной целины.

Сегодня автомобильная техника комплектуется колесами и шинами различных размеров и моделей. Однако они не в полной мере удовлетворяют ряду основных требований, предъявляемых к ним со стороны перспективных шасси. В настоящее время большинство колесных машин работают на пневматических шинах, работоспособность которых обеспечивается за счет наличия внутри них сжатого воздуха.

При сквозных механических повреждениях шины давление в ней резко падает, что приводит к невозможности дальнейшего движения колесной машины без разрушения шины. Кроме того, резкое падение давления в шине при движении с большой скоростью может привести к потере курсовой устойчивости и управляемости автомобиля, и, как следствие, к аварии и гибели людей. Обеспечение работоспособности пневматических шин при проколах и других видах сквозных повреждений являются одним из средств повышения эксплуатационной надежности колесных машин.

При этом долговечность и эксплуатационная надежность шин зависят не только от качества их изготовления, но и от правильной эксплуатации, хранения и своевременного ремонта.

Неправильно подобранное давление также увеличивает вероятность повреждения шины. Между тем, ремонт шипы в зависимости от повреждения может достигать 30 % ее стоимости. А с приходом на российский рынок импортной техники, когда стоимость одной шины, к примеру, размерности 710/70/42, достигает 200 тыс. руб., этот процент может быть значительно выше. Эксплуатация шин на технически неисправных ободьях приводит к перетиранию бортов и оголениям, или отрывам бортовых колец. Причинами разрывов каркаса в бортовой зоне является, как правило, несоблюдение норм нагрузок и внутренних давлений или нарушение целостности бортовых колец при монтаже. Одной из главных причин сокращения долговечности шин при рядовой эксплуатации является нарушение норм внутреннего давления, перегрузки шин.

Выборочные обследования автохозяйств [7] показали, что до 40 – 50 % шин эксплуатируются с нарушением норм внутреннего давления, что приводит к потерям ресурса шин до 15 - 20 %. По данным различных исследований и источников [7-10] почти вдвое сокращают ресурс шин от неисправности мостов, связанные с деформацией полуосей и цапф и практически до 30 % повреждений, отказов и неисправностей машин приходится на их ходовую часть, в том числе до 20 %, - на колесный движитель (табл. 1).

Таблица 1 - Выход из строя элементов АТ от повреждений (отказов)

Узлы, агрегаты, системы	Выход из строя, %
Органы управления	4,8
Кабина и приборы электрооборудования	7,2
Ходовая часть	30,0
Двигатель и его системы	25,0
Трансмиссия и механизмы отбора мощности	22,0
Навесное и вспомогательное оборудование	11,0

Ресурс шин, поврежденных при монтаже, ниже нормального на 15 – 20 %. Неумелое вождение автомобиля - резкое трогание с места и торможение, чрезмерное буксование - приводят к сокращению ресурса шин на 10 – 15 %. К значительным потерям ресурса шин в различных природно-экономических районах приводят механические повреждения шин вследствие неудовлетворительного содержания дорог и производственных дефектов при их изготовлении (рис. 1).

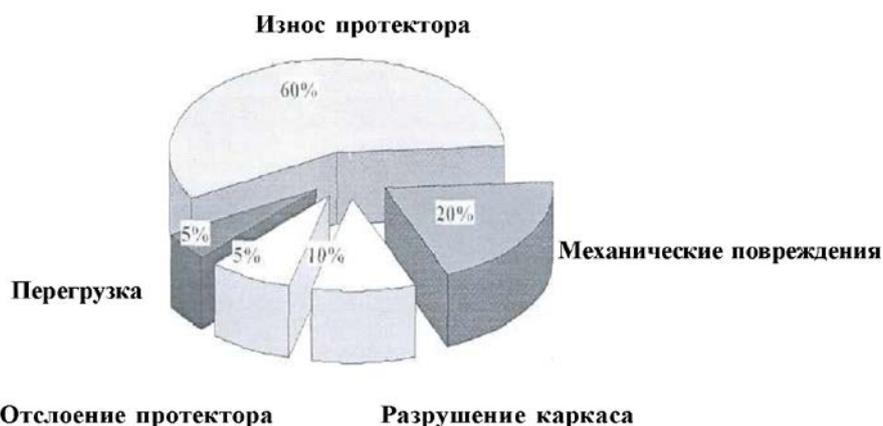


Рисунок 1 - Выход из строя шин от эксплуатационных повреждений и производственных дефектов

Неудовлетворительное состояние внутрихозяйственных дорог является также причиной дорожно-транспортных происшествий (ДТП) до 40 % из-за скользкой дороги, около 20% - из-за неровностей. Оценки дорог, к примеру в агрофирме «Культура» (г. Орел), показала, что 5,7 % длины дорог являются опасными для движения автотранспортных средств (АТС) по углу подъема и спуска; 3,7 % длины дорог опасны по глубине колеи; 92,2 % - опасны по ширине дорожного покрытия [7].

Современная действительность Автопрома убедительно свидетельствует о необходимости комплектации автомобилей «безопасными» колесами, обеспечивающими достаточно высокий уровень их подвижности и надежности, позволяющими образцам автомобильной техники (АТ) выполнять работы на любых почвах и дорогах, в различных климатических и погодных условиях, в том числе при значительном падении внутреннего давления в шинах при их повреждениях и разрушении [11].

Большая часть эксплуатационных повреждений пневматических шин автомобильного транспорта, как правило, приводит к потере подвижности автомобильной техники. Около 30 % повреждений и отказов, влияющих на подвижность техники, как указывалось ранее, приходится на ходовую часть автомобилей. У вышедшей из строя по боевым повреждениям военной автомобильной техники (ВАТ) также чаще всего оказываются повреждены ходовая часть (15-20 %), в которой наиболее уязвимы шины, диски и ступицы колес. При этом на каждом образце от пуль и осколков получают пробоины, как правило, до 2 - 3 шин колес [12].

Подвижность АТ определяется различными характеристиками, из которых с параметрами шин связаны, в первую очередь, опорная и профильная проходимость, маневренность, устойчивость и управляемость, а также тягово-скоростные свойства - мощность двигателя, максимальная скорость, средняя скорость движения по дорогам различного состояния.

Перспективы различных «безопасных» шин рассматриваются на примере их поведения в аварийной ситуации. Отмечают, что в этих условиях современные шины обеспечивают безопасность при снижении внутреннего давления до 0,08 МПа (с точки зрения прочности посадки шины на обод). Однако при снижении внутреннего давления на повороте автомобиль становится неуправляемым.

Все предложения по устранению возможности аварии с шинами, такие как безопасный обод, движение на спущенных шинах и др. являются только частичным решением проблемы.

К безопасным системам предъявляются достаточно высокие требования. В основу современных безопасных систем «шина-колесо» заложены главным образом следующие принципы [13]:

- применение глубокого обода, конструкция которого не позволяет шине соскочивать с полок при потере внутреннего давления;

- в полость шины под протектором помещен герметизирующий слой - не вызывающий потерю давления при проколах шины; преимущество этой системы состоит в возможности применения серийных ободьев, однако данные шины обладают повышенной массой и увеличивают расход топлива; кроме того, существует опасность соскакивания (разбортировки) шины с обода;

- внутренняя полость камеры шины разделена на несколько изолированных секций, которые заполняются отдельно - эти системы довольно эффективны, но не обеспечивают безопасности движения при больших повреждениях шины;

- каркас шины настолько устойчив, что обод при потере давления в шипе может на него опираться - к недостаткам этих шин относится их высокая масса и недостаточно хорошие ездовые свойства, к преимуществам - высокая безопасность движения даже при простреле шины;

- внутрь шипы помещено эластичное опорное кольцо, которое поддерживает шину в спущенном состоянии - необходимо отметить высокую массу таких шин и потерю комфортабельности движения при аварии;

- внутри шины имеется жесткая опора - прочность посадки шины на обode и управляемость автомобиля в случае аварии недостаточно высоки.

Исходя из проведенного анализа и в ходе проведенных исследований установлено [14, 16], что для АТ наиболее приемлемой конструкцией в этой области следует считать колеса с пневматической радиальной бескамерной шиной регулируемого давления и внутренним упругим ограничителем деформации, что предлагается реализовать в «безопасных» или «боекостойких» шинах. Поэтому очень важно знать, как поведет себя пневматическая шина при механических повреждениях при воздействии внешних факторов, вызванных воздействием элементов дороги или прострелах от воздействия поражающих факторов (пуль, осколков гранат и мин) обычного оружия (ПФ ОО).

Математическая модель изменения давления воздуха в шине в динамике при воздействии на нее поражающих факторов стрелкового оружия и осколков гранат, мин, фугасов или при получении шиной эксплуатационных повреждений (проколов) основана на известных формулах описания процессов, происходящих с газами при их перетекании из одного объема в другой, а также описании истечения газа, находящегося под давлением, через отверстие в атмосферу (рис. 2).

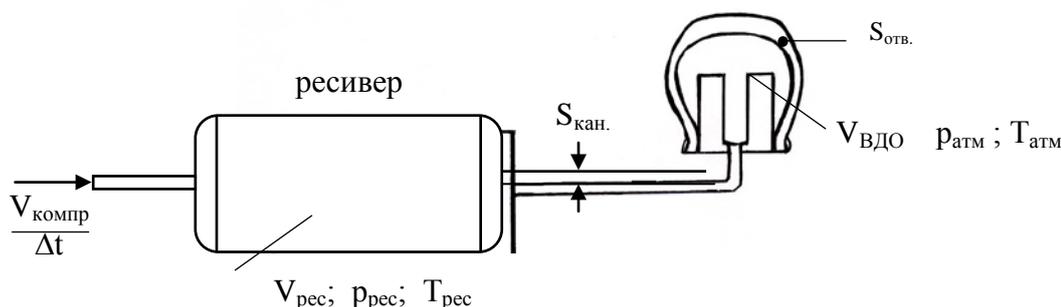


Рисунок 2 - Расчетная схема изменения давления воздуха в шине с системой регулирования давления воздуха в шине (СРДВШ)

Истечение всегда происходит под влиянием разности давления, а, следовательно, истекающая струя газа, попадающая в среду с меньшим давлением, занимает больший объем, расширяется. Расширение же газа всегда сопровождается его охлаждением. Изменение температуры газа вызывает также изменения в объеме, плотности и давлении. Ввиду этого решение общих задач об истечении газов представляется весьма сложным. В общем случае

необходимо решать эту задачу на основании механической теории тепла и кинетической теории газов.

Если пренебречь охлаждением газа от расширения и действия силы тяжести, то для скорости истечения газа $v_{ист.}$ через отверстие можно использовать формулу (преобразовав формулу Торричелли для газов [16]):

$$v_{ист.} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{P - P_{атм}}{\rho_{возд.}}} \quad (1)$$

Зная общую площадь полученных шиной повреждений можно определить массовый расход воздуха из шины:

$$\dot{M}_{возд.} = \frac{M_{возд.}}{\Delta t} = v_{ист.} \cdot \rho_{возд.} \cdot S_{пор} \cdot \kappa, \quad (2)$$

где $M_{возд.}$ – масса воздуха, истекшего из шины за время Δt , кг;
 $S_{пор} = S_{отв} \cdot m$ – общая площадь поражения шины пулями, мм²;
 m – количество отверстий, шт.;

$$S_{отв} = \frac{\pi \cdot d_{кал}^2}{4} - \text{площадь одного отверстия, мм}^2;$$

$d_{кал}$ – калибр пули, мм;

κ – коэффициент сжатия струи, который зависит от формы отверстия и толщины стенки (по Вейсбаху от 0,671 до 0,947).

Для определения скорости течения газа по трубке (на участке от ресивера до шины) можно использовать формулу, аналогичную (1):

$$v_{истСРДВШ} = \sqrt{2g \cdot \frac{P_{рес} - P}{\rho_{возд.ш}} \cdot \frac{d_{труб}}{d_{труб} + \varepsilon \cdot l_{труб}}}, \quad (3)$$

где $P_{рес}$ – давление в ресивере, МПа;

$\rho_{возд.ш}$ – плотность воздуха в шинах, кг/м³;

$d_{труб}$, $l_{труб}$ – диаметр и длина трубки, мм;

ε – величина, характеризующая трение воздуха о стенки трубки (для металлических трубок $\varepsilon = 0,0238$).

Для описания параметров воздуха в шине используем известное уравнение Менделеева – Клайперона:

$$\frac{P_{возд.}}{\rho} = R \cdot \frac{T}{\mu}, \quad (4)$$

где $P_{возд.}$ – абсолютное давление газа, МПа;

ρ – плотность газа, кг/м³;

R – универсальная газовая постоянная (8,31437 Дж/моль·К);

T – абсолютная температура, град. К;

μ – молекулярный вес газа.

Если известна плотность воздуха $\rho_{возд.ну}$ при нормальных условиях ($p_{ну}=1\text{атм}$; $T_{ну}=273^\circ\text{К}$), то расчет для других условий производится по формуле:

$$\rho_{возд} = \rho_{возд.ну} \cdot \frac{T_{ну}}{T} \cdot \frac{P_{возд.}}{P_{ну}} \quad (5)$$

Зная плотность воздуха в шине и рассчитав ее внутренний объем по формуле

$$W_{ш} = \pi \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot B_{бд} - W_{ВДО}, \quad (6)$$

где d, D – внутренний, внешний диаметр шины, мм;

$B_{бд}$ – ширина беговой дорожки шины, мм;

$W_{ВДО}$ – объем, занимаемый внутренней дополнительной опорой (м³);

можно определить массу воздуха в шине:

$$M_{возд.ш} = W_{ш} \cdot \rho_{возд.ш} \quad (7)$$

Аналогично можно определить массу воздуха, поступающего в шину в единицу времени через систему СРДВШ:

$$\dot{M}_{возд.СРДВШ}^* = v_{ист.СРДВШ} \cdot \rho_{возд.рес.} \cdot S_{труб} \quad (8)$$

Для оценки достаточности мощности (расхода) компрессора и оценки требуемого объема ресивера необходимо учитывать величину производительности компрессора ($\dot{M}_{возд.компр}/\Delta t$). Тогда массу воздуха в ресивере системы СРДВШ можно определить в каждый момент времени следующим образом:

$$M_{возд.рес.} = W_{рес.} \cdot \rho_{возд.рес.} + (\dot{M}_{возд.компр} - n \cdot \dot{M}_{возд.СРДВШ}) \cdot \Delta t, \quad (9)$$

где $W_{рес.}$ – объем ресивера, м³;

$\rho_{возд.рес.}$ – плотность воздуха в ресивере, кг/м³;

$\dot{M}_{возд.компр}$ – массовая производительность компрессора, кг/ч;

$\dot{M}_{возд.СРДВШ}$ – массовый расход воздуха в системе СРДВШ для одной шины, кг/ч;

n – количество шин, подключенных к системе СРДВШ, шт.

Таким образом, система уравнений (1...9) описывает процессы изменения давления воздуха в шине в динамике при воздействии на нее поражающих факторов стрелкового оружия и осколков гранат, мин, фугасов или при получении шиной эксплуатационных повреждений (проколов). Установлено, что в наибольшей степени на безопасность шин влияют производительность компрессора, объем ресивера и объем внутренней дополнительной опоры колеса.

Для проведения расчетных исследований по оценке влияния конструкции колес и состава материалов шин на показатели безопасности шин и эксплуатационные свойства АТ после воздействия на шины поражающих факторов обычного оружия или ВВФ необходимо использовать известные зависимости по жесткостным, уводным и другим характеристикам шин [17-19], которые зависят в свою очередь, от изменения (или отсутствия) давления воздуха в шине.

В то же время эти характеристики можно определить и при проведении экспериментальных исследований [20, 21] с реальными образцами «безопасных» («боестойких») колес, а при проведении расчетных исследований они могут использоваться в диапазоне изменений этих характеристик или уточняться по мере накопления статистических данных.

Для получения закономерностей работы «безопасных» («боестойких») колес новых конструкций при использовании образцов АТ в различных условиях такой подход даст необходимые результаты, а их сравнительный анализ позволит определить наилучшие конструкции и разработать рекомендации по повышению безопасности колес и образцов АТ с такими колесами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Правительство (2006). Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.05.2006г. №781-р. п. 142 [Текст]: (о Концепции специального технического регламента «О требованиях к безопасности применения и утилизации шин»). – М.: [б.и.], 2007.
2. Аксенов, П.В. Многоосные автомобили: теория общих конструктивных решений [Текст] / П.В. Аксенов. – М.: Машиностроение, 1980. – 207с.
3. Плиев, И.А. Автомобили многоцелевого назначения: формирование технического облика АМН в составе семейств [Текст] / И.А. Плиев. – М.: МГИУ, 2011. – 262с. – ISBN 978-5-2760-1973-4.
4. Иларионов, В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля: теоретический анализ [Текст] / В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1966. – 280с.
5. Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Текст]: учебное пособие для вузов / Ф.Н. Авдонькин. – М.: Транспорт, 1985. – 215с.
6. Беккер, М.Г. Введение в теорию систем местность – машина [Текст] / М.Г. Беккер. – М.: Машиностроение, 1973.
7. Научные проблемы технического сервиса сельскохозяйственных машин [Текст] // Материалы VII Международной научно-технической конференции, Москва, 13.12.2011г. – М.: ГНУ ГОСНИТИ. – 2012.
8. Нунгейзер, В.В. О технической и технологической модернизации сельского хозяйства: программа обновления парка сельскохозяйственной техники с государственной поддержкой [Текст] / В.В. Нунгейзер // Материалы совещания департамента НТП и образования Минсельхоза РФ. – 2011.
9. Кнороз, В.И. Работа автомобильной шины [Текст] / В.И. Кнороз, Е.В. Кленников, И.П. Петров, А.С. Шелухин, Ю.М. Юрьев; под общ. ред. В.И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238с.
10. Тарновский, В.Н. Автомобильные шины: устройство, работа, эксплуатация, ремонт [Текст] / В.Н. Тарновский, В.А. Гудков, О.Б. Третьяков. – М.: Транспорт, 1990. – 272с. – ISBN 5-277-00506-4.
11. Исследование направлений повышения технического уровня АМН и автопоездов на основе новых технических решений [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. Павлов В.А.; исполн. Сибиляев М.К. [и др.]. – Бронницы, 2012. – 125с. – инв. № 8528.
12. Техническое обеспечение войск (сил) во внутреннем конфликте [Текст]: отчет о НИР (закл.) / ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. Шолудько В.Ф.; исполн.: Ерин Н.И., Бирюков И.В. [и др.]. – Бронницы, 2001. – 106 с.
13. Абрамов, В.Н. К вопросу о технических требованиях к шинам перспективных образцов военной автомобильной техники (ВАТ) и повышении их надежности [Текст] / В.Н. Абрамов, М.П. Чистов // Вестник ТК-97. Сборник информационных материалов технического комитета по стандартизации № 97. – М.: ФГУП НИИШП. – 2002. – №2. – С. 11-27.
14. Типовые испытания боестойких колес на изделиях ГАЗ-39371 [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. Стариков А.Ф.; исполн.: Чистов М.П., Абрамов В.Н. [и др.]. – Бронницы, 2004. – 259 с. – инв. № 8945.
15. Создание боестойкого колеса с пневматической бескамерной шиной и внутренней опорой для изделия ГАЗ-3937 [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) / ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. Стариков А.Ф.; исполн.: Чистов М.П., Абрамов В.Н. [и др.]. – Бронницы, 2004. – 93 с. – инв. № 8873.
16. Белов, П.М. Двигатели армейских машин [Текст] / П.М. Белов, В.Р. Бурячко, Е.И. Акатов; под общ. ред. П.М. Белова. – Ч. 1 теория. – М.:Воениздат, 1971. – 512 с.
17. Вольнов, А.А. Мы создаем, мы делаем шины [Текст] / А.А. Вольнов, А.Н. Жеребцов, Н.М. Пископин, А.Г. Шварц. – М.: Наука, 1991. – 368 с. – ISBN 5-02-012115-0.
18. Яценко, Н.Н. Поглощающая и сглаживающая способность шин [Текст] / Н.Н. Яценко. – М.: Машиностроение, 1978. – 132с.
19. Абрамов, В.Н. Оценка и выбор пневматических шин регулируемого давления для армейских автомобилей [Текст] / В.Н. Абрамов, М.П. Чистов, И.В. Веселов, А.А. Колтуков. – М.: ПИК ВИНТИ, 2006. – 223 с.: – ил.
20. Результаты экспериментальных исследований полноприводных автомобилей с различными конструкциями шин [Текст]: отчет о НИР (закл.) / ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. Чистов М.П.; исполн.: Сибиляев М.К., Аипов Т.А., Ильин А.В. [и др.]. – Бронницы, 2009. – 168 с.
21. Экспериментальные исследования по оценке конструкции, состава материалов «безопасных» шин отечественного и зарубежного производства и показателей эксплуатационных свойств АТ [Текст]: отчет о НИР (закл.) / ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. Стариков А.Ф.; исполн.: Сибиляев М.К., Абрамов В.Н., Аипов Т.А., Ильин А.В. [и др.]. – Бронницы, 2011. – 265с.

Абрамов Вячеслав Николаевич

Научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития автомобильной техники) ФГБУ «3 ЦНИИ Минобороны России»
Адрес: Россия, 140170, г. Бронницы, Московская область, ул. Советская, д. 106
Д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник
E-mail: tabakar456@mail.ru

Гербер Александр Григорьевич

Рязанское высшее воздушно – десантное командное училище (Военный институт) имени генерала армии В.Ф. Маргелова – РВВДКУ
Адрес: Россия, 390031, г. Рязань, пл. Маргелова, д. 1
Доцент кафедры «Автомобильная служба»

Каспаров Владислав Борисович

НИИЦ АТ ФГБУ «3 ЦНИИ Минобороны России»
Адрес: Россия, 140170, г. Бронницы, Московская область, п. Горка, д. 15
Начальник научного управления
E-mail: vladislav_2802@mail.ru

V.N. ABRAMOV, A.G. GERBER, V.B. KASPAROV

MATHEMATICAL MODELING CHANGE THE INTERNAL PRESSURE OF THE AIR IN BUS UNDER HER MECHANICAL DAMAGES

In article are brought main reasons, breaking capacity to work of the buses and reducing their resource, as well as influencing upon safety A T and her mobility when use, mathematical modeling from-changing internal pressure air in bus under her mechanical damages, requirements to safe subjects.

As a result called on studies is received system of the equations, describing processes of the change the pressure of the air in bus in speaker at influence on it external striking factors.

The results of the study will allow to develop the recommendations when designing «safe» («bulletproof») bus travell about for their use on sample A T in different condition of the usages.

Keywords: *capacity to work of the buses, mathematical modeling, safety, mobility, the requirements, the damages, the external striking factors.*

BIBLIOGRAPHY

1. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitel'stvo (2006). Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 29.05.2006g. №781-р. p. 142 [Tekst]: (o Kontseptsii spetsial'nogo tekhnicheskogo reglamenta "O trebovaniyakh k bezopasnosti primeneniya i utilizatsii shin"). - M.: [b.i.], 2007.
2. Aksenov, P.V. Mnogoosnye avtomobili: teoriya obshchikh konstruktivnykh resheniy [Tekst] / P.V. Aksenov. - M.: Mashinostroenie, 1980. - 207s.
3. Pliev, I.A. Avtomobili mnogotselevogo naznacheniya: formirovanie tekhnicheskogo oblika AMN v so-stave semeystv [Tekst] / I.A. Pliev. - M.: MGIU, 2011. - 262s. - ISBN 978-5-2760-1973-4.
4. Parionov, V.A. Ekspluatatsionnye svoystva avtomobilya: teoreticheskiy analiz [Tekst] / V.A. Parionov. - M.: Mashinostroenie, 1966. - 280s.
5. Avdon`kin, F.N. Teoreticheskie osnovy tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / F.N. Avdon`kin. - M.: Transport, 1985. - 215s.
6. Bekker, M.G. Vvedenie v teoriyu sistem mestnost` - mashina [Tekst] / M.G. Bekker. - M.: Mashinostroenie, 1973.
7. Nauchnye problemy tekhnicheskogo servisa sel'skokhozyaystvennykh mashin [Tekst] // Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 13.12.2011g. - M.: GNU GOSNITI. - 2012.
8. Nungeyzer, V.V. O tekhnicheskoy i tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva: programma obnovleniya parka sel'skokhozyaystvennoy tekhniki s gosudarstvennoy podderzhkoy [Tekst] / V.V. Nungeyzer. // Materialy soveshchaniya departamenta NTP i obrazovaniya Minsel'khoza RF. - 2011.

9. Knoroz, V.I. Rabota avtomobil'noy shiny [Tekst] / V.I. Knoroz, E.V. Klennikov, I.P. Petrov, A.S. Shelukhin, YU.M. YUr'ev; pod obshch. red. V.I. Knoroza. - M.: Transport, 1976. - 238s. - 20000 ekz.
10. Tarnovskiy, V.N. Avtomobil'nye shiny: ustroystvo, rabota, ekspluatatsiya, remont [Tekst] / V.N. Tarnovskiy, V.A. Gudkov, O.B. Tret'yakov. - M.: Transport, 1990. - 272s. - ISBN 5-277-00506-4.
11. Issledovanie napravleniy povysheniya tekhnicheskogo urovnya AMN i avtopoezdov na osnove novykh tekhnicheskikh resheniy [Tekst]: otchet o NIR (promezhutoch.) / FGUP 21 NIII MO RF; ruk. Pavlov V.A.; ispoln. Sibilyaev M.K. [i dr.]. - Bronnitsy, 2012. - 125s. - inv. № 8528.
12. Tekhnicheskoe obespechenie voysk (sil) vo vnutrennem konflikte [Tekst]: otchet o NIR (zakl.) / FGUP 21 NIII MO RF; ruk. Sholud'ko V.F.; ispoln.: Erin N.I., Biryukov I.V. [i dr.]. - Bronnitsy, 2001. - 106 s.
13. Abramov, V.N. K voprosu o tekhnicheskikh trebovaniyakh k shinam perspektivnykh obraztsov voennoy avtomobil'noy tekhniki (VAT) i povyshenii ikh nadezhnosti [Tekst] / V.N. Abramov, M.P. Chistov. // Vestnik TK-97. Sbornik informatsionnykh materialov tekhnicheskogo komiteta po standartizatsii № 97. - M.: FGUP NIISHP. - 2002. - №2. - S. 11-27.
14. Tipovye ispytaniya boestoykikh koles na izdeliyakh GAZ-39371 [Tekst]: otchet o NIR (promezhutoch.) / FGUP 21 NIII MO RF; ruk. Starikov A.F.; ispoln.: Chistov M.P., Abramov V.N. [i dr.]. - Bronnitsy, 2004. - 259 s. - inv. № 8945.
15. Sozdanie boestoykogo kolesa s pnevmaticheskoy beskamernoy shinoy i vnutrenney oporoy dlya izdeliya GAZ-3937 [Tekst]: otchet o NIR (promezhutoch.) / FGUP 21 NIII MO RF; ruk. Starikov A.F.; ispoln.: Chistov M.P., Abramov V.N. [i dr.]. - Bronnitsy, 2004. - 93 s. - inv. № 8873.
16. Belov, P.M. Dvigateli armeyskikh mashin [Tekst] / P.M. Belov, V.R. Buryachko, E.I. Akatov; pod obshch. red. P.M. Belova. - ch. 1 teoriya. - M.: Voenizdat, 1971. - 512s.
17. Vol'nov, A.A. My sozdaem, my delaem shiny [Tekst] / A.A. Vol'nov, A.N. ZHerebtsov, N.M. Piskotin, A.G. SHvarts. - M.: Nauka, 1991. - 368 s. - ISBN 5-02-012115-0.
18. YAtsenko, N.N. Pogloshchayushchaya i sglazhivayushchaya sposobnost' shin [Tekst] / N.N. YAtsenko. - M.: Mashinostroenie, 1978. - 132s.
19. Abramov, V.N. Otsenka i vybor pnevmaticheskikh shin reguliruemogo davleniya dlya armeyskikh avtomobiley [Tekst] / V.N. Abramov, M.P. Chistov, I.V. Veselov, A.A. Koltukov A.A. - M.: PIK VINITI, 2006. - 223s. - il.
20. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy polnoprivodnykh avtomobiley s razlichnymi konst-ruktsiyami shin [Tekst]: otchet o NIR (zakl.) / FGUP 21 NIII MO RF; ruk. Chistov M.P.; ispoln.: Sibilyaev M.K., Aipov T.A., Il'in A.V. [i dr.]. - Bronnitsy, 2009. - 168 s.
21. Eksperimental'nye issledovaniya po otsenke konstruksii, sostava materialov "bezopasnykh" shin otechestvennogo i zarubezhnogo proizvodstva i pokazateley ekspluatatsionnykh svoystv AT [Tekst]: otchet o NIR (zakl.) / FGUP 21 NIII MO RF; ruk. Starikov A.F.; ispoln.: Sibilyaev M.K., Abramov V.N., Aipov T.A., Il'in A.V. [i dr.]. - Bronnitsy, 2011. - 265s.

Abramov Vyacheslav Nikolaevich

Research and Testing Center (research and development prospects of the automotive engineering) FGBI «3 CRI Defense Ministry of Russia»

Address: Russia, 140170, g. Bronnitsy, Moscow Region, Str. Sovetskaya, d. 106.

Dr. Sc., Professor, Chief Researcher

E-mail: tabakar456@mail.ru

Gerber Alexander Grigorievich

Ryazan Higher Airborne - landing Command School (Military Institute) named after General al-mission VF Margelov - RVVDKU

Address: Russia, 390031, g. Ryazan, pl. Margelov, 1

Assistant professor of «Car Service»

Kasparov Vladislav Borisovich

NIITs AT FGBI «3 CRI Defense Ministry of Russia»

Address: Russia, 140170, g. Bronnitsy, Moscow Region, p. Gorka, d. 15

Head of Scientific Management

E-mail: vladislav_2802@mail.ru

УДК 629.33.022.48

Б.Г. ГАСАНОВ, А.Б. ЧЕРНЕНКО, П.В. СИРОТИН, Е.В. СКРИННИКОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КАБИНЫ МНОГООСНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассмотрены основные принципы моделирования случайных пространственных колебаний систем вторичного поддрессоривания колесных транспортных средств. Предложена математическая модель, отражающая взаимосвязь различных движений, внешних воздействий, а также инерционных и упруго-диссипативных свойств системы, что позволяет на стадии проектирования оценить эффективность различных систем подвешивания и выбрать наилучший вариант конструкции с учетом условий их эксплуатации.

Ключевые слова: многоосные автомобили, кабина, подвеска, плавность хода, вторичный амортизатор, динамическая модель, нелинейные характеристики нагрузки, колебания нагрузки на экипаж, случайные колебания.

Подвеска кабины многоосных автотранспортных средств является важным элементом в цепи систем, обеспечивающих плавность хода и влияющих на условия рабочего места водителя и безопасность движения. Поэтому, для обеспечения оптимальных условий выполнения водителем автотранспортного средства функциональных задач управления, необходимо создать эффективные системы поддрессоривания кабин автомобилей [1].

Можно выделить четыре основных уровня, характеризующие упруго-диссипативные связи, параметры которых в наибольшей степени поддаются варьированию при создании систем поддрессоривания [1, 2]. К первому уровню - можно отнести пневматические шины, которые непосредственно связаны с процессом передачи колебаний, вибраций и толчков, обусловленные профилем дороги. Однако, потенциальные возможности улучшения плавности хода автомобилей за счёт использования только пневматических шин ограничены [3, 4]. Комплексным средством, позволяющим наиболее эффективно снижать как динамическую нагруженность автомобиля, так и уровень вибронгруженности в кабине и на сиденье водителя, являются подвески колес, или системы первичного поддрессоривания [1, 5]. Однако практика показывает, что для многоосных автомобилей, при близких к идеальным показателях плавности хода, обеспечиваемых конструкции колёсной машины подвеской колёс, возможны отрицательные характеристики вибронгруженности в кабине и на сиденьях экипажа [1, 2, 6]. В качестве средств виброзащиты водителя, относящихся к третьему и четвертому уровню системы виброзащиты автотранспортного средства, наибольшее распространение получили поддрессоренные сиденья [4, 5]. Однако, подвеска сиденья имеет ограниченные возможности, поскольку эффективность виброзащитных свойств достигается путем снижения частоты собственных колебаний. Для оценки эффективности конструктивных рекомендаций, с целью выбора наиболее оптимальных вариантов конструкции разрабатываемых систем подвешивания, необходимо на стадии проектирования использование модели динамической системы кабины многоосного автомобиля, отражающей инерционные, упругие, диссипативные свойства системы, взаимосвязь различных движений, а также внешние воздействия.

Обобщенная расчетная схема, эквивалентная динамической системе кабины многоосного автомобиля, соответствующая принятым допущениям представлена на рисунке 1. На этой схеме поддрессоренная кабина и сиденье в ней интерпретируются в виде двух масс, соединенных голономными упруго-диссипативными связями, колебания которых могут быть описаны системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

Системы вторичного поддрессоривания кабин и сидений многоосных автомобилей имеют нелинейные упруго-диссипативные связи. К таким нелинейностям относятся ограничители ходов подвесок и "сухое" трение, Большинство из таких нелинейностей являются не-

отъемлемой частью систем вторичного поддрессоривания, обеспечивая, тем самым, снижение значений ходов и уменьшение интенсивности пробоев подвесок [3].

Пространственные случайные колебания многоосного автомобиля с поддрессоренной кабиной, в которой установлено поддрессоренное сиденье, описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений [7]. Анализ колебаний несущей системы многоосного автомобиля показал, что определяющее влияние на вибронагруженность экипажа оказывают упругие колебания элементов несущей системы в местах установки кабин [8]. Поэтому необходимо рассмотреть вибрации кабин с экипажем в совокупности со всей системой подвески с одновременным учетом всех направлений колебаний.

Для расчета параметров системы вторичного поддрессоривания и исследования влияния на вибронагруженность экипажа только схем поддрессоривания кабин многоосных автомобилей, целесообразно выделить из колебательной системы всего автомобиля ту часть, включающую кабину и экипаж. В качестве возмущений, передаваемых на систему подвешивания кабины, целесообразно использовать экспериментально полученные результаты при разных входных воздействиях со стороны несущей системы натуральных образцов многоосных автомобилей в процессе испытаний в заданных дорожных условиях [6, 8, 15]. Преимуществом такого комбинированного метода исследований является то, что он позволяет отказаться от очень сложной математической модели колебаний многоосного автомобиля и сосредоточить все внимание на исследовании нелинейной системы подвешивания кабины автомобиля [9]. Такой метод позволяет комплексно учесть возмущения, идущие от дороги, силового агрегата и элементов трансмиссии, что невозможно аналитически описать. Основные составляющие структуры комбинированного метода соответствуют структуре математического метода статистических испытаний и включают: получение случайного возмущения, математическое моделирование объекта и определение характеристик входных случайных процессов. Основным допущением при комбинированном методе является незначительное и поэтому не учитываемое изменение обратного влияния колебаний кабины на колебания несущей системы многоосного автомобиля при изменении параметров системы вторичного поддрессоривания.

Проведённые экспериментальные исследования показали, что одной из особенностей вибронагруженности экипажа многоосных большегрузных автомобилей является значительный уровень среднеквадратичных поперечных ускорений и относительно небольшой уровень продольных колебаний на сиденьях экипажа [10]. Это дает основание в процессе моделирования исключать продольные ускорения кабины, а основное внимание сосредоточить на анализе вертикальных и поперечных колебаний кабины автомобиля.

В качестве обобщенной характеристики оценки вибронагруженности кабины многоосного автомобиля необходимо принимать среднеквадратичные значения поперечных и вертикальных ускорений на сиденье водителя в октавных полосах частот. Ускорения поперечных колебаний являются основным фактором, нагружающим человека, они непривычны для человеческого организма. На многоосных автомобилях они достигают 70 - 110% вертикальных ускорений [8,10]. Кроме этого выбор остальных допущений при моделировании пространственных случайных колебаний кабины многоосного автомобиля зависит от конкретных целей и задач исследования.

Поддрессоренная кабина многоосного автомобиля идеализируется в виде абсолютно твердого тела, обладает шестью степенями свободы. Её положение в пространстве определяется шестью обобщёнными координатами - тремя координатами центра масс кабины и тремя углами поворота осей координат, жестко связанных с кабиной, относительно неподвижных осей координат. В качестве подвижных осей координат принимаются главные центральные оси инерции кабины X , Y , Z в положении ее статического равновесия совпадающие с осями подвижной системы координат X' , Y' , Z' (рис. 1). Начало неподвижной системы координат совпадает в положении статического равновесия с центром инерции кабины. Перемещение центра масс кабины относительно положения статического равновесия задается проекциями

вектора малого перемещения Δ на подвижные оси координат X, Y, Z , а поворот подвижной системы координат относительно неподвижной, задается проекциями вектора малого угла поворота Θ на подвижные оси координат.

В рассматриваемой динамической модели, поддрессоренная кабина связана с несущей системой автомобиля посредством m - упругих одноосных элементов, n - демпфирующих одноосных элементов и i - элементов «сухого» трения. Каждый упругий, демпфирующий элемент или элемент «сухого» трения схематизируется в виде трех одноосных элементов, расходящихся из точки крепления упругого или демпфирующего элемента по направлениям его главных осей упругости или демпфирования (рис. 1).

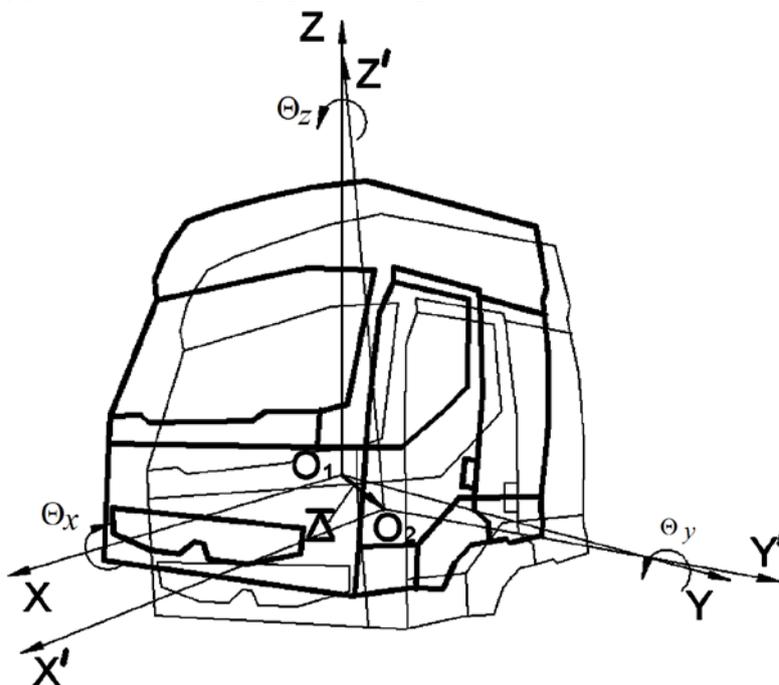


Рисунок 1 - Схематизация поддрессоренной кабины

Точка пересечения трех главных осей упругости или демпфирования принимается за точку крепления соответствующего элемента, которая задается координатами соответственно $x_i, y_i, z_i, x_j, y_j, z_j, x_k, y_k, z_k$ относительно подвижной системы отсчета X', Y', Z' и имеют углы наклона $\alpha_{ijk}, \beta_{ijk}, \gamma_{ijk}$ относительно этих осей, $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, l$ (рис. 2).

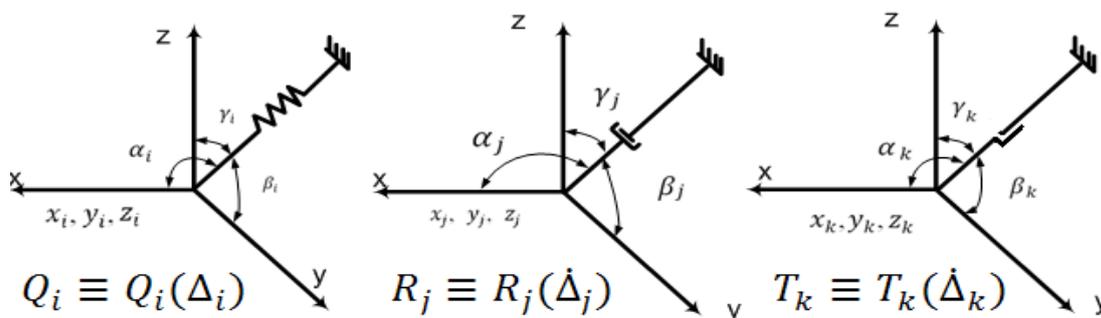


Рисунок 2 - Расчетная схема упругих и демпфирующих элементов, а также элементов «сухого» трения системы подвешивания кабины

Ориентация осей этих элементов в системе координат X, Y, Z задается следующей таблицей направляющих косинусов.

Таблица 1- Углы направляющих косинусов

	$x_{i,j,k}$	$y_{i,j,k}$	$z_{i,j,k}$
X	$\alpha_{1i,j,k}$	$\alpha_{2i,j,k}$	$\alpha_{3i,j,k}$
Y	$\beta_{1i,j,k}$	$\beta_{2i,j,k}$	$\beta_{3i,j,k}$
Z	$\gamma_{1i,j,k}$	$\gamma_{2i,j,k}$	$\gamma_{3i,j,k}$

Прогибы упругих Δ_i , демпфирующих Δ_j , элементов, а также элементов Δ_k «сухого» трения определяются из соотношений:

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \Delta_{xi} \cos \alpha_i + \Delta_{yi} \cos \beta_i + \Delta_{zi} \cos \gamma_i, i = 1, 2, \dots, m, \\ \Delta_j &= \Delta_{xj} \cos \alpha_j + \Delta_{yj} \cos \beta_j + \Delta_{zj} \cos \gamma_j, i = 1, 2, \dots, n, \\ \Delta_k &= \Delta_{xk} \cos \alpha_k + \Delta_{yk} \cos \beta_k + \Delta_{zk} \cos \gamma_k, i = 1, 2, \dots, l. \end{aligned} \quad (1)$$

На основании принятых допущений, колебания кабины считаем малыми и, следовательно, выполняются соотношения:

$$\sin \Theta_x \approx \Theta_x, \quad \cos \Theta_x \approx 1, \quad \sin \Theta_y \approx \Theta_y, \quad \cos \Theta_y \approx 1, \quad \sin \Theta_z \approx \Theta_z, \quad \cos \Theta_z \approx 1. \quad (2)$$

С учетом выражений (2), смещения точек крепления упругих, демпфирующих элементов, а также элементов $\delta_{xijk}, \delta_{yijk}, \delta_{zijk}$ «сухого» трения в направлениях координатных осей X, Y, Z соответственно, определяются следующими формулами:

$$\begin{aligned} \delta_{xijk} &= X + z_{ijk} \Theta_y - y_{ijk} \Theta_z, \\ \delta_{yijk} &= Y + x_{ijk} \Theta_z - z_{ijk} \Theta_x, \\ \delta_{zijk} &= Z + y_{ijk} \Theta_x - x_{ijk} \Theta_y, \end{aligned} \quad (3)$$

где $i = 1, 2, \dots, m$;
 $j = 1, 2, \dots, n$;
 $k = 1, 2, \dots$.

За входными воздействиями принимаем кинематические перемещения точек крепления упругих и демпфирующих элементов по трем осям $q_{xijk}, q_{yijk}, q_{zijk}$. Относительные смещения точек крепления упругих, демпфирующих элементов и элементов "сухого" трения системы подвешивания кабины, с учетом кинематических входных воздействий определяются из соотношения:

$$\begin{aligned} x_{ijk} &= q_{xijk} - X + y_{ijk} \Theta_z - z_{ijk} \Theta_y, \\ y_{ijk} &= q_{yijk} - Y + z_{ijk} \Theta_x - x_{ijk} \Theta_z, \\ z_{ijk} &= q_{zijk} - Z + x_{ijk} \Theta_y - y_{ijk} \Theta_x. \end{aligned} \quad (4)$$

Прогибы упругих - Δ_i , демпфирующих - Δ_j элементов и элементов "сухого" трения - Δ_k , с учетом формул (4) :

$$\begin{aligned} \Delta_{ijk} &= (q_{xijk} - X + y_{ijk} \Theta_z - z_{ijk} \Theta_y) \cos \alpha_{ijk} + (q_{yijk} - Y + z_{ijk} \Theta_x - x_{ijk} \Theta_z) \cos \beta_{ijk} + \\ &+ (q_{zijk} - Z + x_{ijk} \Theta_y - y_{ijk} \Theta_x) \cos \gamma_{ijk} = (q_{xijk} - X) \cos \alpha_{ijk} + (q_{yijk} - Y) \cos \beta_{ijk} + \\ &+ (q_{zijk} - Z) \cos \gamma_{ijk} + \Theta_z (y_{ijk} \cos \alpha_{ijk} - x_{ijk} \cos \beta_{ijk}) + \\ &+ \Theta_x (z_{ijk} \cos \beta_{ijk} - y_{ijk} \cos \gamma_{ijk}) + \Theta_y (x_{ijk} \cos \gamma_{ijk} - z_{ijk} \cos \alpha_{ijk}). \end{aligned} \quad (5)$$

Сиденье, в рассматриваемой динамической модели, связано с кабиной многоосного автомобиля посредством подвески, состоящей из упругих и демпфирующих элементов. Оно имеет три степени свободы, а положение его в пространстве определяется тремя координатами статического равновесия (X_{co}, Y_{co}, Z_{co}) относительно неподвижных координат (X, Y, Z). В качестве подвижных осей координат принимаются главные центральные оси инерции сиденья, которые совпадают по направлению с главными центральными осями инерции ка-

бины, и определяются текущими координатами X_c, Y_c, Z_c . Связь поддресоренного сиденья автомобиля схематизируется в виде трех упругодемпфирующих элементов, оси которых совпадают по направлению с главными центральными осями инерции сиденья (рис. 1), и расходятся из точки его крепления, которая определена координатами X_c, Y_c, Z_c .

Прогибы упругих и демпфирующих элементов подвески сиденья

$$\Delta_{cx} = \delta_{xk} - \delta_{xc}, \quad \Delta_{cy} = \delta_{yk} - \delta_{yc}, \quad \Delta_{cz} = \delta_{zk} - \delta_{zc}. \quad (6)$$

Смещение точки крепления упругих и демпфирующих элементов подвески сиденья

$$\delta_{xc} = x_c - x_{co}, \quad \delta_{yc} = y_c - y_{co}, \quad \delta_{zc} = z_c - z_{co}. \quad (7)$$

Смещение кабины в направлениях координатных осей X, Y, Z :

$$\delta_{xk} = X + z_{co} \Theta_y - y_{co} \Theta_z, \quad \delta_{yk} = Y + x_{co} \Theta_z - z_{co} \Theta_x, \quad \delta_{zk} = Z + z_{co} \Theta_x - x_{co} \Theta_y. \quad (8)$$

Для составления уравнений движения динамической системы кабины многоосного автомобиля, представляющей собой систему двух твердых тел с девятью степенями свободы, использовался второй закон Ньютона и уравнения Эйлера:

$$\left\{ \begin{aligned} M \ddot{x}(t) &= \sum_{i=1}^m \theta_{xi}(t) + \sum_{j=1}^{mn} R_{xi}(t) + \sum_{k=1}^i \theta_{xk}(t) - P_{xc}(t) - R_{xc}(t) - T_{xc}(t) \\ M \ddot{y}(t) &= \sum_{i=1}^m \theta_{yi}(t) + \sum_{j=1}^{mn} R_{yi}(t) + \sum_{k=1}^i \theta_{yk}(t) - P_{yc}(t) - R_{yc}(t) - T_{yc}(t) \\ M \ddot{z}(t) &= \sum_{i=1}^m \theta_{zi}(t) + \sum_{j=1}^{mn} R_{zi}(t) + \sum_{k=1}^i \theta_{zk}(t) - P_{zc}(t) - R_{zc}(t) - T_{zc}(t) \\ I_x \ddot{\theta}_x(t) + (I_x - I_y) \dot{\theta}_y(t) \dot{\theta}_z(t) &= \sum_{i=1}^m (\theta_{zi}(t) y_i - \theta_{yi}(t) z_i) + \\ &\sum_{j=1}^m (R_{zi}(t) y_i - R_{yi}(t) z_i) - (P_{zc}(t) - R_{zc}(t) - T_{zc}(t)) y_c + \\ &+ (P_{yc}(t) - R_{yc}(t) - T_{yc}(t)) z_c \sum_{k=1}^i (T_{zk}(t) y_k - T_{yk}(t) z_k); \\ I_y \ddot{\theta}_y(t) + (I_x - I_z) \dot{\theta}_x(t) \dot{\theta}_z(t) &= \sum_{i=1}^m (\theta_{xi}(t) z_i - \theta_{zi}(t) x_i) + \\ &\sum_{j=1}^m (R_{xi}(t) z_i - R_{zi}(t) x_i) - (P_{xc}(t) - R_{xc}(t)) z_c + \\ &+ (P_{zc}(t) - R_{zc}(t)) x_c \sum_{k=1}^i (T_{zk}(t) z_k - T_{zk}(t) x_k); \\ I_z \ddot{\theta}_z(t) + (I_y - I_x) \dot{\theta}_x(t) \dot{\theta}_y(t) &= \sum_{i=1}^m (\theta_{yi}(t) x_i - \theta_{xi}(t) y_i) + \\ &\sum_{j=1}^n (R_{yi}(t) x_i - R_{xi}(t) y_i) + \sum_{k=1}^i (T_{yk}(t) x_k - T_{xk}(t) y_k) - \\ &- (P_{yc}(t) - R_{yc}(t) - T_{yc}(t)) x_c + (P_{xc}(t) - R_{xc}(t) - T_{xc}(t)) y_c; \\ m_c \ddot{z}_c &= P_{zc}(t) - \ddot{R}_{zc}(t) - T_{zc}(t) m_c g; \quad m_c \ddot{y}_c = P_{yc}(t) - \ddot{R}_{yc}(t) - T_{yc}(t) \\ m_c \ddot{x}_c &= P_{xc}(t) - \ddot{R}_{xc}(t) - T_{xc}(t) \end{aligned} \right. \quad (9)$$

Данная система дифференциальных уравнений является нелинейной вследствие наличия членов с множителями в уравнениях Эйлера, а также вследствие нелинейности отдельных переменных.

Здесь: i - номер упругого элемента; $Q_i \equiv Q_i(\Delta_i)$ - характеристика i -го упругого элемента подвески кабины, j - номер демпфирующего элемента; $R_j \equiv R_j(\Delta_j)$ - характеристика j -го демпфирующего элемента; k - номер элемента «сухого» трения; $T_k \equiv T_k(\Delta_k)$ - характеристика k -го элемента "сухого" трения подвески кабины; $P_c \equiv P_c(\Delta_c)$ - характеристика упругого элемента подвески сиденья; $R_c \equiv R_c(\Delta_c)$ - характеристика демпфирующего элемента подвески сиденья; $T_c \equiv T_c(\Delta_c)$ - характеристика «сухого» трения подвески сиденья; M_g и M_{cg} - соответственно вес кабины и сиденья.

Рассмотрим нелинейные характеристики, входящие в систему уравнений (9).

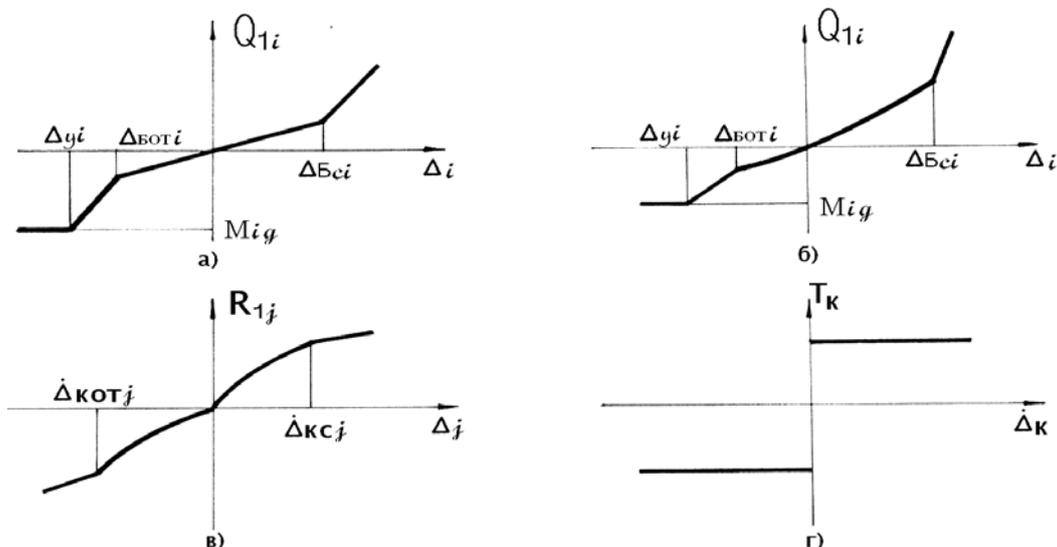


Рисунок 3 - Нелинейные характеристики: а), б) – упругих элементов; в) – демпфирующих элементов; г) – элементов «сухого» трения

1. Характеристика i - го упругого элемента может быть задана одним из следующих выражений:

а) кусочно-линейная с буферами на ходе сжатия и отбоя (рис. 2, а):

$$\begin{aligned}
 Q_{1i}(\Delta_i) &= c_{si}\Delta_i, \text{ при } 0 \leq \Delta_i \leq \Delta_{бси}, \\
 Q_{1i}(\Delta_i) &= c_{oti}\Delta_i, \text{ при } \Delta_{оти} \leq \Delta_i, \text{ при } \Delta_i > \Delta_{бси}, \\
 Q_{1i}(\Delta_i) &= c_{oti}\Delta_i, \text{ при } \Delta_{оти} \leq \Delta_i \leq 0, \\
 Q_{1i}(\Delta_i) &= (c_{оти} - c_{боті})\Delta_{боті} + c_{боті}, \text{ при } \Delta_{упі} \leq \Delta_i \leq \Delta_{оти}, \\
 Q_{1i}(\Delta_i) &= -Mig, \text{ при } \Delta_i = \Delta_{упі},
 \end{aligned} \tag{10}$$

где $\Delta_{бси}$, $\Delta_{боті}$, $\Delta_{упі}$ - значения прогибов i -го упругого элемента, соответствующие включению буфера на ходе сжатия и отбоя, а также нижнего упора в ограничитель хода подвески; g - ускорение свободного падения;

c_{si} , $c_{бси}$, $c_{оти}$, $c_{боті}$ - коэффициенты жесткости на соответствующих участках прогиба i -го упругого элемента;

б) нелинейные характеристики пневматических резинокордных упругих элементов могут задаваться в виде следующего выражения [2, 8]:

$$Q_{1i} = S\Delta_j \left\{ [Pu(0) + Pa] \left[\frac{V(0)}{\Delta_i} \right]^{n_i} - Pa \right\}, \quad (11)$$

$$\left[\frac{V(0)}{\Delta_i} \right]^{n_i} = \frac{V(0) - \int S\Delta_j}{0}$$

где $S\Delta_j$ - эффективная площадь;

$Pu(0)$, $V(0)$ - избыточное давление и объем воздуха в полости РКО в статическом положении;

Pa - атмосферное давление воздуха.

Вместо выражения (11) можно использовать результаты авторов работы [11, 12], полученные путём моделирования нелинейной нагрузочной характеристики пневматического упругого элемента тороидного типа [13, 14], показанные на рисунке 3, б.

2. В некоторых случаях для описания нагрузочных характеристик применяется формальная математическая модель упруго-демпфирующего элемента, полученная на основе регрессионного анализа экспериментальных данных:

$$a_i = a_{i0} + \sum a_{im} \cdot x_{im} + \sum_m \sum_{k \geq m} a_{imk} \cdot x_{im} x_k \dots,$$

где a_{i0}, a_{im}, a_{imk} - коэффициенты полинома;

x_{im}, x_{im}, x_{ik} - значимые факторы формальной модели.

3. Нелинейная характеристика амортизатора (рис. 3, в)

$$R_{1j}(\dot{\Delta}_j) = k_{cj} \dot{\Delta}_j^p, \text{ при } 0 \leq \dot{\Delta}_j \leq \dot{\Delta}_{kcj}; R_{1j}(\dot{\Delta}_j) = k_{cj} \dot{\Delta}_{kcj}^p + k_{kcj} (\dot{\Delta}_j - \dot{\Delta}_{kcj}), \text{ при } \dot{\Delta}_j > \dot{\Delta}_{kcj};$$

$$R_{1j}(\dot{\Delta}_j) = -k_{отj} |\dot{\Delta}_j|^s, \text{ при } \dot{\Delta}_{котj} \leq \dot{\Delta}_j \leq 0; R_{1j}(\dot{\Delta}_j) = -k_{отj} |\dot{\Delta}_j|^s + \dot{\Delta}_{котj} (\dot{\Delta}_j - \dot{\Delta}_{котj}), \text{ при } \dot{\Delta}_j < \dot{\Delta}_{котj},$$

где $\dot{\Delta}_{kcj}, k_{отj}$ - значения аргумента, соответствующие включению разгрузочных клапанов на ходе сжатия и отбоя j - го демпфирующего элемента;

k_{cj} - коэффициент сопротивления j - го демпфирующего элемента; p, s - показатели степени;

$$T_k(\dot{\Delta}_k) = -T_k \text{sign } \dot{\Delta}_k,$$

где T_k - «сухое» трение в k -ом элементе «сухого» трения.

Наряду с вышеперечисленными способами задания нелинейных упругих и демпфирующих элементов, а также элементов «сухого» трения, характеристики Q_i, R_j, T_k , а также P_c и R_c могут быть заданы дискретно, в виде набора точек. Однако, если характеристики табулированы, то значение функции силы соответствующее недостающему в таблице текущему значению Δ_{ijk} , определяются в процессе численного решения системы дифференциальных уравнений, описывающих динамическую систему, с использованием интерполирующих формул Лагранжа [7].

Направление действующих на кабину составляющих усилий в элементах подвески определяется направляющими косинусами, а составляющие усилий определяются:

- для упругих элементов: $Q_{xi} = Q_i \cos \alpha_i; Q_{yi} = Q_i \cos \beta_i; Q_{zi} = Q_i \cos \gamma_i;$

- для демпфирующих элементов: $R_{xj} = R_j \cos \alpha_j; R_{yj} = R_j \cos \beta_j; R_{zj} = R_j \cos \gamma_j;$

- для элементов «сухого» трения: $T_{xk} = T_k \cos \alpha_k; T_{yk} = T_k \cos \beta_k; T_{zk} = T_k \cos \gamma_k.$

Случайное входное воздействие от несущей системы на кабину многоосного автомобиля при расчете нелинейной модели динамической системы в настоящее время можно реализовать на вычислительных машинах одним из следующих способов:

- введением в вычислительные машины массива экспериментально определенных показателей вибраций в местах крепления кабины к несущей системе автомобиля;
- введением в вычислительные машины массива показателей вибрации несущей системы в местах крепления кабины, полученного расчетным путем;
- специальными формирующими фильтрами, на вход которых подается случайный процесс с постоянной спектральной плотностью (белый шум) [16, 17];
- алгоритмическими методами [18];
- в виде детерминированных функций совокупности случайных величин.

Из вышеперечисленных способов, наиболее просто получать реализации случайных возмущений со стороны несущей системы многоосного автомобиля алгоритмическими методами. При этом случайный процесс и его модель могут иметь одинаковые законы распределения и быть тождественными до моментов второго порядка. Однако, применение этого способа не позволяет комплексно учесть возмущения, идущие от дороги, силового агрегата и элементов трансмиссии. Вместе с тем установлено, что колебания элементов несущей системы (рамы) в зоне установки кабины являются статистически взаимосвязанными [2, 10]. Поэтому возмущающие воздействия со стороны несущей системы на кабину автомобиля в виде временных синхронных реализаций случайных процессов необходимо определять экспериментально на конкретном автомобиле или с помощью эквивалентной математической модели в наиболее вибронегруженных условиях движения (например, на дорогах с булыжным покрытием при определенной скорости движения) [8].

Возмущающие воздействия со стороны несущей системы на кабину многоосного автомобиля, определенные при экспериментальных исследованиях, можно использовать в качестве граничных условий для теоретических исследований различных систем поддрессоривания кабины многоосных автомобилей [19, 20].

Разработанная математическая модель случайных колебаний кабины многоосного автомобиля отражает взаимосвязь различных движений, внешние воздействия, а также инерционные и упруго-диссипативные свойства системы, что позволяет на стадии проектирования оценить вибронегруженность экипажа многоосных автомобилей, эффективность работы систем вторичного поддрессоривания и выбрать наилучший вариант конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев, Б.А. Проектирование полноприводных колёсных машин [Текст]: учебник для вузов / Б.А. Афанасьев, Н.Ф. Бочаров, Л.Ф. Жеглов [и др.]; под общ. ред. А.А. Полунгяна - В 2 т. - Т.2. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 640 с.
2. Черненко, А.Б. Пневматические системы вторичного поддрессоривания кабин многоосных автомобилей [Текст] / А.Б. Черненко, Б.Г. Гасанов. - Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). - Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2012. - 156 с.
3. Черненко, А.Б. Экспериментальные амплитудно-частотные характеристики систем поддрессоривания кабин многоосных автомобилей [Текст] / А.Б. Черненко // Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. Известия Вузов. Машиностроение. - 1990. - № 8. - С. 77-80.
4. Галашин, В.А. Пути снижения ибронегруженности экипажа многоосных автомобилей. Полигонные испытания, исследования и совершенствование автомобилей [Текст]: сб. науч. тр / В.А. Галашин, В.А. Грушников, А.Б. Черненко // Труды НАМИ. - М. - 1991. - С. 47-57.
5. Ротенберг, Р.В. Подвеска автомобиля [Текст] / Р.В. Ротенберг. - М.: Машиностроение, 1972. - 392 с.
6. Аксенов, П.В. Многоосные автомобили [Текст] / П.В. Аксенов. - М.: Машиностроение, 1989. - 280 с.
7. Фурунжиев, Р.И. Автоматизированное проектирование колебательных систем [Текст] / Р.И. Фурунжиев. - Минск: Высшая школа, 1977. - 451 с.
8. Черненко, А.Б. Создание и исследование пневматической системы поддрессоривания кабины многоосных автомобилей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 : защищена 01.07.91 : утв. 18.12.91 / Черненко Андрей Борисович. - М., 1991. - 256 с. Библиогр.: 231-242.

9. Черненко, А.Б. Пневматическая подвеска кабин грузовых автомобилей. Улучшение экологических характеристик автомобилей и тракторов, проблемы снижения шума, вибрации и токсичности автомобилей [Текст]: тез. докл. / А.Б. Черненко, В.А. Галашин, В.П. Бородин // Отрасл. науч.-техн. семинар. – М.: НИЦИ-АМТ. - 1989. - С. 38-39.
10. Черненко, А.Б. Особенности пространственных колебаний кабин грузовых АТС [Текст]: тез. докл. / А.Б. Черненко, В.А. Галашин, А.В. Соколов // 49-я научно-методическая и научно-исследовательская конференция, посвященная 60-летию МАДИ. – М. - 1991. - С. 22.
11. Черненко, А.Б. Модель пневматического упругого элемента с резино-кордной оболочкой тороидного типа [Текст] / А.Б. Черненко, А.Д. Ефимов // Изв. ВУЗов, Сев.Кав. рег. Технические науки. - 2012. - №4. - С. 63-66.
12. Черненко, А.Б. Анализ влияния геометрических параметров пневматического упругого элемента с резино-кордной оболочкой тороидного типа подвески АТС на его рабочие характеристики [Текст] / А.Б. Черненко, А.Д. Ефимов, А.А. Азаренков // Изв. ВУЗов, Сев.Кав. рег. Технические науки. - 2015. - №1. - С. 96-101.
13. А.с. 1677405 СССР. Пневматическая виброизолирующая опора [Текст] / В.А. Галашин, А.Б. Черненко, А.В. Соколов, М.М. Жилейкин [и др.]. – № 4615930; заявл. 05.12.88; опубл. 15.09.91.
14. Черненко, А.Б. Пневматический упругий элемент с резино-кордной оболочкой тороидного типа для систем поддрессирования кабин многоосных автомобилей [Текст]: сб. докл. IV Междунар. науч. заоч. конф. / А.Б. Черненко, А.Д. Ефимов, Л.Ю. Семина // Актуальные вопросы современной техники и технологии. - Липецк: ИЦ «Гравис», 2011. - С. 69-72.
15. Платонов, В.Ф. Полноприводные автомобили [Текст] / В.Ф. Платонов. - М.: Машиностроение, 1989. - 312 с.
16. Хачатуров, А. А. Динамика системы дорога - шина -автомобиль – водитель [Текст] / А. А. Хачатуров, В.Л. Афанасьев, В.С. Васильев, Г.В. Гольдин [и др.]: А.А. Хачатуров; под ред. Хачатурова А.А. - М.: Машиностроение, 1976. - 535 с.
17. Бендат, Дж. Прикладной анализ случайных данных [Текст] / Дж. Бендат, А. Пирсол. - Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 540 с.
18. Иванов, В.Я. К вопросу расчёта колебаний транспортных средств методом статистических испытаний [Текст] / В.Я. Иванов, Д.В. Гриценко, И.В. Аксёнов // Автомобильная промышленность. - 1972. - №3-с. 12-14.
19. Галашин, В.А. Снижение вибронгруженности кабин многоосных автомобилей [Текст]: тез. докл. / В.А. Галашин, В.П. Бородин, А.Б. Черненко // Материалы научно-технической и научно-методической конференции, посвящ. 50-летию Московского автомеханического института. – М.Ж. МАМИ. - 1989. - С. 44.
20. Черненко, А.Б. Расчёт параметров пневматических систем подвешивания кабин многоосных автомобилей [Текст] / А.Б. Черненко, З.К. Химишев. - Science Time. – 2014. - №10. - С 399-408.

Гасанов Бадрудин Гасанович

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: Россия, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт и организация дорожного движения»
E-mail: Gasanovbg@gmail.com

Черненко Андрей Борисович

Адыгейский филиал Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: Россия, 385006, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Калинина, 210, литер С
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт»
E-mail: k197vs@yandex.ru

Сиротин Павел Владимирович

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: Россия, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт и организация дорожного движения»
E-mail: spv_61@mail.ru

Скринников Евгений Валерьевич

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: Россия, 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт и организация дорожного движения»
E-mail: skrinnikov08@rambler.ru

B.G. HASANOV, A.B. CHERNENKO, P.V. SIROTIN, E.V. SKRINNIK

SIMULATION OF RANDOM SPATIAL VIBRATIONS CAB MULTI-AXLE VEHICLES

In this paper, we discuss the basic principles of random special oscillations of the secondary suspension system of wheeled vehicles meant for transport purposes. Offered herewith an adequate mathematical model reflecting relationship between various torques, external noise, inertia, elasticity and dissipation of the aforementioned system allowing in the design stage to access the effectiveness of various hanging systems and decide on the optimal embodiment with reference to operative condition.

Keywords: multi-axle vehicles, cockpit suspension, smooth ride; secondary cushioning, dynamic model, nonlinear load characteristics, oscillations load on the crew, random oscillations.

BIBLIOGRAPHY

1. Afanas`ev, B.A. Proektirovanie polnoprivodnykh koliosnykh mashin [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / B.A. Afanas`ev, N.F. Bocharov, L.F. ZHeglov [i dr.]; pod obshch. red. A.A. Polungyana - V 2 t. - T.2. - M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2000. - 640 s.
2. Chernenko, A.B. Pnevmaticheskie sistemy vtorichnogo podressorivaniya kabin mnogoosnykh avtomobi-ley [Tekst] / A.B. Chernenko, B.G. Gasanov. - YUzh.-Ros. gos. tekhn. un-t (NPI). - Novocherkassk: YURGTU(NPI), 2012. - 156 s.
3. Chernenko, A.B. Eksperimental`nye amplitudno-chastotnye kharakteristiki sistem podressorivaniya kabin mnogoosnykh avtomobiley [Tekst] / A.B. Chernenko // Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana. Izvestiya Vuzov. Mashinostroenie. - 1990. - № 8. - S. 77-80.
4. Galashin, V.A. Puti snizheniya ibronagruzhennosti ekipazha mnogoosnykh avtomobiley. Poligonnye ispytaniya, issledovaniya i sovershenstvovanie avtomobiley [Tekst]: sb. nauch. tr / V.A. Galashin, V.A. Grushni-kov, A.B. Chernenko // Trudy NAMI. - M. - 1991. - S. 47-57.
5. Rotenberg, R.V. Podveska avtomobilya [Tekst] / R.V. Rotenberg. - M.: Mashinostroenie, 1972. - 392 s.
6. Aksenov, P.V. Mnogoosnye avtomobili [Tekst] / P.V. Aksenov. - M.: Mashinostroenie, 1989. - 280 s.
7. Furunzhiev, R.I. Avtomatizirovanoe proektirovanie kolebatel`nykh sistem [Tekst] / R.I. Furun-zhiev. - Minsk: Vysheyshaya shkola, 1977. - 451 s.
8. Chernenko, A.B. Sozdanie i issledovanie pnevmaticheskoy sistemy podressorivaniya kabiny mnogo-osnykh avtomobiley [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.05.03 : zashchishchena 01.07.91 : utv. 18.12.91 / Chernenko Andrey Borisovich. - M., 1991. - 256 s. Bibliogr.: 231-242.
9. Chernenko, A.B.. Pnevmaticheskaya podveska kabin gruzovykh avtomobiley. Uluchshenie ekologicheskikh kharakteristik avtomobiley i traktorov, problemy snizheniya shuma, vibratsii i toksichnosti avtomobiley [Tekst]: tez. dokl. / A.B. Chernenko, V.A. Galashin, V.P. Borodin // Otrasl. nauch.-tekhn. seminar. - M. : NITSI-AMT. - 1989. - S. 38-39.
10. Chernenko, A.B. Osobennosti prostranstvennykh kolebaniy kabin gruzovykh ATS [Tekst]: tez. dokl./ A.B. Chernenko, V.A. Galashin, A.V.Sokolov // 49-ya nauchno-metodicheskaya i nauchno-issledovatel`skaya konferentsiya, posvyashchennaya 60-letiyu MADI. - M. - 1991. - S. 22.
11. Chernenko, A.B. Model` pnevmaticheskogo uprugogo elementa s rezino-kordnoy obolochkoy toroidno-go tipa [Tekst] / A.B. Chernenko, A.D. Efimov // Izv. VUZov, Sev.Kav. reg. Tekhnicheskie nauki. - 2012. - №4. - S. 63-66.
12. Chernenko, A.B. Analiz vliyaniya geometricheskikh parametrov pnevmaticheskogo uprugogo elementa s rezino-kordnoy obolochkoy toroidno-go tipa podveski ATS na ego rabochie kharakteristiki [Tekst] / A.B. Chernenko, A.D. Efimov, A.A. Azarenkov // Izv. VUZov, Sev.Kav. reg. Tekhnicheskie nauki. - 2015. - №1. - S. 96-101.
13. A.s. 1677405 SSSR. Pnevmaticheskaya vibroizoliruyushchaya opora [Tekst] / V.A. Galashin, A.B. Chernenko, A.V. Sokolov, M.M. ZHileykin [i dr.]. - № 4615930; zayavl. 05.12.88; opubl. 15.09.91.
14. Chernenko, A.B. Pnevmaticheskii uprugiy element s rezino-kordnoy obolochkoy toroidno-go tipa dlya sistem podressorivaniya kabin mnogoosnykh avtomobiley [Tekst]: sb. dokl. IV Mezhdunar. nauch. zaoch. konf. / A.B. Chernenko, A.D. Efimov, L.YU. Semina // Aktual`nye voprosy sovremennoy tekhniki i tekhnologii. - Lipetsk: ITS "Gravis", 2011. - S. 69-72.
15. Platonov, V.F. Polnoprivodnye avtomobili [Tekst] / V.F. Platonov. - M.: Mashinostroenie, 1989. - 312 s.
16. Hachaturov, A. A. Dinamika sistemy doroga - shina -avtomobil` - voditel` [Tekst] / A. A. Hachaturov, V.L. Afanas`ev, V.S. Vasil`ev, G.V. Gol`din [i dr.]: A.A. Hachaturov; pod red. Hachaturova A.A. - M.: Mashinostroenie, 1976. - 535 s.
17. Bendat, Dzh. Prikladnoy analiz sluchaynykh dannykh [Tekst] / Dzh. Bendat, A. Pirsol. - Per. s angl. - M.: Mir, 1989. - 540 s.
18. Ivanin, V.YA. K voprosu raschiota kolebaniy transportnykh sredstv metodom statisticheskikh ispytaniy [Tekst] / V.YA. Ivanin, D.V. Gritsenko, I.V. Aksionov // Avtomobil`naya promyshlennost` . - 1972. - №3-s. 12-14.
19. Galashin, V.A. Snizhenie vibronagruzhennosti kabin mnogoosnykh avtomobiley [Tekst]: tez. dokl. / V.A. Galashin, V.P. Borodin, A.B. Chernenko // Materialy nauchno-tekhnicheskoy i nauchno-metodicheskoy konferentsii, posvyashch. 50-letiyu Moskovskogo avtomekhanicheskogo instituta. - M.ZH. MAMI. - 1989. - S. 44.

20. Chernenko, A.B. Raschiot parametrov pnevmaticheskikh sistem podveshivaniya kabin mnogoosnykh avtomobiley [Tekst] / A.B. Chernenko, Z.K. Himishev. - Science Time. - 2014. - №10. - S 399-408.

Hasanov Badrudin Gasanovich

South-Russian State Technical University (NPI) of the MI Platov

Address: Russia, 346428, Rostov region., Novocherkassk, ul. Education, 132

Dr. Sc. Professor, Head of Department «Road transport and traffic management»

E-mail: Gasanovbg@gmail.com

Chernenko Andrey Borisovich

Adygeya branch of South Rossiyskgo State Polytechnic University (NPI) of the MI Platov

Address: Russia, 385006, Republic of Adygea, Maikop, Kalinin, 210, letter C

Kand. tehn. professor of "Road Transport"

E-mail: k197vs@yandex.ru

Sirotin Pavel Vladimirovich

South-Russian State Technical University (NPI) of the MI Platov

Address: Russia, 346428, Rostov region., Novocherkassk, ul. Education, 132

Kand. tehn. professor of "Road transport and traffic management"

E-mail: spv_61@mail.ru

Skrinnikov Evgeny Valerievich

South-Russian State Technical University (NPI) of the MI Platov

Address: Russia, 346428, Rostov region., Novocherkassk, ul. Education, 132

Kand. tehn. professor of "Road transport and traffic management"

E-mail: skrinnikov08@rambler.ru

ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

***От всей души поздравляем вас с
Новым 2016 годом и Рождеством!
Желаем крепкого здоровья, отличного настроения
и неиссякаемого оптимизма, благополучия и
удачи вам и вашим близким!***

***Пусть Новый год станет
для вас годом добрых перемен***

УДК 621.436.004.67

А. С. МАХОНИН

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МОЩНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ

В статье дано обоснование необходимости совершенствования существующих технологий и средств диагностирования мощностных показателей дизелей автомобилей семейства КамАЗ. Рассмотрены технологии и средства диагностирования мощностных показателей дизелей автомобилей семейства КамАЗ, в том числе с использованием разработанного микропроцессорного устройства. Приведены описание, методика и результаты экспериментальных исследований разработанного диагностического устройства.

Ключевые слова: ДВС, диагностика, диагностическое устройство, датчик, динамический режим работы.

Вопросы диагностирования агрегатов автомобилей, в том числе дизельных двигателей, нашли отражение в [1-24] и др.

Диагностирование агрегатов автомобилей входит составной частью в систему их технического обслуживания. Назначение диагностики заключается в выявлении и предупреждении отказов и неисправностей, поддержании оптимальных регулировок, эксплуатационных показателей в установленных пределах, в прогнозировании состояния с целью полного использования доремонтного и межремонтного ресурса автотранспорта. Параметры надежности, заложенные в автотранспорте, не могут быть реализованы без использования возможностей, которые открывает диагностика.

В настоящее время большинство выпускаемой автомобильной техники в дополнение к штатным контрольно-измерительным приборам и сигнализаторам, оснащаются системами оперативного контроля показателей работы систем и агрегатов (бортовыми компьютерами) с функциями сигнализации о нештатных режимах работы и встроенной диагностики. Использование таких систем при небольших затратах на их установку обеспечивает надежное, оперативное выявление возникающих неисправностей и, как следствие, предотвращение серьезных повреждений агрегатов и систем машин. Особенно эффективно использование бортовых компьютеров на автомобилях оснащенных электронными микропроцессорными системами управления (двигателем, трансмиссией, подвеской, тормозами и т.д.), которые, как правило, имеют большое количество датчиков и цифровые информационные выходы для связи с внешними и встроенными информационными и диагностическими системами.

Анализ функциональных возможностей бортовых компьютеров показал, что существенным недостатком является отсутствие у них функций контроля мощностных показателей ДВС.

Мощностные показатели дизелей – индикаторная, эффективная мощность и мощность механических потерь являются обобщающими показателями их технического состояния и во многом определяют технико-экономические, экологические и эксплуатационные показатели оснащенных ими автомобилей. Так, например, уменьшение эффективной мощности дизеля снижает максимально возможную скорость движения загруженного автомобиля, приводит к частой работе на корректорной ветви регуляторной характеристики с неизбежным перерасходом топлива, повышенной дымностью отработавших газов и износом деталей цилиндропоршневой группы.

Исследования по влиянию мощностных показателей на эффективность эксплуатации тракторных дизелей [17] показали, что снижение эффективной мощности безнаддувных дизелей на 7%, а наддувных на 12,6%, как и ее превышение сверх номинального значения следует считать, как отказ по мощности.

Рост мощности механических потерь, складывающийся из мощности потерь на трение, привод вспомогательных механизмов дизеля и процессы газообмена приводит к перерасходу топлива, повышенному износу деталей и снижению ресурса дизеля, причем, у дизелей с механическим всережимным регулятором частоты вращения (ВРЧВ) рост момента и мощности механических потерь может долго оставаться незамеченным водителем, вследствие особенности работы ВРЧВ, который при ее росте просто завышает подачу топлива. Таким образом, периодический, а лучше постоянный контроль мощностных показателей дизелей является эффективным способом обеспечения оптимальности и стабильности их основных технико-экономических и экологических показателей.

Стандартным методом определения мощностных показателей дизелей является метод тормозных испытаний на специальных стендах. Наибольшее распространение получили электротормозные установки для обкатки и испытаний двигателей КИ-5274, КИ-5540, КИ-5541, КИ-5542, КИ-5543 и стенды с беговыми барабанами для определения тягово-экономических и мощностных показателей колесных тракторов и автомобилей типа КИ-8930, КИ-8935 и др. Преимуществами тормозных методов испытания двигателей, по сравнению с бестормозными, являются их более высокая точность и соответствие режимов и результатов требованиям соответствующих ГОСТ.

Вместе с тем они обладают рядом существенных недостатков технико-экономического и экологического характера, среди которых следует отметить большую мощность, габариты и стоимость испытательных стендов (ОС) и силового электрооборудования, необходимость использования нескольких типоразмеров ОС для испытаний различных марок дизелей, высокий уровень шума, тепловыделений, вибраций, загазованности в помещениях для испытаний.

Анализ перечисленных недостатков показывает, что они в большей мере обусловлены используемым тормозным способом диагностирования. Устранить указанные недостатки позволяют бестормозные методы [18], в том числе, динамический метод определения мощностных показателей ДВС, предложенный учеными СибИМЭ [19].

Сущность данного метода заключается в определении углового ускорения коленчатого вала ДВС в области номинальной частоты вращения, во время тестового, бестормозного разгона с полной подачей топлива. Величина углового ускорения разгона ε_p , при известном моменте инерции I подвижных деталей ДВС и трансмиссии, приведенных к коленчатому валу, однозначно определяет крутящий момент ДВС ($M_K = \varepsilon_p \cdot I$), а при известной угловой скорости коленчатого вала (УСКВ) ω в момент замера углового ускорения и его эффективную мощность N_E , т.е.

$$N_E = M_K \cdot \omega = \varepsilon_p \cdot I \cdot \omega.$$

Для реализации динамического метода диагностирования были разработаны различные устройства, как автономные (ЖК-1, ИМД-Ц, КИ-13009 и ИПД-3), так и стационарные (КИ-13940, КАД - 300, КАД - 400) [20]. Отличие этих устройств в основном заключается в способах получения сигналов частоты вращения коленчатого вала и их последующей обработки. В ЖК-1 используются два типа индукционных датчиков частоты вращения, устанавливаемых либо на вал отбора мощности (ВОМ) трактора, либо приставляемых к носку коленчатого вала ДВС. В приборах ИМД-Ц, ИМД-ЦМ применяется индукционный датчик частоты вращения, устанавливаемый напротив зубьев венца маховика ДВС или венца приспособления КИ 13941, связанного с ВОМ трактора. В устройстве ИПД-3 в качестве источника сигнала используется выходное напряжение штатной генераторной установки, работающей при стабилизированном токе обмотки возбуждения.

На предприятиях аграрно-промышленного комплекса страны наиболее широко использовались приборы ИМД-Ц и ИМД-ЦМ. Некоторым недостатком этих приборов является

аналоговый способ обработки сигнала датчика частоты вращения коленчатого вала дизеля, что снижает точность и стабильность результатов диагностирования. Кроме этого данные приборы предназначены для диагностирования ряда тракторных дизелей в штатной комплектации и их использование для дизелей других марок, в том числе автомобильных требует проведения дополнительных расчетных и экспериментальных работ. Развитие цифровых методов обработки и представления информации на базе микропроцессорных систем их реализации, позволили разработать более совершенные диагностические приборы, например рассматриваемый далее микропроцессорный измеритель параметров дизелей МИПД-2.

Прибор реализован в виде типовой системы управления на базе однокристалльного микроконтроллера. Сигнал индукционного датчика поступает на входной формирователь импульсов (ФИ), реализованный на триггере Шмидта. За счет гистерезиса, схема ФИ фильтрует помехи с уровнем менее 0,1В. Микроконтроллер принимает сигналы с датчика частоты вращения, сформированные схемой ФИ, считывает состояние органов управления, выполняет необходимые арифметические и логические операции, реализует функции таймера, счетчика и преобразователя длительностей временных интервалов в код и выводит информацию на дисплей. Органы управления контроллера организованы в виде клавиатурной матрицы. Дисплей построен на четырех семисегментных индикаторах и работает в режиме динамической индикации. Стабилизатор напряжения формирует напряжение постоянного тока уровнем $5\text{ В} \pm 10\%$ для питания контроллера.

Прибор обеспечивает измерение эффективной мощности, мощности механических потерь, крутящего момента и момента механических потерь, а также частоты вращения коленчатого вала.

Работа прибора в режиме определения эффективной мощности (переключатель режима работы в положениях «+», «Ne») происходит следующим образом. При работе прогретого дизеля на минимальных оборотах холостого хода, водитель быстро нажимает на педаль «газа», при этом происходит увеличение (разгон) частоты вращения до максимального значения. В момент достижения верхнего, заданного программно значения близкого к номинальной частоте вращения (2500 мин^{-1} для дизеля КамАЗ - 740), прибор, согласно алгоритма определяет угловое ускорение разгона, рассчитывает и отображает на дисплее значение эффективной мощности. Затем педаль газа отпускают и осуществляют выбег. При достижении минимальных оборотов коленчатого вала (600 мин^{-1}) цикл разгона - выбега повторяют. Циклы разгона - выбега рекомендуется повторить не менее трех раз, полученные значения записать или запомнить и, усреднив результаты измерений, определить фактическую мощность дизеля.

Определение мощности механических потерь осуществляют аналогично, но при положении переключателя рода работ в положении «-».

Режим измерения частоты вращения коленчатого вала «n» используется для повышения точности определения настройки регулятора частоты вращения дизеля (определения минимальной и максимальной частот вращения холостого хода, частоты начала действия регулятора), а также проверки штатных стрелочных тахометров.

Полученные данные сравнивают с эталонными для данного дизеля и делают заключение о его техническом состоянии.

Для повышения точности определения мощностных показателей управление скоростным режимом диагностического цикла можно осуществлять специальными автоматизированными задатчиками воздействующими на рычаг регулятора частоты вращения [21, 22] или рычаг останова дизеля. Так для дизеля КамАЗ-740 разработана пневмоэлектрическая система управления рычагом останова, позволяющая автоматизировать процесс диагностирования мощностных показателей.

Для определения основных параметров разработанного прибора были проведены его лабораторные и моторные исследования на дизеле автомобиля КамАЗ, при работе с индукционным датчиком частоты вращения, установленным напротив зубчатого венца маховика и

сигналом фазы штатной генераторной установки. Для сравнения полученных результатов параллельно проводились замеры с использованием прибора ИМД-ЦМ. Для работы прибора ИМД-ЦМ с сигналом фазы генератора верхний предел настройки калибровочного числа по частоте вращения был увеличен до 3200 установкой дополнительного резистора.

Для ограничения амплитуды сигнала генераторной установки до 1В и исключения постоянной составляющей, он подавался на диагностические приборы через дополнительный формирователь, содержащий разделительный конденсатор и диодный ограничитель.

Целью сравнительных экспериментальных исследований разработанного диагностического прибора и серийного прибора ИМД-ЦМ в режиме определения мощностных показателей дизеля КамАЗ-740 при их работе с сигналами индукционного датчика и генераторной установки являлось определение их работоспособности и величины отклонений получаемых значений в последовательных диагностических циклах разгона - выбега.

При проведении исследований использовался измерительно-регистрирующий комплекс, включающий блок измерения угловой скорости и ускорения коленчатого вала ДВС, индукционный датчик прибора ИМД-ЦМ, USB осциллограф DISco-2 и ноутбук.

Блок измерения угловой скорости и ускорения коленчатого вала выполнен на базе разработанного прибора ИМД-ЦМ, из соответствующих точек схемы которого были выведены аналоговые сигналы угловой скорости коленчатого вала, ускорения, а также усиленный и сформированный входной сигнал. Сигнал угловой скорости инвертируется инвертирующим усилителем. Все сигналы масштабируются выходными делителями напряжений. Питание блока осуществляется от сети через стабилизированный источник питания.

Для установки индукционного датчика в левой, верхней части кожуха маховика дизеля КамАЗ-740 было выполнено резьбовое отверстие. Сигнал фазы генераторной установки снимался с клеммы «Д» через разветвитель.

Измерения проводились на дизеле в штатной комплектации, установленном на автомобиль, после проведения ТО 2. Управление диагностическими циклами разгона проводилось согласно инструкции по диагностированию прибором ИМД – ЦМ [4] путем воздействия ногой на педаль «газа» автомобиля. Перед проведением моторных исследований была проведена тарировка каналов измерения частоты вращения приборов с использованием генератора низких частот ГЗ – 102 на рабочих частотах индукционного датчика (400-8000Гц) и сигнала фазы генератора (50-1250Гц).

В результате проведенных исследований установлена возможность контроля мощностных показателей дизеля КамАЗ-740, как прибором ИМД-ЦМ, так и прибором МИПД-2 при их работе с индукционным датчиком и сигналом генераторной установки.

На рисунке 1 представлена осциллограмма сигналов угловой скорости коленчатого вала и углового ускорения последовательных диагностических циклов разгона - выбега, при использовании индукционного датчика. Она иллюстрирует хорошее сглаживание сигналов схемой прибора ИМД-ЦМ и их поцикловую стабильность.

На рисунке 2 представлена осциллограмма сигналов угловой скорости коленчатого вала и углового ускорения при работе прибора ИМД-ЦМ с сигналом генераторной установки (включен режим «ВОМ»). Анализ осциллограммы показывает повышенную величину пульсаций сигналов угловой скорости и углового ускорения, обусловленную меньшей частотой входного сигнала.

Результаты замера угловых ускорений разгона и выбега дизеля КамАЗ-740, прибором ИМД-ЦМ представлены в таблице 1.

Величина отклонений значений углового ускорения разгона и выбега, при использовании индукционного датчика, от средних значений (226,6с-2 и 86,6с-2) не превышала 1%. При использовании сигнала генераторной установки величина отклонений значений углового ускорения разгона и выбега от средних значений (246с-2 и 92с-2) составила около 2%.

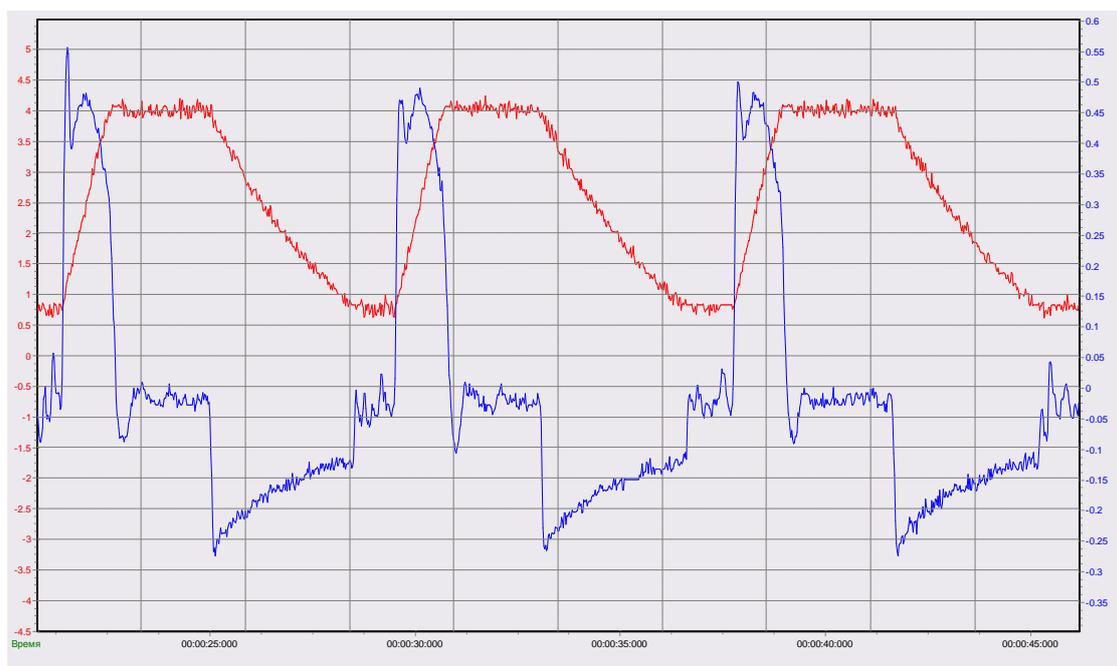


Рисунок 1 – Осциллограммы угловой скорости (верхняя кривая) и углового ускорения коленчатого вала (нижняя кривая) в последовательных диагностических циклах разгона – выбега (с использованием сигнала индукционного датчика)

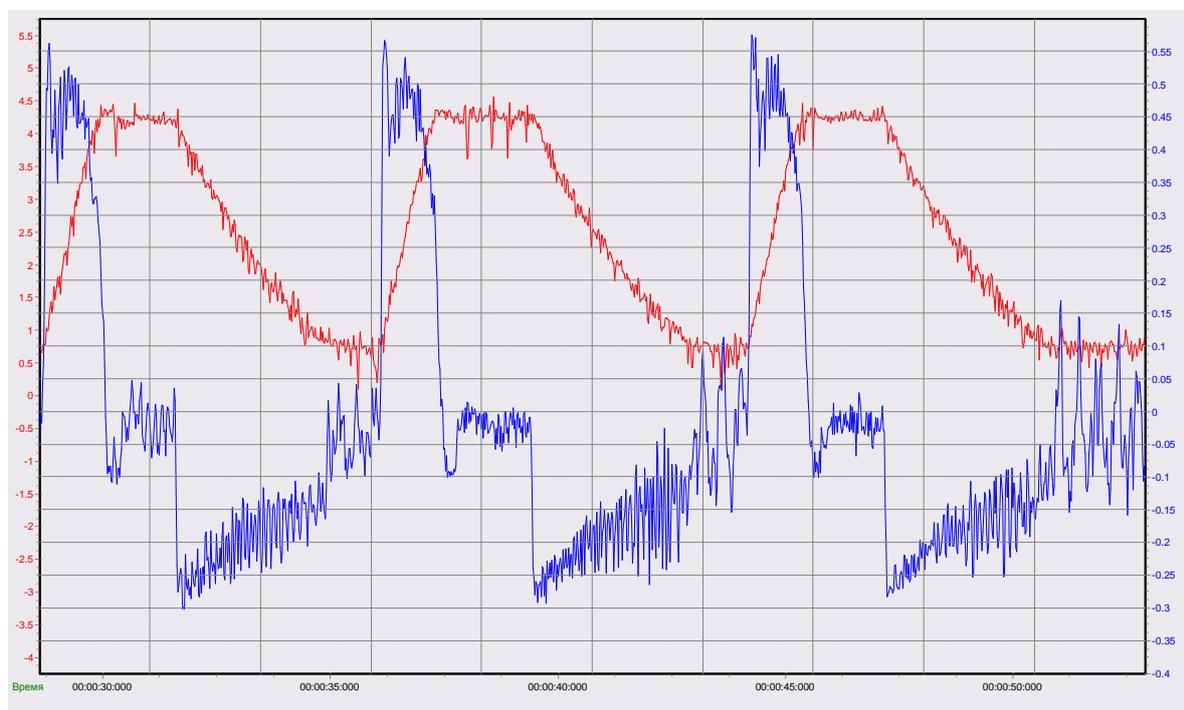


Рисунок 2 – Осциллограммы угловой скорости (верхняя кривая) и углового ускорения коленчатого вала (нижняя кривая) в последовательных диагностических циклах разгона – выбега (с использованием сигнала генераторной установки)

Результаты замера эффективной мощности дизеля КамАЗ-740 прибором МИПД-2 приведены в таблице 2. Их анализ показывает, что максимальное отклонение значений мощности от среднего значения при работе с сигналом генераторной установки составило 3,5%, а при работе с индукционным датчиком – не более 0,3%.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования для диагностирования мощностных показателей дизеля КамАЗ– 740 динамическим методом приборов

ИМД-ЦМ и МИПД-2. Использование прибора ИМД-ЦМ в качестве специализированного, встроенного нецелесообразно по причине большого числа калибровок, их нестабильности во времени, устаревшей элементной базы.

Таблица 1 - Результаты замера угловых ускорений разгона и выбега дизеля КамАЗ-740 прибором ИМД-ЦМ

№ п/п	1	2	3
ϵ_{p2}, c^{-2} (сигн. с ГУ)	245	241	252
ϵ_{p2}, c^{-2} (сигн. с ИД)	227	226	227
$\epsilon_{в2}, c^{-2}$ (сигн. с ГУ)	91	90	93
$\epsilon_{в2}, c^{-2}$ (сигн. с ИД)	87	86	87

Таблица 2 - Результаты замера эффективной мощности дизеля КамАЗ-740 прибором МИПД-2

№ п/п	1	2	3
$N_e, кВт$ (сигн. с ГУ)	109	107	114
$N_e, кВт$ (сигн. с ИД)	110	109	110

Прибор МИПД-2 менее чувствителен к частоте входного сигнала, не требует проведения калибровок, которые хранятся в постоянном запоминающем устройстве. Он имеет меньшие габариты, энергоёмкость и стоимость. При необходимости его функциональные возможности могут быть расширены и он может, например, осуществлять контроль работы клиноременной передачи привода генераторной установки.

В качестве источника сигнала частоты вращения коленчатого вала ДВС лучшим является индуктивный датчик с установкой напротив зубчатого венца маховика [23]. Такие датчики устанавливаются, например, на дизели автомобилей КамАЗ-6560 с электронным регулятором частоты вращения. В электронных системах регулирования дизелей предъявляются повышенные требования к надежности работы их элементов и датчиков. В связи с этим на данных дизелях устанавливаются по два таких датчика. Разработанный с участием автора формирователь сигнала индукционного датчика [24], дополнительно выполняет функцию диагностики работоспособности датчика, что позволяет отказаться от установки двух датчиков и исключить аварийные режимы работы дизеля и автомобиля.

При использовании сигнала генераторной установки, необходимо перед проведением диагностирования мощностных показателей проконтролировать состояние и работу клиноременной передачи и обеспечить минимальную величину проскальзывания ремней, путем регулировки натяжения, замены изношенных деталей, а также уменьшения токовой нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Домке, Э.Р. Совершенствование технологии и средств диагностирования мощностных показателей автомобильных дизельных двигателей в эксплуатационных условиях [Текст] / Э.Р. Домке, С.А. Махонин // Мир транспорта и технологических машин. - №4 (35). - 2011. - С. 20-23.
2. Домке, Э. Р. Разработка микропроцессорного устройства для диагностирования мощностных показателей дизелей КамАЗ [Текст] / Э.Р. Домке, С.В. Тимохин, А.С. Махонин // Проблемы качества и эксплуатации автотракторных средств. - Пенза: ПГУАС. - 2012. - В 2 ч. - Ч.1. - С. 398-402.
3. Тимохин, С.В. Современные технологии обкатки автотракторных двигателей [Текст]: монография / С.В. Тимохин, Ю.В. Родионов. - Пенза: ПГУАС, 2013. - 284с.
4. Аринин, И.Н. Диагностирование технического состояния автомобилей [Текст] / И.Н. Аринин. - М.: Транспорт, 1978. - 176 с.
5. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Под ред. Г.В. Крамаренко. - М.: Транспорт, 2005. - 488 с.
6. Борц, А.Д. Диагностика технического состояния автомобиля [Текст] / А.Д. Борц. - М.: Транспорт, 1979. - 159 с.
7. Спичкин, Г.В. Диагностика технического состояния автомобиля [Текст] / Г.В. Спичкин [и др.]. - М.: Высшая школа, 1983. - 367 с.

8. Родионов, Ю.В. Исполнительный механизм для бестормозной обкатки дизелей [Текст] / Ю.В. Родионов, С.В. Тимохин // Вестник Таджикского технического университета. - Т.1. - С. 35-39.
9. Гюнзер, Г. Диагностика дизельных двигателей [Текст] / Г. Гюнзер. - М.: За рулем, 2004. - 176 с.
10. Аринин, И.Н. Диагностирование технического состояния автомобилей [Текст] / И.Н. Аринин. - М.: Транспорт, 1978. - 178 с.
11. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Под ред. Г.В.Крамаренко. - М.: Транспорт, 2005. - 188 с.
12. Кузнецов, Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей [Текст] / Е.С. Кузнецов. - М.: Транспорт, 2008. - 352 с.
13. Лившиц, В.М. Перспективные разработки в области диагностики автотракторных дизелей [Текст] / В.М. Лившиц, С.В. Крашенинников, С.П. Пятин // Вестник ИрГСХА. - Иркутск: ИрГСХА. - 2010. - Вып. 38. - С.77-81.
14. Гор, Д.А. Бесконтактные методы диагностики дизельного двигателя основанные на анализе формы волны выхлопных газов [Текст] / Д.А. Гор, Г.Ж. Кук // Доклад сделан в Ряде Технических документов SAE. - 1987. - 8 с.
15. Lapuerta, M. Potential for reducing emissions in a diesel engine by fuelling with conventional biodiesel and Fischer – Tropsh diesel [Text] / M. Lapuerta, O. Armas, J. J. Hernandez, A. Tsolakis // Fuel, Volume 89, Issue 10. - 2010. - P. 3106-3113.
16. Дабровски, З. Исследование чувствительности виброакустических сигналов к механическим повреждениям которых не распознаются системой бортовой диагностики у дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст] / З. Дабровски, М. Завица // Diffusion and Defect Data Pt. B Solid State Phenomena. - 2012. - С. 194-199.
17. Аллилуев, В.А. Техническая диагностика тракторов и зерноуборочных комбайнов [Текст] / В.А. Аллилуев. - М.: Колос, 1978. - 287 с.
18. Ждановский, Н.С. Бестормозные испытания тракторных двигателей [Текст] / Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко [и др.]. - М.-Л.: Машиностроение, 1966. - 177 с.
19. Добролюбов, И.П. Динамический метод диагностики автотракторных двигателей [Текст]: методические рекомендации СибИМЭ / И.П. Добролюбов, В.М. Лившиц. - Новосибирск, 1981. - Ч.1. - С. 42-112.
20. Колчин, А.В. Новые средства и методы диагностирования автотракторных двигателей [Текст] / А.В. Колчин, Ю.К. Бобков. - М.: Колос, 1982. - 110 с.
21. А.с. 15627270 СССР. Устройство для управления режимами приработки и диагностирования дизеля [Текст] / А.В. Николаенко, С.В. Тимохин [и др.]; опублик. в Б.И. №17. - 1990.
22. Михлин, В.М. Автоматический задатчик скоростных режимов работы дизеля. Техническое задание [Текст] / В.М. Михлин, А.В. Колчин, С.В. Тимохин [и др.]. - М.: Госагропром, 1988. - 11 с.
23. Домке, Э.Р. Датчики частоты вращения коленчатого вала двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Э.Р. Домке, А.С. Махонин, Н.А. Мухатаев // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. - Пенза: ПГУАС. - 2014. - С. 303-308.
24. Пат. 2490787 Российская Федерация, МПК Н 03 К 5/153. Формирователь импульсов из сигналов индукционных датчиков частоты вращения [Текст] / Н.А. Мухатаев, А.С. Махонин А.С. [и др.] - (RU) №2012127587/08; заяв. 02.07.12; опублик. 20.08.13. Бюл. № 23.

Махонин Артем Сергеевич,

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28

Аспирант кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: obd@pguas.ru; 58russia@rambler.ru

A.S. MAKHONIN

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF MEANS FOR POWER INDICATORS TEST OF KAMAZ DIESELS

In the article a justification of need to improve existing means of power indicators testing for KamAZ diesels is given. Technologies and means of KamAZ diesel power and speed indicators testing are considered including with developed microprocessor based device. The description, a methods and results of experimental researches of the developed testing device are provided.

Keywords: internal combustion engine, test, testing device, sensor, dynamic running mode.

BIBLIOGRAPHY

1. Domke, E.R. Sovershenstvovanie tekhnologii i sredstv diagnostirovaniya moshchnostnykh pokazateley avtomobil'nykh dizel'nykh dvigateley v ekspluatatsionnykh usloviyakh [Tekst] / E.R. Domke, S.A. Makhonin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №4 (35). - 2011. - S. 20-23.

2. Domke, E. R. Razrabotka mikroprotsessornogo ustroystva dlya diagnostirovaniya moshchnostnykh pokazateley dizeley KamAZ [Tekst] / E.R. Domke, S.V. Timokhin, A.S. Makhonin // Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotraktornykh sredstv. - Penza: PGUAS. - 2012. - V 2 ch. - CH.1. - S. 398-402.
3. Timokhin, S.V. Sovremennye tekhnologii obkatki avtotraktornykh dvigateley [Tekst]: monografiya / S.V. Timokhin, YU.V. Rodionov. - Penza: PGUAS, 2013. - 284s.
4. Arinin, I.N. Diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley [Tekst] / I.N. Arinin. - M.: Transport, 1978. - 176 s.
5. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley [Tekst] / Pod red. G.V. Kramarenko. - M.: Transport, 2005. - 488 s.
6. Borts, A.D. Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya [Tekst] / A.D. Borts. - M.: Transport, 1979. - 159 s.
7. Spichkin, G.V. Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya [Tekst] / G.V. Spichkin [i dr.]. - M.: Vysshaya shkola, 1983. - 367 s.
8. Rodionov, YU.V. Ispolnitel`nyy mekhanizm dlya bestormoznoy obkatki dizeley [Tekst] / YU.V. Rodionov, S.V. Timokhin // Vestnik Tadzhikskogo tekhnicheskogo universiteta. - T.1. - S. 35-39.
9. Gyunzer, G. Diagnostika dizel`nykh dvigateley [Tekst] / G. Gyunzer. - M.: Za rulem, 2004. - 176 s.
10. Arinin, I.N. Diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley [Tekst] / I.N. Arinin. - M.: Transport, 1978. - 178 s.
11. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley [Tekst] / Pod red. G.V. Kramarenko. - M.: Transport, 2005. - 188 s.
12. Kuznetsov, E.S. Upravlenie tekhnicheskoy ekspluatatsiyey avtomobiley [Tekst] / E.S. Kuznetsov. - M.: Transport, 2008. - 352 s.
13. Livshits, V.M. Perspektivnye razrabotki v oblasti diagnostiki avtotraktornykh dizeley [Tekst] / V.M. Livshits, S.V. Krashennnikov, S.P. Pyatin / Vestnik IrGSHA. - Irkutsk: IrGSHA. - 2010. - Vyp. 38. - S.77-81.
14. Gor, D.A. Beskontaktnye metody diagnostiki dizel`nogo dvigatelya osnovannye na analize formy volny vykhlopnykh gazov [Tekst] / D.A. Gor, G.ZH. Kuk // Doklad sdelan v Ryade Tekhnicheskikh dokumentov SAE. - 1987. - 8 s.
15. Lapuerta, M. Potential for reducing emissions in a diesel engine by fuelling with conventional biodiesel and Fischer - Tropsch diesel [Text] / M. Lapuerta, O. Armas, J. J. Hernandez, A. Tsolakis // Fuel, Volume 89, Issue 10. - 2010. - P. 3106-3113.
16. Dabrovski, Z. Issledovanie chuvstvitel`nosti vibroakusticheskikh signalov k mekhanicheskim povrezhdeniyam kotorykh ne raspoznayutsya sistemoy bortovoy diagnostiki u dizel`nykh dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst] / Z. Dabrovski, M. Zavitsa // Diffusion and Defect Data Pt. B Solid State Phenomena. - 2012. - S. 194-199.
17. Alliluev, V.A. Tekhnicheskaya diagnostika traktorov i zernoborochnykh kombaynov [Tekst] / V.A. Alliluev. - M.: Kolos, 1978. - 287 s.
18. Zhdanovskiy, N.S. Bestormoznye ispytaniya traktornykh dvigateley [Tekst] / N.S. Zhdanovskiy, A.V. Nikolaenko [i dr.]. - M.-L.: Mashinostroenie, 1966. - 177 s.
19. Dobrolyubov, I.P. Dinamicheskii metod diagnostiki avtotraktornykh dvigateley [Tekst]: metodicheskie rekomendatsii SibIME / I.P. Dobrolyubov, V.M. Livshits. - Novosibirsk, 1981. - CH.1. - S. 42-112.
20. Kolchin, A.V. Novye sredstva i metody diagnostirovaniya avtotraktornykh dvigateley [Tekst] / A.V. Kolchin, YU.K. Bobkov. - M.: Kolos, 1982. - 110 s.
21. A.s. 15627270 SSSR. Ustroystvo dlya upravleniya rezhimami prirabotki i diagnostirovaniya dize-lya [Tekst] / A.V. Nikolaenko, S.V. Timokhin [i dr.]; opubl. v B.I. №17. - 1990.
22. Mikhlin, V.M. Avtomaticheskii zadatchik skorostnykh rezhimov raboty dizelya. Tekhnicheskoe zadanie [Tekst] / V.M. Mikhlin, A.V. Kolchin, S.V. Timokhin [i dr.]. - M.: Gosagroprom, 1988. - 11 s.
23. Domke, E.R. Datchiki chastoty vrashcheniya kolenchatogo vala dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst] / E.R. Domke, A.S. Makhonin, N.A. Mukhataev // Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv. - Penza: PGUAS. - 2014. - S. 303-308.
24. Pat. 2490787 Rossiyskaya Federatsiya, MPK H 03 K 5/153. Formirovatel` impul`sov iz signalov induktsionnykh datchikov chastoty vrashcheniya [Tekst] / Mukhataev N. A., Makhonin A.S. [i dr.] - (RU) №2012127587/08; zayav. 02.07.12; opubl. 20.08.13. Byul. № 23.

Makhonin Artem Sergeyevich

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: 440028, Russia, Penza, ul. Titov, 28

Student of «Organization and traffic safety»

E-mail: obd@pguas.ru; 58russia@rambler.ru

УДК 629.3.01

В.П. КАПУСТИН, В.М. ЮЗИК

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований вибрационной нагруженности совместно с расчетами, проведенными в среде Mathcad, при движении эвакуационного поезда по дорогам различного профиля. Были установлены диапазоны резонансных частот, в зоне которых формируются наибольшие нагрузки на элементы конструкции транспортного оборудования. Проведенные исследования позволяют прогнозировать нагрузки, возникающие в конструкциях машин, а также варьировать параметрами эвакуационного поезда с целью получения требуемых характеристик на этапе проектирования.

Ключевые слова: физическая модель, средства эвакуации, транспортное оборудование, ускорения, колебания, профиль.

В статье приняты обозначения и сокращения, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Обозначения и сокращения

Принятые обозначения и сокращения		Наименование переменных, расшифровка сокращений
СЭ	–	средства эвакуации
T_1	–	часть ТрО (щека), прикрепленная жестко к ЭМ
T_2	–	часть ТрО (со стороны траверсы), жестко связанная с ЭФ
ТрО	–	транспортное оборудование
ЦМ	–	центр масс
ЭМ	–	эвакуационная машина
ЭП	–	эвакуационный поезд
ЭТ	–	эвакуационный тягач
ЭФ	–	эвакуационный фонд (эвакофонд)
G_1 и G_2	–	центры масс ЭМ и ЭФ

За последние годы в нашей стране обозначился заметный рост производства автомобильной техники, что отражается на увеличении транспортных потоков и связанных с этим сложностей по своевременной и качественной эвакуации с дорог неисправных и поврежденных автомобилей. Данные функции возложены на ЭМ и ЭТ, оснащенные специальным оборудованием для выполнения комплекса мероприятий по подготовке и эвакуации АТ различных категорий по всем типам дорог. Однако весь перечень мероприятий по созданию ЭМ с необходимыми характеристиками от проектирования до выпуска серийного образца занимает не менее 5 лет, а с учетом возникающих поломок специального оборудования может достигать 8 лет, в связи с чем задание характеристик на этапе проектирования является актуальной задачей.

В качестве объекта расчетно-экспериментальных исследований в статье было рассмотрено основное оборудование СЭ – ТрО, представленное на рисунке 2, расположенное в задней части ЭМ и осуществляющее подъем неисправного или поврежденного автомобиля за заднюю или переднюю часть для эвакуации способом полупогрузки.

Принципиально схема ЭП была составлена на основе ранее проведенных исследований седельного тягача с полуприцепом, отличительной особенностью которой явилось при-

менение вместо седельного устройства автопоезда - ТрО, отличающегося большими жесткостными характеристиками размещенного за свесом шасси СЭ на 1,9–2,1 м. В качестве исходных данных были использованы значения характеристик, представленные в таблице 2, взятые из нормативно-технической документации, в том числе значения параметров ЭМ на базе автомобиля Урал-532362 и ЭФ на базе КАМАЗ-6350.

Таблица 2 - Исходные данные, принятые для расчета физической модели движения эвакопоезда с использованием программы Mathcad

Наименование исходных данных	Ед. изм.	Значения
Масса ЭТ (использовалась Ремонтно-эвакуационная машина колесная легкая (РЭМ-КЛ) на базе автомобиля Урал-532362)	кг	22120
Масса ЭФ	кг	21960
Расстояние от ЦМ ЭМ до 1-го моста по ТУ	м	3,040
Расстояние от ЦМ ЭМ до 2-го моста по ТУ	м	1,640
Расстояние от ЦМ ЭМ до 3-го моста по ТУ	м	1,810
Расстояние от ЦМ ЭМ до 4-го моста по ТУ	м	3,210
Расстояние от ЦМ ЭМ до сцепного устройства ТрО	м	4,770
Расстояние от сцепного устройства ТрО ЭМ до ЦМ эвакофонда	м	4,565
Расстояние от ЦМ ЭФ до его 3-го моста по ТУ	м	1,810
Расстояние от ЦМ ЭФ до его 4-го моста по ТУ	м	3,210
Масса моста в сборе	кг	1200
Жесткость рессоры: - передней,	Н/м	300000
- задней	Н/м	500000
Жесткость шины	Н/м	780000
Жесткость сцепки (стрелы)	Н/м	7800000
Коэффициент неупругого сопротивления подвески	Н·с / м	14000
Амплитуда колебаний (высота прямых волн синусоидального профиля $L=2, 3$ и 4 м)	м	0,035
Времена запаздывания наезда 2 моста на профиль дороги (неровность)	с	0,0700
Времена запаздывания наезда 3 моста ЭМ на профиль дороги (неровность)	с	0,2425
Времена запаздывания наезда 4 моста ЭМ на профиль дороги (неровность)	с	0,3125
Времена запаздывания наезда 3 моста ЭФ на профиль дороги (неровность)	с	0,7093
Времена запаздывания наезда 4 моста ЭФ на профиль дороги (неровность)	с	0,7793

В соответствии с принятой конструктивной схемой ЭП на рисунке 1 представлена его двухмассовая колебательная плоская модель, в которой приняты следующие обозначения:

\ddot{z}_1 и \ddot{z}_2 – вертикальные ускорения подрессоренных масс ЭМ и ЭФ, м/с², соответственно;

$\dot{z}_1(2)$ и \dot{z}_2 – вертикальная скорость центров ЦМ ЭМ и ЭФ, м/с, соответственно;

$\dot{\varphi}_1$ и $\dot{\varphi}_2$ – угловая скорость центров ЦМ ЭМ и ЭФ, рад/с, соответственно;

$z_1(2)$ и $\varphi_1(2)$ – вертикальные и угловые перемещения подрессоренных масс соответственно ЭМ и ЭФ, м и рад;

C_{p1} и C_{p2} - жесткость амортизирующего устройства моста ЭМ и ЭФ, Н/м, соответственно;

C_c – жесткость сцепки (ТрО), Н/м;

$\xi_1 - \xi_6$ – вертикальное перемещение неподрессоренной массы (1–6 мостов, учитываемых в расчетах), м;

$\dot{\xi}_1 - \dot{\xi}_6$ – скорость вертикального перемещения неподрессоренных масс (1–6 мостов, учитываемых в расчетах), м/с;

$l_1 - l_4$ – расстояние от ЦМ ЭМ до 1–4 мостов по ТУ, м, соответственно;

l_5 – расстояние от ЦМ ЭМ до сцепного устройства ТрО, м;

l_6 – расстояние от сцепного устройства ТрО ЭМ до ЦМ ЭФ, м;

$l_7 - l_8$ – расстояние от ЦМ ЭФ до его 3–4-го мостов по ТУ, м;

k – коэффициент неупругого сопротивления, Н·с/м.

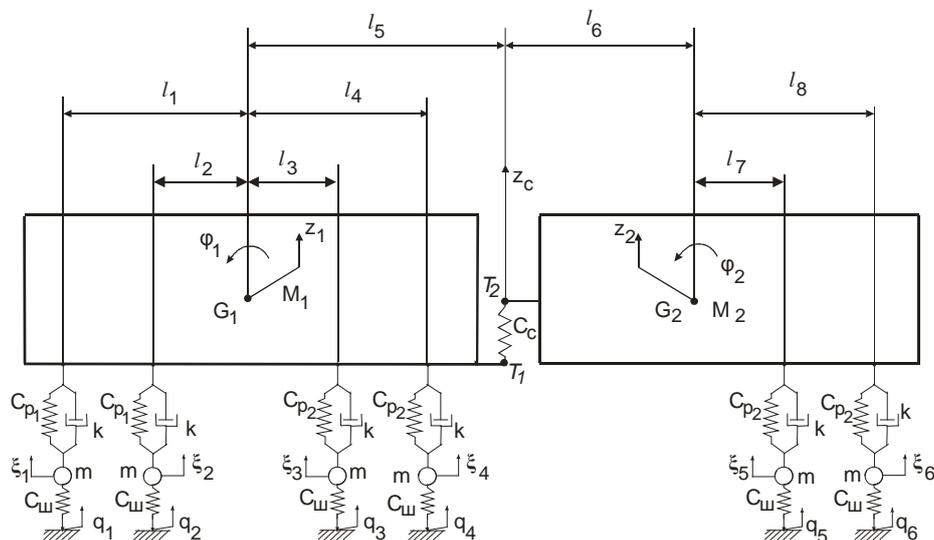


Рисунок 1 – Модель эвакопоезда (букировка эвакофона способом полупогрузки за переднюю часть эвакофона)

При разработке физической модели движения ЭП приняты следующие допущения и ограничения:

- жесткость всех колес принята одинаковая;
- наезд на препятствия колес одного моста происходит одновременно;
- движение ЭП исследуется на прямых волнах синусоидального профиля с длиной волн $L = 2, 3$ и 4 м);
- характеристики упругих элементов приняты линейными. Зависимость боковой реакции опорной поверхности от угла увода принята также линейной;
- коэффициенты демпфирования и предельные величины сухого трения приняты постоянными. Не учитываются ограничения ходов ТрО и проскальзывание отпечатка шин в пятне контакта;
- центр масс автопоезда имеет постоянную скорость;
- автопоезд движется прямолинейно и симметричен относительно поперечной плоскости;
- колебания автопоезда не учитываются;
- реакции колес 5 и 6 мостов ЭП на дорогу не воздействуют и не учитываются;
- рамы тягача и буксируемого автомобиля рассматриваются как недеформируемые;
- угол подъема закрепленного неисправного автомобиля на ТрО не учитывается;
- углы поворота управляемых колес ЭТ и углы складывания и кренов подрессоренных масс не учитываются, их синусы и тангенсы приравнены к самим углам в радианах, а косинусы углов - к единице.

Выделены основные элементы конструкции, определяющие качество поддрессоривания автомобиля:

- поддрессоренная масса ЭМ и ЭФ, включающая все агрегаты, узлы и детали, вес которых воспринимается рессорами;
- неподдрессоренная часть ЭМ и ЭФ, включающая все агрегаты, узлы и детали, вес которых не воспринимается рессорами;
- подвеска, представляющая собой устройство, обеспечивающее передачу сил от колес к поддрессоренной части ЭМ и ЭФ;
- шины, обеспечивающие надежный контакт колес с поверхностью дороги и смягчающие динамические воздействия со стороны неровностей дороги на неподдрессоренные части.

С учетом приведенных ранее ограничений и допущений модель принимает вид:

а) для поддрессоренной массы:

$$\begin{cases} M_1 \cdot \ddot{z}_1 = C_{p1} \cdot [\xi_1 - (z_1 - l_1 \cdot \varphi_1)] + C_{p1} \cdot [\xi_2 - (z_1 - l_2 \cdot \varphi_1)] + \\ + C_{p2} \cdot [\xi_3 - (z_1 + l_3 \cdot \varphi_1)] + C_{p2} \cdot [\xi_4 - (z_1 + l_4 \cdot \varphi_1)] + \\ + C_c \cdot [(z_2 - l_6 \cdot \varphi_2) - (z_1 + l_5 \cdot \varphi_1)] + k \cdot [\xi_1 - (z_1 - l_1 \cdot \varphi_1)] + \\ + k \cdot [\xi_2 - (z_1 - l_2 \cdot \varphi_1)] + k \cdot [\xi_3 - (z_1 + l_3 \cdot \varphi_1)] + \\ + k \cdot [\xi_4 - (z_1 + l_4 \cdot \varphi_1)], \\ M_2 \cdot \ddot{z}_2 = C_{p2} \cdot [\xi_5 - (z_2 + l_7 \cdot \varphi_2)] + C_{p2} \cdot [\xi_6 - (z_2 + l_8 \cdot \varphi_2)] + \\ + C_c \cdot [(z_1 + l_5 \cdot \varphi_1) - (z_2 - l_6 \cdot \varphi_2)] + k \cdot [\xi_5 - (z_2 + l_7 \cdot \varphi_2)] + \\ + k \cdot [\xi_6 - (z_2 + l_8 \cdot \varphi_2)], \end{cases} \quad (1)$$

где

$$k = 0,25 \cdot \frac{M}{\Delta} \cdot C_p \quad (2)$$

б) для неподдрессоренных масс:

$$\begin{cases} m \cdot \ddot{\xi}_1 = -C_{p1} \cdot [\xi_1 - (z_1 - l_1 \cdot \varphi_1)] - k \cdot [\xi_1 - (z_1 - l_1 \cdot \varphi_1)] + C_m \cdot (q_1 - \xi_1), \\ m \cdot \ddot{\xi}_2 = -C_{p1} \cdot [\xi_2 - (z_1 - l_2 \cdot \varphi_1)] - k \cdot [\xi_2 - (z_1 - l_2 \cdot \varphi_1)] + C_m \cdot (q_2 - \xi_2), \\ m \cdot \ddot{\xi}_3 = -C_{p2} \cdot [\xi_3 - (z_1 + l_3 \cdot \varphi_1)] - k \cdot [\xi_3 - (z_1 + l_3 \cdot \varphi_1)] + C_m \cdot (q_3 - \xi_3), \\ m \cdot \ddot{\xi}_4 = -C_{p2} \cdot [\xi_4 - (z_1 + l_4 \cdot \varphi_1)] - k \cdot [\xi_4 - (z_1 + l_4 \cdot \varphi_1)] + C_m \cdot (q_4 - \xi_4), \\ m \cdot \ddot{\xi}_5 = -C_{p2} \cdot [\xi_5 - (z_2 + l_7 \cdot \varphi_2)] - k \cdot [\xi_5 - (z_2 + l_7 \cdot \varphi_2)] + C_m \cdot (q_5 - \xi_5), \\ m \cdot \ddot{\xi}_6 = -C_{p2} \cdot [\xi_6 - (z_2 + l_8 \cdot \varphi_2)] - k \cdot [\xi_6 - (z_2 + l_8 \cdot \varphi_2)] + C_m \cdot (q_6 - \xi_6), \end{cases} \quad (3)$$

где $\ddot{\xi}_{1(2-6)}$ – вертикальные ускорения неподдрессоренной массы (1–6 мостов), м/с²;

q_{1-6} – реакция профиля дороги применительно к каждому мосту:

$$q_{1(2-6)} = a \cdot \sin[\omega \cdot (t - \tau_{2(3-6)})], \quad (4)$$

где a – амплитуда неровности профиля дорог, м;

t – время наезда на неровности дорог 1-м мостом, с;

ω – частота воздействия неровностей профиля дорог на колеса автомобиля, Гц:

$$\omega = \frac{v}{r} \cdot 2\pi, \quad (5)$$

где τ – промежуток времени между контактом 1(и всех последующих) колес с опорной поверхностью (время запаздывания).

$$\tau_2 = \frac{l_1 - l_2}{v}, \quad (6)$$

$$\tau_3 = \frac{l_1 + l_3}{v}, \quad (7)$$

$$\tau_4 = \frac{l_1 + l_4}{v}, \quad (8)$$

$$\tau_5 = \frac{l_1 + l_5 + l_6 + l_7}{v}, \quad (9)$$

$$\tau_6 = \frac{l_1 + l_5 + l_6 + l_8}{v}. \quad (10)$$

в) для угловых колебаний ЭМ и ЭФ:

$$\begin{aligned} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = & -l_1 \cdot C_{p1} \cdot [\xi_1 - (z_1 - l_1 \cdot \varphi_1)] - l_2 \cdot C_{p1} \cdot [\xi_2 - (z_1 - l_2 \cdot \varphi_1)] + \\ & + l_3 \cdot C_{p2} \cdot [\xi_3 - (z_1 + l_3 \cdot \varphi_1)] + l_4 \cdot C_{p2} \cdot [\xi_4 - (z_1 + l_4 \cdot \varphi_1)] + \\ & + l_5 \cdot C_c \cdot [(z_2 - l_6 \cdot \varphi_2) - (z_1 + l_5 \cdot \varphi_1)] - l_1 \cdot k \cdot [\xi_1 - (z_1 - l_1 \cdot \varphi_1)] + \\ & + l_2 \cdot k \cdot [\xi_2 - (z_1 - l_2 \cdot \varphi_1)] + l_3 \cdot k \cdot [\xi_3 - (z_1 + l_3 \cdot \varphi_1)] + \\ & + l_4 \cdot k \cdot [\xi_4 - (z_1 + l_4 \cdot \varphi_1)], \\ J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = & l_7 \cdot C_{p2} \cdot [\xi_5 - (z_2 + l_7 \cdot \varphi_2)] + l_8 \cdot C_{p2} \cdot [\xi_6 - (z_2 + l_8 \cdot \varphi_2)] - \\ & - l_6 \cdot C_c \cdot [(z_1 + l_5 \cdot \varphi_1) - (z_2 - l_6 \cdot \varphi_2)] + l_7 \cdot k \cdot [\xi_5 - (z_2 + l_7 \cdot \varphi_2)] + \\ & + l_8 \cdot k \cdot [\xi_6 - (z_2 + l_8 \cdot \varphi_2)]. \end{aligned} \quad (11)$$

где $\ddot{\varphi}_{1(2)}$ – продольно-угловые ускорения соответственно ЭМ и ЭФ, рад/с²;

$J_{1(2)}$ – моменты инерции масс относительно поперечной плоскости ЭМ и ЭФ, кг·м²:

$$J_{1(2)} = M_{1(2)} \cdot \rho_{1(2)}^2, \quad (12)$$

где $\rho_{1(2)}$ – радиусы инерции ЭМ и ЭФ, м:

$$\rho_1 = \frac{(l_1 + l_2)}{2}, \quad (13)$$

$$\rho_2 = \frac{(l_7 + l_8)}{2}. \quad (14)$$

На рисунке 2 показаны результаты экспериментальных исследований вертикальных ускорений, возникающих на щеке ТрО при движении ЭП по неровностям синусоидального профиля с $L = 2, 3$ и 4 м ЭП при пяти скоростях движения – совместно с расчетными, полученными моделированием в среде Mathcad. Количество исследований в ходе эксперимента ограничено выбранных скоростей обусловлена значительными финансовыми затратами и проблемами, возникающими с ЭП по причине воздействующих на него нагрузок.

При сопоставлении, представленных на рисунке 2, результатов экспериментальных исследований с расчетными значениями, полученными моделированием в среде Mathcad установлено:

- максимальные вибрационные ускорения достигают 14 м/с^2 при движении ЭП по синусоидальному профилю $L=2$ м;

-вибрационные ускорения достигают максимальных величин при движении ЭП по синусоидальному профилю, в пределах значений скорости от 10 до 13 км/ч .

Кроме того, выполнены расчеты ускорений при дискретном изменении нагрузок на ТрО (с различными геометрическими и массовыми характеристиками ЭФ) и при разных скоростях движения на дорогах со случайным профилем. Результаты теоретических исследований позволили выработать предложения по уточнению требований к СЭ и их типу.

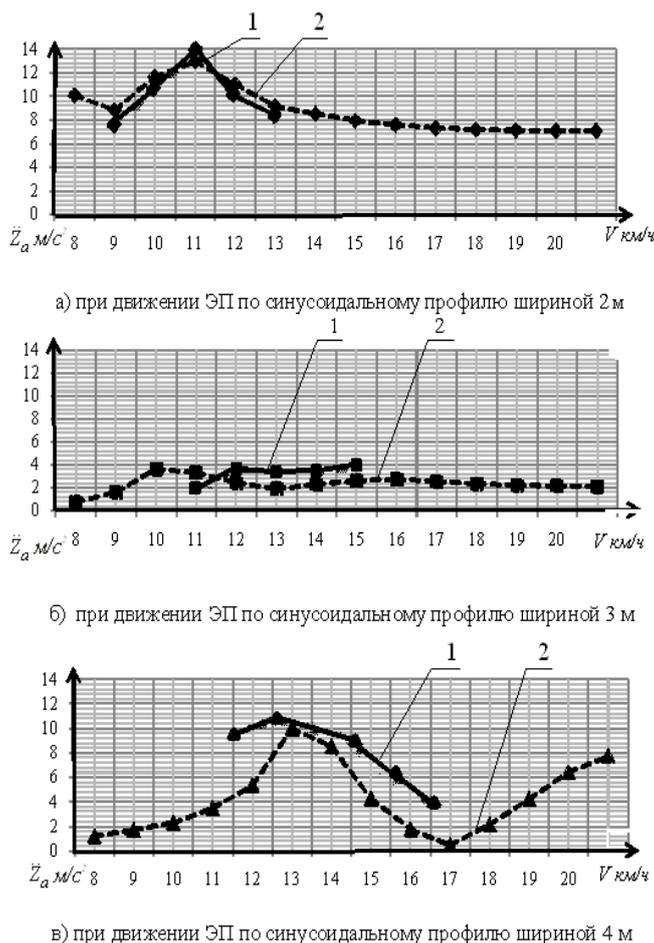


Рисунок 2 – Значения вертикальных ускорений, полученных экспериментальным путем и моделированием в среде Mathcad
 значения вертикальных ускорений: 1 –экспериментальных; 2 – расчетных

Важным итогом моделирования было получение не только близких к экспериментальным значений ускорений, но, главным образом, установление резонансных частот (0,9-1,5 Гц), при которых формируются наибольшие нагрузки на элементы конструкции ТрО. Так, значения максимальных резонансных ускорений на различных дорогах синусоидального профиля составляют для 2 м – 13; для 3 м – 10; и для 4 м – 3,8 м/с².

Проверкой адекватности модели установлена сходимость экспериментальных результатов полученных на синусоидальном профиле со значениями, полученными моделированием в среде Mathcad. Таким образом, представляется возможность варьирования параметрами ЭП с целью получения необходимых характеристик на этапе проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безверхий, С.В. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей [Текст] / С.В. Безверхий, Н.Н. Яценко. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 142 с.
2. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов [Текст]. – М: ФИЗМАТГИЗ Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. - 856 с.
3. Глущенко, С. В. Способ экспериментального определения коэффициента сопротивления качению боевой гусеничной машины [Текст] / С.В. Глущенко, А.В. Дойнов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет-УНПК. – 2013. - № 1(40). - С. 48-59.
4. Евтюков, С.А. Экспериментальные исследования параметров установившегося замедления и тормозного пути транспортных средств [Текст] / С.А. Евтюков, И.С. Брылев // Мир транспорта и технологических машин. - №4. - 2014. - С. 125-130.

5. Зорин, В.А. Требования безопасности к наземным транспортным системам [Текст]: учебник / В. А. Зорин, В. А. Даугелло, Н. С. Севрюгина. – Белгород :БелГТУ, 2009. – 186 с. (10,8/4,3 п.л.).
6. Устименко, В.С. Испытания АТС на надежность. Проблемы и способы их решения [Текст] / В. С. Устименко, В. П. Капустин, В. В. Алимуратов [и др.] // Грузовик &. – № 4. – 2011. – С. 26-34.
7. Капустин, В.П. Методические основы ускоренных испытаний отдельных узлов транспортных средств специального назначения [Текст] / В.П. Капустин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2012. – 154 с.
8. Капустин, В.П. Основные результаты исследований динамической нагруженности транспортного оборудования эвакуационной машины [Текст] / В.П. Капустин // Грузовик &. - 2010. - № 5. - С. 23-25.
9. Капустин, В.П. Теоретические исследования с использованием математической модели колебательной системы эвакопоезда [Текст] / В.П. Капустин // Грузовик &. - 2010. - № 4. - С. 25-27.
10. Плис, А.И. Mathcad: математический практикум [Текст]: учебное пособие / А. И. Плис, Н. А. Сливина. – М.: Финансы и статистика, 1999. - 656 с.
11. Баранов, Ю.Н. Математическая модель построения алгоритма на основе структурного подхода при создании транспортных интеллектуальных систем [Текст] / Ю. Н. Баранов, Н. А. Загородних, А. П. Трясцин [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. – № 3(50). – 2015. – С. 96-103.
12. Методические указания. Надежность в технике. Ускоренные испытания. Основные положения. РД 50-424-83. – М.: ВНИИИМАШ, – 1983. – 27 с.
13. Павлов, В.А. Транспортные прицепы и полуприцепы [Текст] / В.А. Павлов, С.А. Муханов. - М.: Воениздат, 1981. - 191 с.
14. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] / Г.С. Писаренко. – Киев: Наукова думка, 1975. – 704 с.
15. Перчаткин, Ю. В. Расчет основных параметров прицепного состава к колесным тракторам [Текст] / Ю.В. Перчаткин, В.И. Миркитанов, В.И. Рассоха // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2013. - № 1(40). - С. 40-48.
16. Половко, А.М. Сборник задач по теории надежности [Текст] / А.М. Половко, И.М. Маликов. – М.: Советское радио, 1972. – 408 с
17. Ротенберг, Р. В. Подвеска автомобиля и его колебания [Текст] / Р.В. Ротенберг. – М.: МАШГИЗ, 1960. - 356 с.
18. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст]: учебное пособие / В.Е. Гмурман. – М.: Высшее образование, 2008. - 11-е изд.. – 404 с
19. Хачатуров, А.А. Расчет эксплуатационных параметров движения автомобиля и автопоезда [Текст] / А.А. Хачатуров, В.Л. Афанасьев, В.С. Васильев. – М.: Транспорт, 1982. – 264 с.
20. Яценко, Н.Н. Плавность хода грузовых автомобилей [Текст] / Н.Н. Яценко, О.К. Прутчиков. – М.: Машиностроение, 1968. – 220 с.
21. Styles, D.D. Simulation of Random Environments for Structural Dynamics Testing [Text] / D.D. Styles, C.J. Dodd. - Experimental Mechanics, 1976.

Капустин Владимир Павлович

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Адрес: Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильная подготовка»

E-mail: kap_wp@mail.ru

Юзик Валентин Михайлович

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Адрес: Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»

Слушатель

V.P. KAPUSTIN, V.M. YUSIK

**MATHEMATICAL MODELING OF OSCILLATING
SYSTEM TRAIN EVACUATION**

The paper presents a version of the calculation loads encountered in complex systems in the evacuation of faulty equipment on various types of roads. These calculations developed a mathematical model of an effective means of predicting pre-loading of vibrostationary TPO in various test conditions.

Keywords: *mathematical model, means of evacuation, transport equipment, acceleration, vibration profile.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bezverkhii, S.V. Osnovy tekhnologii poligonnykh ispytaniy i sertifikatsiya avtomobiley [Tekst] / S.V. Bezverkhii, N.N. Yatsenko. - M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 1996. - 142 s.
2. Belyaev, N.M. Soprotivlenie materialov [Tekst]. - M: FIZMATGIZ Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury, 1959. - 856 s.
3. Glushchenko, S. V. Sposob eksperimental'nogo opredeleniya koeffitsienta soprotivleniya kacheniyu boevoy gusenichnoy mashiny [Tekst] / S.V. Glushchenko, A.V. Doynov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosunivversitet-UNPK. - 2013. - № 1(40). - S. 48-59.
4. Evtyukov, S.A. Eksperimental'nye issledovaniya parametrov ustanovivshegosya zamedleniya i tormoznogo puti transportnykh sredstv [Tekst] / S.A. Evtyukov, I.S. Brylev // Mir transporta i tekhnologicheskikh ma-shin. - №4. - 2014. - S. 125-130.
5. Zorin, V.A. Trebovaniya bezopasnosti k nazemnym transportnym sistemam [Tekst]: uchebnik / V. A. Zorin, V. A. Daugello, N. S. Sevryugina. - Belgorod :BelGTU, 2009. - 186 c. (10,8/4,3 p.l.).
6. Ustimenko, V.S. Ispytaniya ATS na nadezhnost'. Problemy i sposoby ikh resheniya [Tekst] / V. S. Ustimenko, V. P. Kapustin, V. V. Alimuradov [i dr.] // Gruzovik &. - № 4. - 2011. - S. 26-34.
7. Kapustin, V.P. Metodicheskie osnovy uskorennykh ispytaniy otdel'nykh uzlov transportnykh sredstv spetsial'nogo naznacheniya [Tekst] / V.P. Kapustin. - Voronezh: VUNTS VVS "VVA", 2012. - 154 s.
8. Kapustin, V.P. Osnovnye rezul'taty issledovaniy dinamicheskoy nagruzhennosti transportnogo oborudovaniya evakuatsionnoy mashiny [Tekst] / V.P. Kapustin // Gruzovik &. - 2010. - № 5. - S. 23-25.
9. Kapustin, V.P. Teoreticheskie issledovaniya s ispol'zovaniem matematicheskoy modeli kolebatel'noy sistemy evakopoezda [Tekst] / V.P. Kapustin // Gruzovik &. - 2010. - № 4. - S. 25-27.
10. Plis, A.I. Mathcad: matematicheskiy praktikum [Tekst]: uchebnoe posobie / A. I. Plis, N. A. Sli-vina. - M.: Finansy i statistika, 1999. - 656 s.
11. Baranov, YU.N. Matematicheskaya model' postroeniya algoritma na osnove strukturnogo podkhoda pri sozdanii transportnykh intellektual'nykh sistem [Tekst] / YU. N. Baranov, N. A. Zagorodnikh, A. P. Tryastin [i dr.] // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 3(50). - 2015. - S. 96-103.
12. Metodicheskie ukazaniya. Nadezhnost' v tekhnike. Uskorennyye ispytaniya. Osnovnye polozheniya. RD 50-424-83. - M.: VNIINMASH, - 1983. - 27 s.
13. Pavlov, V.A. Transportnye pritsepy i polupritsepy [Tekst] / V.A. Pavlov, S.A. Mukhanov. - M.: Voenizdat, 1981. - 191 s.
14. Pisarenko, G.S. Spravochnik po soprotivleniyu materialov [Tekst] / G.S. Pisarenko. - Kiev: Naukova dumka, 1975. - 704 s.
15. Perchatkin, YU. V. Raschet osnovnykh parametrov pritsepnogo sostava k kolesnym traktoram [Tekst] / YU.V. Perchatkin, V.I. Mirkitanov, V.I. Rassokha // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2013. - № 1(40). - S. 40-48.
16. Polovko, A.M. Sbornik zadach po teorii nadezhnosti [Tekst] / A.M. Polovko, I.M. Malikov. - M: Sovetskoe radio, 1972. - 408 s
17. Rotenberg, R. V. Podveska avtomobilya i ego kolebaniya [Tekst] / R.V. Rotenberg. - M.: MASHGIZ, 1960. - 356 s.
18. Gmurman, V.E. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [Tekst]: uchebnoe posobie / V.E. Gmurman. - M.: Vysshee obrazovanie, 2008. - 11-e izd.. - 404 s
19. Hachaturov, A.A. Raschet ekspluatatsionnykh parametrov dvizheniya avtomobilya i avtopoezda [Tekst] / A.A. Hachaturov, V.L. Afanas'ev, V.S. Vasil'ev. - M.: Transport, 1982. - 264 s.
20. Yatsenko, N.N. Plavnost' khoda gruzovykh avtomobiley [Tekst] / N.N. Yatsenko, O.K. Prutchikov. - M.: Mashinostroenie, 1968. - 220 s.
21. Styles, D.D. Simulation of Random Environments for Structural Dynamics Testing [Text] / D.D. Styles, C.J. Dodd. - Experimental Mechanics, 1976.

Kapustin Vladimir Pavlovich

Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor NE Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»

Address: Russia, 394064, Voronezh, ul. Old Bolsheviks, 54 «A»

Kand. tehn. professor of «Car training»

E-mail: kap_wp@mail.ru

Yusik Valentin Mihaylovich

Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor NE Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»

Address: Russia, 394064, Voronezh, ul. Old Bolsheviks, 54 «A»

Listener

УДК 621.224.6

Р.М. ШАХБАНОВ

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАВИТАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСАХ

Одним из важных явлений, влияющих на работу и ресурс центробежных насосов является кавитация. Повышение всасывающей способности центробежных насосов является одной из приоритетных задач современного насосостроения. Высокий кавитационный коэффициент быстроходности при заданных кавитационных запасах обеспечивают большую частоту вращения и соответственно меньшие габариты насоса, а при заданной частоте вращения они могут работать с меньшими кавитационными запасами. В данной статье выполнено численное моделирование проточной части с использованием двухфазной среды для исследования кавитации в рабочих элементах центробежного насоса. В результате расчета был получен требуемый кавитационный запас и построена кавитационная характеристика насоса.

Ключевые слова: центробежный насос, кавитационный запас, NPSH, двухфазная среда, всасывающая способность, коэффициент быстроходности, кавитационная характеристика.

ВВЕДЕНИЕ

Условия работы некоторых промышленных насосов предполагают высокую всасывающую способность и соответственно низкий подпор на входном патрубке насоса. При этом возникает необходимость, чтобы центробежный насос работал без кавитации, которая неизбежно возникает при низких давлениях жидкости и может привести к срыву работы насоса, а также износу его рабочих элементов.

Высокая всасывающая способность насосов ракетных двигателей дает возможность увеличить частоту вращения вала ТНА, что снижает габариты и массу двигательной установки. Для этих целей в центробежных насосах применяют совмещенную ступень, состоящую из шнека и рабочего колеса. Шнек значительно влияет на работу центробежного насоса, улучшая его кавитационную характеристику. Он позволяет развить требуемый напор перед рабочим колесом, что необходимо для безкавитационной работы аппарата. Аналогичное решение применяется в нефтяных подпорных насосах, которые устанавливаются в магистралях с низким давлением на входе [1, 2, 3].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

При проектировании шнека и центробежного рабочего колеса необходимо учитывать тот факт, что они работают совместно и их геометрические параметры и характеристики должны быть взаимно увязаны. От их правильного согласования гидравлических и кавитационных характеристик этих колес зависит работа насоса, а именно его антикавитационные свойства и эффективность [4, 5].

Шнеко-центробежный насос на рабочих режимах обычно работает с наличием очагов кавитации в проточной части, т.е. по существу является в процессе эксплуатации кавитирующим насосом. Однако наличие этих очагов кавитации, локализованных в определенных областях, не должно значительно отображаться на работе насоса, а именно на создаваемый напор [6].

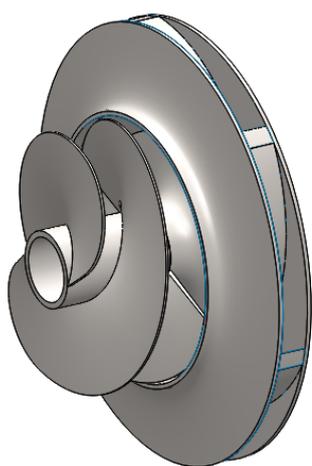
Для избежания развития кавитации в центробежном насосе давление жидкости в элементах насоса должно быть выше давления насыщенных паров при рабочей температуре. Количественный показатель - это кавитационный запас NPSH. Кавитационный запас выражается как разность между давлением на входе в насос и давлением насыщенных паров.

В качестве примера рассмотрим работу подпорного насоса с рабочими параметрами: подача $Q = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, напор $H = 160 \text{ м}$, частота вращения $n = 1500 \text{ об/мин}$, кавитационный запас менее 2,2 м.

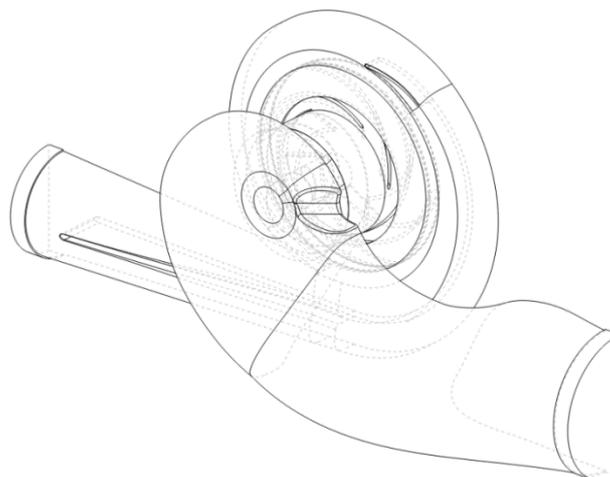
Параметризованная 3D модель шнекоцентробежной ступени показана ниже на рисунке 1, а. Параметризация геометрии позволяет в автоматическом режиме изменять конструкцию шнека и рабочего колеса, что необходимо для оптимизации геометрии проточной части насоса. Геометрические параметры оптимизированной ступени приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Геометрические параметры шнекоцентробежной ступени

Наружный диаметр шнека	420 мм
Шаг шнека на входе	132 мм
Шаг шнека на выходе	255 мм
Осевая длина шнека	190 мм
Количество лопаток шнека	2
Входной диаметр РК	430 мм
Выходной диаметр РК	706 мм
Угол лопатки на входе	$8.7^\circ\text{-}16^\circ$
Угол лопатки на выходе	15°
Количество лопаток РК	6



а)



б)

Рисунок 1 – Параметрическая модель шнекоцентробежной ступени:
а) шнекоцентробежная ступени; б) проточная часть подпорного насоса

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНОЙ СРЕДЫ

Анализ течения двухфазной среды в проточной части центробежного насоса основан на решении базовых уравнений гидродинамики [13, 14]. В случае трехмерного, изотермического, несжимаемого течения это,

- уравнение сохранения массы (уравнение неразрывности):

$$\frac{\partial(r_\alpha \rho_\alpha)}{\partial t} + \frac{\partial(r_\alpha \rho_\alpha u^i)}{\partial x^i} = \dot{S}_\alpha; \quad (1)$$

- уравнение сохранения количества движения (уравнение Навье-Стокса):

$$\frac{\partial(\rho_m u^i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_m u^j u^i)}{\partial x^j} = -\frac{\partial P}{\partial x^i} + \rho_m r_\alpha g^i + \frac{\partial(\tau^{ij})}{\partial x^j}, \quad (2)$$

где r_α – объемная доля фазы α ;

u^i – компонента абсолютной скорости;

ρ_α – плотность фазы α ;

\dot{S}_α – массовая доля фазы α ;

P – давление;

τ^{ij} – тензор напряжений выражается;

ρ_m, μ_m – плотности и вязкость смеси.

$$\tau^{ij} = \mu_m \left(\frac{\partial u^i}{\partial x^j} + \frac{\partial u^j}{\partial x^i} \right). \quad (3)$$

Уравнение межфазного массообмена для \dot{S}_α записываются в виде:

$$\sum_{\alpha=1}^N \dot{S}_\alpha = 0. \quad (4)$$

У нас также есть ограничение, что фазы должны наполнять весь доступный объем:

$$\sum_{\alpha=1}^N r_\alpha = 1. \quad (5)$$

Уравнения (1), (2) и (5) вместе образуют замкнутую систему, включающую $(N + 4)$ уравнения и $(N + 4)$ неизвестных, где N -число фаз. Для удобства, заменяем одно из фазовых уравнений непрерывности суммой всех уравнений непрерывности разделенных по соответствующим плотностям:

$$\sum_{\alpha=1}^N \frac{1}{\rho_\alpha} \left(\frac{\partial \rho_\alpha}{\partial t} + \frac{\partial(r_\alpha \rho_\alpha u^i)}{\partial x^i} - \dot{S}_\alpha \right) = 0. \quad (6)$$

Когда все фазы несжимаемы, то это уравнение упрощается.

Кавитация включает в себя паровую и жидкую фазы:

$$\dot{S}_v = -\dot{S}_l = \dot{S}_{lv}, \quad (7)$$

Тогда уравнение (6) сокращается

$$\frac{\partial u^i}{\partial x^i} = \dot{S}_{lv} \left(\frac{1}{\rho_v} - \frac{1}{\rho_l} \right). \quad (8)$$

Когда поток является турбулентным, скорости в приведенных выше уравнениях представляются осредненными по Рейнольдсу. При этом в уравнениях движения появляется до-

полнительный член – тензор напряжений Рейнольдса [16, 17]. Эти напряжения моделируются с помощью вихревой вязкости, используемой в $k - \varepsilon$ и SST моделях турбулентности [7, 8, 9].

МОДЕЛЬ КАВИТАЦИИ

Уравнение Рэлея-Плессета позволяет описывать рост пузырька в жидкости:

$$R_B \frac{d^2 R_B}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR_B}{dt} \right)^2 + \frac{2\sigma}{R_B} = \frac{P_v - P}{\rho_l}, \quad (9)$$

где R_B - радиус пузыря;

σ - коэффициент поверхностного натяжения;

P_v - давление насыщенных паров.

Пренебрегая членами второго порядка и поверхностным натяжением, получаем упрощенное выражение

$$\frac{dR_B}{dt} = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{P_v - P}{\rho_l}}. \quad (10)$$

Скорость изменения массы одного пузыря определяется как

$$\frac{dm_B}{dt} = 4\pi R_B^2 \rho_v \sqrt{\frac{2}{3} \frac{P_v - P}{\rho_l}}. \quad (11)$$

Если N_B - количество пузырей в единице объема, то мы можем выразить объем фракции пара как

$$r_v = V_B N_B = \frac{4}{3} \pi R_B^3 N_B, \quad (12)$$

$$\dot{S}_{lv} = \frac{3r_v \rho_v}{R_B} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{P_v - P}{\rho_l}}. \quad (13)$$

Эта модель была получена, предполагая рост пузыря (парообразование). Она также может быть обобщена на конденсацию следующим образом:

$$\dot{S}_{lv} = F \frac{3r_v \rho_v}{R_B} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{|P_v - P|}{\rho_l}} \text{sign}(P_v - P), \quad (14)$$

где F – эмпирический калибровочный коэффициент.

Эта модель хорошо работает для конденсации. Тем не менее, физически неверно (и численно неустойчиво) применять эту модель к парообразованию. Одним из ключевых предположений при выводе является то, что кавитационные пузырьки не взаимодействуют друг с другом. Это правдоподобно только во время самых ранних стадий кавитации, когда только появляется очаг кавитации и кавитационный пузырек начинает расти. Как только объем паров увеличивается, плотность образования пузырей должна соответственно уменьшаться. Имея это в виду, заменяем r_v на $r_{\text{нuc}}(1 - r_v)$ в течение парообразования, где $r_{\text{нuc}}$ - объемная доля зарождающихся пузырьков. R_B интерпретируется как радиус зародыша пузырька [18, 19, 20].

В итоге модель кавитации принимает следующий вид:

$$\dot{S}_{lv} = \begin{cases} F_{vap} \frac{3r_{nuc}(1-r_v)\rho_v}{R_B} \sqrt{\frac{2|P_v - P|}{3\rho_l}}, & \text{if } P < P_v, \\ F_{cond} \frac{3r_v\rho_v}{R_B} \sqrt{\frac{2|P_v - P|}{3\rho_l}}, & \text{if } P > P_v. \end{cases} \quad (15)$$

Параметры модели, которые хорошо работают для различных флюидов: $R_B = 10^{-6}$ м, $r_{nuc} = 5 \cdot 10^{-4}$ м, $F_{vap} = 50$ и $F_{cond} = 0.01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КАВИТАЦИОННОГО РАСЧЕТА

В данном разделе приведены результаты трехмерного моделирования турбулентного потока с учетом двухфазной среды. В результате стационарного расчета насоса при подаче $Q = 3000$ м³/ч получили напор $H = 161,68$ м. Гидравлический КПД насоса при этом составляет 89,3%. Полная мощность насоса 1470,9 кВт. На рисунке 2 представлено распределение скоростей в проточной части насоса в виде линий тока.

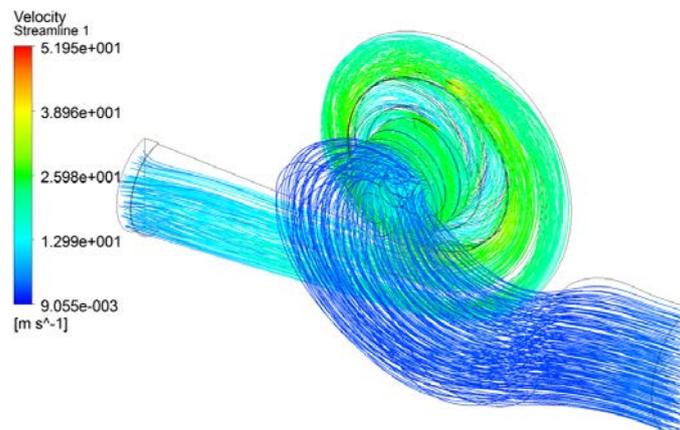
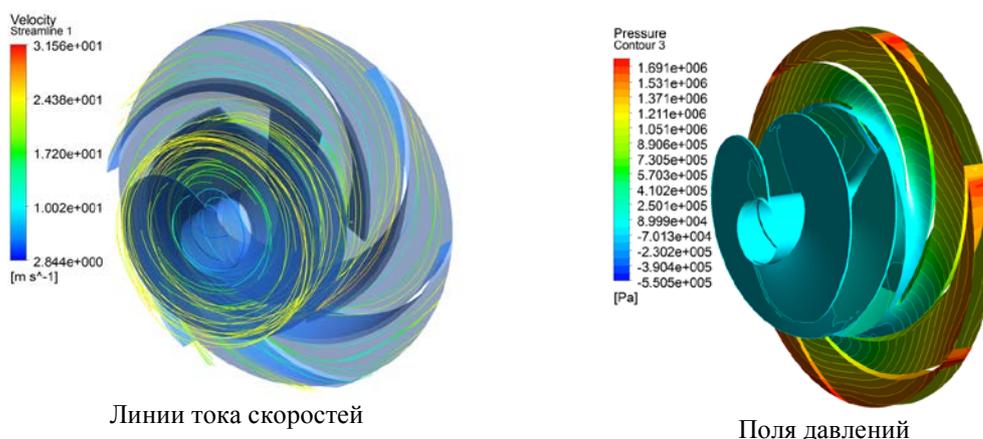


Рисунок 2 – Линии тока скоростей в проточной части насоса



Линии тока скоростей

Поля давлений

Рисунок 3 – Картина течения в шнекоцентробежной ступени

Для определения кавитационного запаса необходимо было провести серию CFD расчетов с переменным параметром NPSH (напор на всасывающей патрубке насоса). Постепенно уменьшая NPSH, измеряли полный напор, создаваемый насосом. Расчет проводится до тех пор пока напор не снизится до 3 %. Эта точка является кавитационным

запасом NPSHr. В результате этих расчетов была построена кавитационная характеристика насоса (рис. 4).

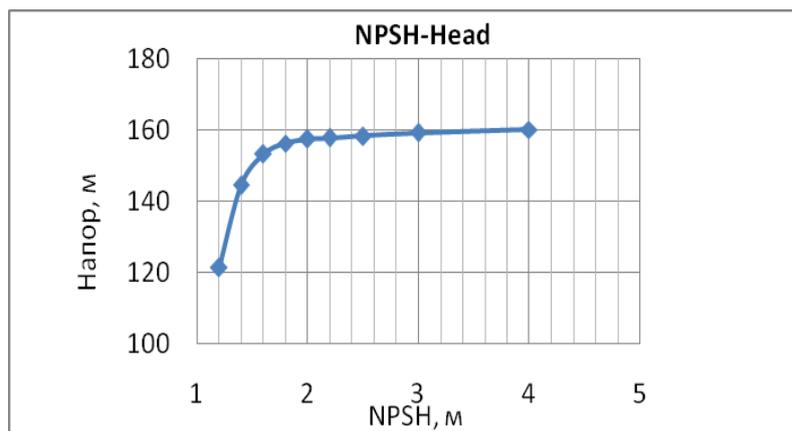


Рисунок 4 – Кавитационная характеристика подпорного насоса

Как видно из графика напор, создаваемый насосом, постепенно, снижается при уменьшении давления на входе до определенной величины критической величины $NPSH = 2,0$ м. Для наглядности покажем развитие кавитации в рабочем колесе на рисунке 5 (зоны обозначены зеленым цветом). При дальнейшем уменьшении NPSH каверны достигают выхода из колеса, а затем простираются и за его пределы. При этом напор и мощность начинают стремительно падать, что соответствует режиму развитой кавитации в насосе (суперкавитации).

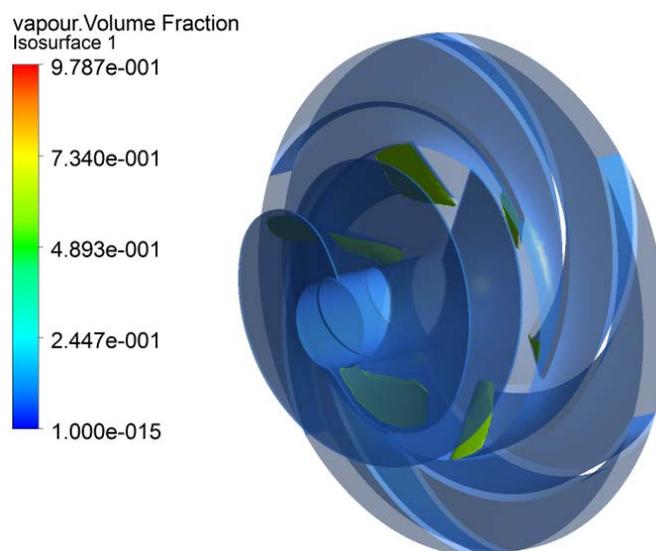


Рисунок 5 – Кавитация в шнекоцентробежной ступени насоса

Из рисунка 5 видно, что кавитация начинается на тыльной стороне лопатки шнека и на всасывающей стороне лопатки рабочего колеса рядом с входной кромкой лопатки в зонах низкого давления. С развитием этого процесса зона кавитации будет охватывать все больший объем межлопаточного канала.

Таким образом, вычислительные эксперименты с применением современных численных методов CFD анализа позволяют с достаточной точностью описывать кавитационные явления в насосе и могут быть использованы для оптимизации проточной части центробежных насосов по кавитационному запасу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенштейн, М.Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности [Текст] / М.Д. Айзенштейн. – М.: Гостоптехиздат, 1957. - 358 с.
2. Михайлов, А.К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование [Текст] / А.К. Михайлов, В.В. Малюшенко. - М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
3. Петров, В.И. Кавитация в высокооборотных лопастных насосах [Текст] / В.И. Петров, В.Ф. Чебаевский. - М.: Машиностроение, 1982. - 192 с.
4. Овсянников, Б.В. Высокооборотные лопаточные насосы [Текст] / Б.В. Овсянников, В.Ф. Чебаевский. - М.: Машиностроение, 1975. - 336 с.
5. Овсянников, Б.В. Расчет и проектирование шнекоцентробежного насоса [Текст]: учебное пособие / Б.В. Овсянников, В.С. Селифонов, В.В. Черваков. – Изд-во МАИ, 1996. – 72 с.
6. Овсянников, В.Б. Расчет высокооборотных центробежных насосов [Текст]: учебное пособие / В.Б. Овсянников. - М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1959. - 53 с.
7. Шапиро, А.С. Расчет всасывающей способности центробежных насосов [Текст] / А.С. Шапиро, С.С. Панаиотти, А.А. Артемьев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2007. - N 9. - С. 35-39.
8. Bardina, J.E. Turbulence Modeling Validation, Testing and Development [Text] / J.E. Bardina, P.G. Huang, T.J. Coakley // NASA reports – April 1997.
9. Wilcox, David C. Turbulence Modeling for CFD [Text] / David C. Wilcox. - Second edition. Anaheim: DCW Industries, 1998. – 174 p.
10. Biswas G. Turbulent Flows – Fundamentals, Experiments and Modeling [Text] / G. Biswas, V. Eswaran. - Narosa Publishing House, 2002.
11. Kinnas, S. and Fine, N., (1993), - A numerical nonlinear analysis of the flow around two- and three-dimensional partially cavitating hydrofoil, Journal of Fluid Mechanics, 254:151–181.
12. ANSYS CFX 13.0 Solver Theory Guide. Release 12.1 - 2009. – 258 с.
13. Андерсон, Д. Вычислительная гидродинамика и теплообмен [Текст] / Д. Андерсон, Дж. Таннехил, Р. Плетчер. - В 2-х т. - Т. 1; пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 384 с.
14. Lewis R.W., Nithiarasu P., Seetharamu K.N. Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow, Wiley.
15. Zienkiewicz, O.C. The Finite Element Method. Fluid Dynamics [Text] / O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor. - Fifth edition. - Butterworth-Heinemann, 2010.
16. Philip, J. Zwart Two-Phase Flow Model for Predicting Cavitation Dynamics [Text] / J. Zwart Philip, G. Gerber Andrew, A. Thabet Belamri // ICMF 2004 International Conference on Multiphase Flow. Yokohama, Japan. - 2004. - P.152.
17. Bakir, F. Numerical and experimental investigations of the cavitating behaviour of an inducer [Text] / F. Bakir, R. Rey, A. G. Gerber, T. Belamri, and B. Hutchinson. - International Journal for Rotating Machinery. - 2004.
18. Brennen, C. E. Cavitation and Bubble Dynamics [Text] / C. E. Brennen. - Oxford University Press, 1995.
19. Gerber, A.G. A CFD model for devices operating under extensive cavitation conditions [Text] / A. G. Gerber // In International Mechanical Engineering Congress and Exhibit. - 2002.
20. I. Senocak and W. Shyy. Evaluation of cavitation models for Navier-Stokes computations [Text] / I. Senocak and W. Shyy. - In ASME 2002 Fluids Engineering Division Summer Meeting, 2002.

Шахбанов Ризван Магомедсаидович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»

Адрес: Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Сотрудник кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»

E-mail: rizone12@gmail.com

R.M. SHAKHBANOV

NUMERICAL SIMULATION OF CAVITATION IN CENTRIFUGAL PUMPS

One of the important phenomena affecting the work and life of centrifugal pumps is cavitation. Increasing the suction capacity of centrifugal pumps is one of the priorities of the modern pump engineering. High cavitation specific speed provide greater speed and correspondingly smaller dimensions of the pump. In this paper presents the numerical simulation of the flow using a two-

phase medium for the study of cavitation in the working elements of a centrifugal pump. The calculation was obtained the required NPSH and cavitation characteristics of the pump built.

Keywords: *centrifugal pump, NPSH, two-phase medium, suction capacity, specific speed, cavitation characteristic.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ayzenshteyn, M.D. Tsentrobezhnye nasosy dlya neftyanoy promyshlennosti [Tekst] / M.D. Ayzenshteyn. - M.: Gostoptekhizdat, 1957. - 358 s.
2. Mikhaylov, A.K. Lopastnye nasosy. Teoriya, raschet i konstruirovaniye [Tekst] / A.K. Mikhaylov, V.V. Maluyshenko. - M.: Mashinostroeniye, 1977. - 288 s.
3. Petrov, V.I. Kavitatsiya v vysokooborotnykh lopastnykh nasosakh [Tekst] / V.I. Petrov, V.F. Chebaevskiy. - M.: Mashinostroeniye, 1982. - 192 s.
4. Ovsyannikov, B.V. Vysokooborotnye lopatochnye nasosy [Tekst] / B.V. Ovsyannikov, V.F. Chebaevskiy. - M.: Mashinostroeniye, 1975. - 336 s.
5. Ovsyannikov, B.V. Raschet i proektirovaniye shnekotsentrobezhnogo nasosa [Tekst]: uchebnoye posobie / B.V.Ovsyannikov, V.S. Selifonov, V.V. Chervakov. - Izd-vo MAI, 1996. - 72 s.
6. Ovsyannikov, V.B. Raschet vysokooborotnykh tsentrobezhnykh nasosov [Tekst]: uchebnoye posobie. - M.: Gosudarstvennoye izdatel'stvo oboronnoy promyshlennosti, 1959. - 53 s.
7. Shapiro, A.S. Raschet vsasyvayushchey sposobnosti tsentrobezhnykh nasosov [Tekst] / A.S. Shapiro, S.S. Panaiotti, A.A. Artem'ev // Himicheskoye i neftegazovoye mashinostroeniye. - 2007. - N 9. - S. 35-39.
8. Bardina, J.E. Turbulence Modeling Validation, Testing and Development [Text] / J.E. Bardina, P.G. Huang, T.J. Coakley // NASA Reports - April 1997.
9. Wilcox, David C. Turbulence Modeling for CFD [Text] / David C. Wilcox. - Second edition. Anaheim: DCW Industries, 1998. - 174 r.
10. Biswas G. Turbulent Flows - Fundamentals, Experiments and Modeling [Text] / G. Biswas, V. Eswaran. - Narosa Publishing House, 2002.
11. Kinnas, S. and Fine, N., (1993), - A numerical nonlinear analysis of the flow around two- and three-dimensional partially cavitating hydrofoil?, Journal of Fluid Mechanics, 254:151-181.
12. ANSYS CFX 13.0 Solver Theory Guide. Release 12.1 - 2009. - 258 c.
13. Anderson, D. Vychislitel'naya gidrodinamika i teploobmen [Tekst] / D. Anderson, Dzh. Tannekhil, R. Pletcher. - V 2-kh t. - T. 1; per. s angl. - M.: Mir, 1990. - 384 s.
14. Lewis R.W., Nithiarasu P., Seetharamu K.N. Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow, Wiley.
15. Zienkiewicz, O.C. The Finite Element Method. Fluid Dynamics [Text] / O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor. - Fifth edition. - Butterworth-Heinemann, 2010.
16. Philip, J. Zwart Two-Phase Flow Model for Predicting Cavitation Dynamics [Text] / J. Zwart Philip, G. Gerber Andrew, A. Thabet Belamri // ICMF 2004 International Conference on Multiphase Flow. Yokohama, Japan. - 2004. - P.152.
17. Bakir, F. Numerical and experimental investigations of the cavitating behaviour of an inducer [Text] / F. Bakir, R. Rey, A. G. Gerber, T. Belamri, and B. Hutchinson. - International Journal for Rotating Machinery. - 2004.
18. Brennen, C. E. Cavitation and Bubble Dynamics [Text] / C. E. Brennen. - Oxford University Press, 1995.
19. Gerber, A.G. A CFD model for devices operating under extensive cavitation conditions [Text] / A. G. Gerber // In International Mechanical Engineering Congress and Exhibit. - 2002.
20. I. Senocak and W. Shyy. Evaluation of cavitation models for Navier-Stokes computations [Text] / I. Senocak and W. Shyy. - In ASME 2002 Fluids Engineering Division Summer Meeting, 2002.

Shakhbanov Rizvan Magomed Saidovich

FGBOU VO «Priokskiy State University»

Address: Russia, 302020, g. Orel, Naugorskoye shosse, 29

Research worker of department «MIMI»

E-mail: rizione12@gmail.com

УДК 656.01

Л.Е. КУЩЕНКО, И.А. НОВИКОВ, Г.Л. ОКУНЕВА

АНАЛИЗ ЗАТОРОВЫХ ЯВЛЕНИЙ С ЦЕЛЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОЧЕРЕДИ

Рассмотрены вопросы анализа статистических данных на основе математической статистики и теории вероятности. Определен порядок расчета линейных трендов. Установлена взаимосвязь возникновения заторов в зависимости от времени суток. Проверка статистической значимости оценки тренда осуществлена по критерию Фишера.

Ключевые слова: транспортное средство, затор, тренд, математическая статистика, метод наименьших квадратов, линейная функция.

Ликвидация заторовых явлений на сегодняшний день является проблемой в городах с исторически сложившейся застройкой. Чтобы уменьшить возникновение заторовых явлений, необходимо тщательно изучать каким образом, из-за чего, в каких местах происходит их образование. При проведении экспериментального исследования в течение некоторого периода времени на перекрестках необходимо производить сбор данных по количеству скапливающихся транспортных средств (ТС) перед регулируемыми перекрестками. В ходе проведения анализа собранных данных было выявлено, что очереди из ТС возникают в установленные отрезки временного интервала, а также имеют циклический характер. Следовательно, даже предварительный анализ говорит о том, что главной причиной изменения длины очереди является среднесуточный и сезонный фактор [1, 2, 3, 4].

С помощью интерполяции и экстраполяции математического ожидания рассматриваемого случайного процесса (тренда) $\delta_{\sigma}(t)$ возможно, производить анализ изменения заторовых явлений во временном факторе и прогнозирование значений на перспективу. Для построения тренда необходимо использовать математическую операцию сглаживания [5, 6]. Она направлена на минимальные значения случайных отклонений точек ряда от гладкой кривой предполагаемого тренда. Операция сглаживания рассчитана по формулам [5]:

$$\left. \begin{aligned} \tilde{y}_i &= \frac{1}{3}(y_{i-1} + y_i + y_{i+1}) \\ \tilde{y}_0 &= \frac{1}{6}(5y_0 + 2y_1 + y_2) \\ \tilde{y}_i &= \frac{1}{6}(-y_{n-2} + 2y_{n-1} + 5y_n) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где \tilde{y}_i - сглаженные значения.

При решении подобных задач к общепринятому относится метод наименьших квадратов, при котором требование наилучшего согласования кривой $y = \varphi(x)$ и экспериментальных точек сводится к выполнению условия: сумма квадратов отклонений экспериментальных точек от сглаживающей кривой стремится к минимальному значению.

Метод наименьших квадратов имеет перед другими методами сглаживания существенные преимущества: он приводит к сравнительно простому математическому способу определения параметров a, b, c, \dots , а также допускает теоретическое обоснование с вероятностной точки зрения [6].

Линейная функция относительно t , использована в качестве первого приближения для описания тренда, т.е. $\tilde{y}(t) = a_0 + a_1 \cdot t$, где оценки a_0 и a_1 вычислены из условия

$$\sum_{i=0}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 = \min, \quad (2)$$

где $\tilde{y}(t)$ - значения искомой функции в точках наблюдения t_i ($i = 0, 1, \dots, n$), полученные по формулам (1).

Вместо значений y_i в условии (2) рекомендовано использовать их сглаженные значения \tilde{y}_i , полученные по формулам (1).

Линейные тренды, рассчитанные по статистическим данным, представлены на графиках (рис. 1-3) и представлены в виде:

- для ТС, стоящих на запрещающий сигнал светофора $\tilde{y}(t) = 72,861 + 0,3016 \cdot t$;

- для ТС, добавляющихся к стоящим на запрещающий сигнал светофора $\tilde{y}(t) = 43,2525 - 0,0103 \cdot t$;

- для общего количества ТС $\tilde{y}(t) = 115,9421 + 0,2957 \cdot t$.

Как показывает практика анализа временных рядов, что в ряде задач существует в тренде наличие гармонической составляющей с определенной частотой, которую нельзя отнести к случайной составляющей регрессионной модели.

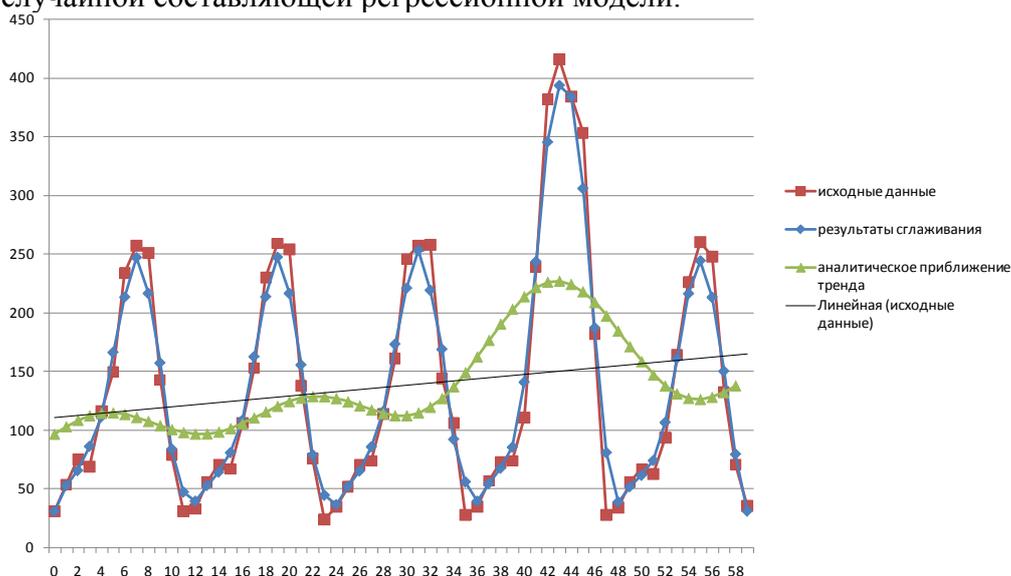


Рисунок 1 – Общее количество ТС

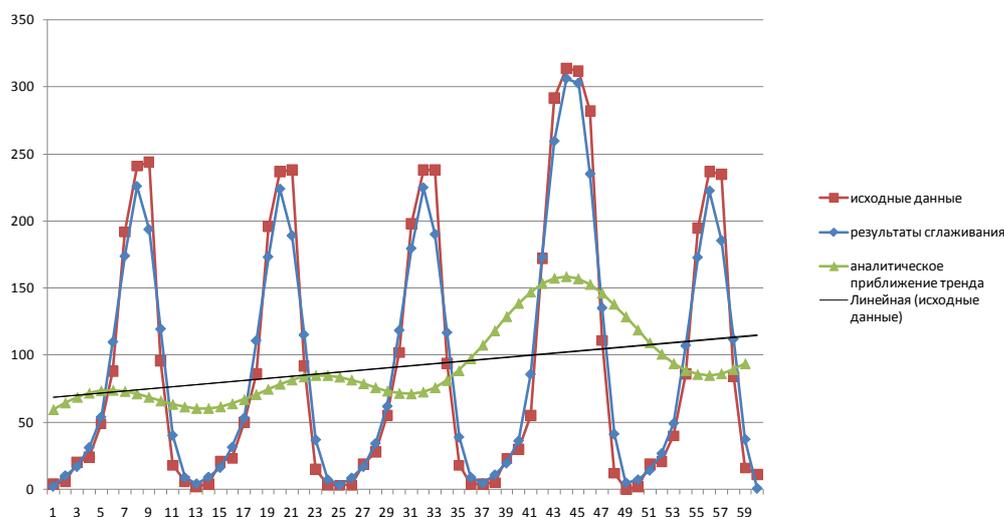


Рисунок 2 – Количество ТС, стоящих на запрещающий сигнал светофора

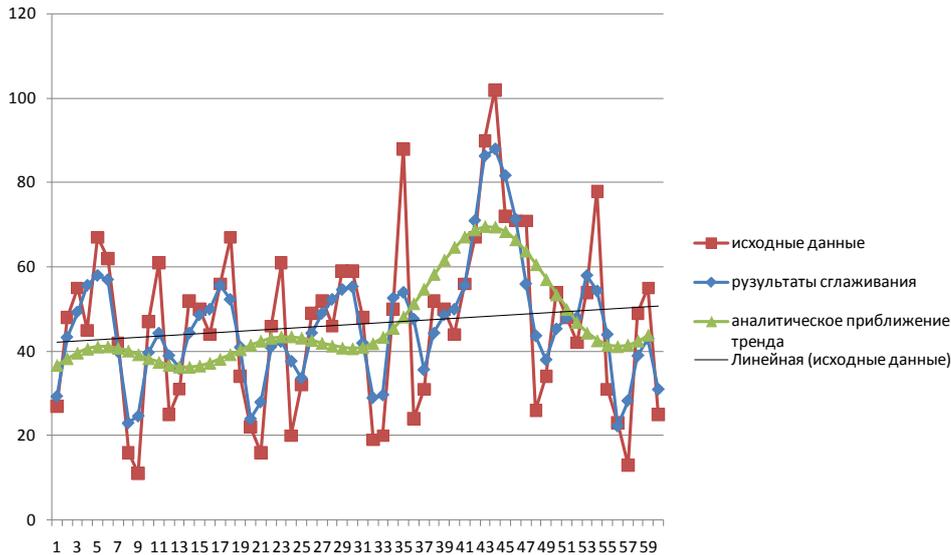


Рисунок 3 – Количество ТС, добавляющихся на запрещающий сигнал светофора к стоящим ТС

Приближенное аналитическое представление тренда в данной работе получено на основе системы тригонометрических функций [5], ортогональной на множестве точек наблюдения. К существующей функции добавлена еще одна функция [7, 8]:

$$\omega_1(t) = t - \frac{n}{2} + \sum_{k=1}^p \cos \frac{2\pi kt}{n+1} - \frac{2}{n+1} \sum_{k=1}^p \left(\sum_{i=0}^n \sin \frac{2\pi ki}{n+1} \right) \sin \frac{2\pi kt}{n+1} \quad (3)$$

Введение функции (3) обусловлено тем, что ограничиться исключительно тригонометрическими функциями при анализе возникновения заторов не представляется возможным, поскольку начальное y_0 и конечное y_n , наблюдаемые значения в общем случае не совпадают между собой. Как известно, в методах прикладного математического анализа [9, 10, 17] использование тригонометрических функций оказывается неэффективным. Добавление функции (3) позволяет избежать этого затруднения.

В результате проведенного анализа аналитическое приближение тренда записывается следующим образом:

$$m_y(t) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^p \left(\alpha_k \cdot \cos \frac{2\pi kt}{n+1} + \beta_k \cdot \sin \frac{2\pi kt}{n+1} \right) + \mu \omega_1(t), \quad (4)$$

где коэффициенты α_k , β_k , μ определяются по формулам [7, 8]:

$$\alpha_0 = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n y_i, \quad \alpha_k = \frac{2}{n+1} \sum_{i=0}^n y_i \cdot \cos \frac{2\pi ki}{n+1},$$

$$\beta_k = \frac{2}{n+1} \sum_{i=0}^n y_i \cdot \sin \frac{2\pi ki}{n+1}, \quad \mu = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \omega_1(i)}{\sum_{i=0}^n \omega_1^2(i)}, \quad (5)$$

в которых помимо наблюдаемых значений y_i , используются и значения в точках наблюдения функций, на основе которых записано выражение тренда.

Так как предварительно было произведено сглаживание исходного временного ряда, в формулах (5) вместо значений y_i поставлены соответствующие сглаженные значения \tilde{y}_i .

Функция $\omega_1(t)$, полученная по формуле (3) по данным таблицы 2 при $p=3$, имеет следующий вид:

$$\omega_1(t) = t - 29,5 + \cos \frac{2\pi t}{60} + \cos \frac{4\pi t}{60} + \cos \frac{6\pi t}{60} - 0,00005 \sin \frac{2\pi t}{60} - 0,00011 \sin \frac{4\pi t}{60} - 0,000164 \sin \frac{6\pi t}{60}. \quad (6)$$

Аналитические выражения для приближения сглаженных временных рядов согласно (4), (5) и с учетом (6) при $p=3$ принимают следующий вид:

- для общего количества ТС:

$$m_y(t) = 124,275 - 0,4112t - 3,2306 \cos \frac{2\pi t}{60} - 0,9133 \cos \frac{4\pi t}{60} - 1,0822 \cos \frac{6\pi t}{60} - 1,5224 \sin \frac{2\pi t}{60} + 2,5521 \sin \frac{4\pi t}{60} + 1,6032 \sin \frac{6\pi t}{60}; \quad (7)$$

- для ТС, стоящих на запрещающий сигнал светофора:

$$m_y(t) = 81,5194 - 0,3766t - 2,0866 \cos \frac{2\pi t}{60} - 0,1427 \cos \frac{4\pi t}{60} - 0,5312 \cos \frac{6\pi t}{60} + 0,0358 \sin \frac{2\pi t}{60} + 1,9842 \sin \frac{4\pi t}{60} + 0,9022 \sin \frac{6\pi t}{60}; \quad (8)$$

- для ТС, добавляющихся к стоящим на запрещающий сигнал светофора:

$$m_y(t) = 42,8056 - 0,1209t - 1,0305 \cos \frac{2\pi t}{60} - 0,7876 \cos \frac{4\pi t}{60} - 0,6742 \cos \frac{6\pi t}{60} - 1,4817 \sin \frac{2\pi t}{60} + 0,7312 \sin \frac{4\pi t}{60} + 0,7508 \sin \frac{6\pi t}{60}. \quad (9)$$

Изменение интенсивности заторовых состояний в решающей степени зависит от времени суток.

Графики трендов представлены на рисунках 1-3. Следует отметить, что вторые слагаемые трендов (7-9) характеризуют тенденцию изменения показателей накопления очереди за время наблюдения: знак минус и значение коэффициента при t свидетельствуют о наметившейся тенденции небольшого количества ТС, образующих очередь.

Статистическая значимость в целом оценки регрессии (тренда) определяется по критерию Фишера [11, 12] на основе использования статистики вида

$$F = \frac{n-l}{l} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}, \quad (10)$$

где $\bar{y} = \frac{1}{n+1} \cdot \sum_{i=0}^n y_i$ - среднее значение;

$n+1$ - число наблюдений;

l - число искомых параметров тренда без учета постоянной составляющей [13, 14].

Уравнение регрессии в целом считается значимым с уровнем значимости α , если значение статистики (10) удовлетворяет неравенству

$$F > F_{1-\alpha}(l, n-1). \quad (11)$$

В практических расчетах широкое употребление получил 5 %-ый уровень значимости ($\alpha=0,05$).

Проверка на значимость трендов (7-9) показала выполнение неравенства (11) при 5%-ом уровне, то есть можно утверждать, что с высокой вероятностью полученные оценки трендов не находятся в явном противоречии со статистическими данными на периоде наблюдения [15, 16, 17].

Таким образом, анализ обработки статистических данных показал, что заторы регулярно возникают на улично-дорожной сети на регулируемых перекрестках городов в связи с тем, что интенсивность прибывающих ТС превышает значение пропускной способности улично-дорожной сети [18, 19]. При анализе статистических данных на основе математической статистики можно осуществлять точечный прогноз. Задача прогноза заключается в оценке возможных значений количества ТС за пределами периода наблюдения, т.е. при

$t_i > t_n$ [20]. Для повышения достоверности прогноза необходимо по заданной доверительной вероятности q построить соответствующий доверительный интервал для величины $m_y(t)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гай, Л.Е. Моделирование транспортных потоков [Текст] / Л.Е. Гай, А.И. Шутов, С.В. Кущенко, П.А. Воля // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК». - 2013. - №1 (40). - С. 74-78.
2. Гай, Л.Е. Заторовые явления. Возможности предупреждения [Текст] / Л.Е., Гай, А.И. Шутов, П.А. Воля, С.В. Кущенко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2013. - №3. - С. 166-168.
3. Гай, Л.Е. Заторы. Моделирование транспортных заторов с целью снижения дорожных заторов [Текст] / Л.Е. Гай, И.А. Новиков, С.В. Кущенко, А.Н. Котухов // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК». - 2013. - С. 281-286.
4. Гай, Л.Е. Заторовые явления. Возможность их снижения [Текст] / Л.Е. Гай, И.А. Новиков, Е.А. Новописный, Е.С. Татаринцев // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения. - Пенза: ПГУАС. - 2013. - С. 32-36.
5. Волков, Е.А. Численные методы [Текст] / Е.А. Волков. - М.: Наука, 1987. - 248 с.
6. Теория прогнозирования и принятия решений [Текст] / под ред. С.А. Саркисяна. - М.: Высшая школа, 1977. - С. 415.
7. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Текст] / Н.С. Бахвалов. - М.: Наука, 1973. - Т1. - 631 с.
8. Березин, И.С. Методы вычислений [Текст] / И.С. Березин, Н.П. Жидков. - М.: Наука, 1966. - Т.1. - 632 с.
9. Ланцош, К. Практические методы прикладного анализа [Текст] / К. Ланцош. - М.: Наука, 1966. - 318 с.
10. Рушминский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента [Текст] / Л.З. Рушминский. - М.: Наука, 1971. - 352 с.
11. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учебное пособие для вузов / В.Е. Гмурман. - Изд. 9-е стереотипное. - М.: Высшая школа, 2003. - 479 с., ил.
12. Колемаев, В.А. Теория вероятности и математическая статистика [Текст] / В.А. Колемаев, О.В. Староверов, В.Б. Турундаевский. - М.: Высшая школа, 1991. - 256 с.
13. Бочаров, П.П. Математическая статистика [Текст] / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. - М.: Гардарики, 1998. - 328 с.
14. Ивченко, Г.И. Математическая статистика [Текст] / Г.И. Ивченко, Ю.И. Медведев. - М.: Высшая школа, 1984. - 248 с.
15. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст]: учебник для вузов / Е.С. Вентцель. - 6-е изд. - М.: Высшая школа, 1999. - 576 с.
16. Балдин, К.В. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В.Н. Башлыков, А.В. Рукосуев. - Изд-во Дашков и К⁰, 2010. - 473 с.
17. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика [Текст] / А.И. Кобзарь. - Изд-во ФИЗМАТ-ЛИТ, 2006. - 816 с.
18. Клиновштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст] / Г.И. Клиновштейн, М. Б. Афанасьев. - М.: Транспорт, 1992. - 207 с.
19. Гай, Л.Е. Заторы как следствие роста автомобилизации. Возможность снижения заторовых явлений [Текст] / Л.Е. Гай, А.И. Шутов, С.В. Кущенко // М.: Автотранспортное предприятие. - 2013. - №4. - С. 25-27.
20. Шурыгин, А.М. Математические методы прогнозирования [Текст]: учебник для вузов / А. М. Шурыгин. - Изд-во Телеком, 2009. - 180 с.

Новиков Иван Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный университет»
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, дом 46, БГТУ им. В.Г. Шухова
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»
e-mail: rector@intbel.ru

Кущенко Лилия Евгеньевна

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный университет»
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, дом 46, БГТУ им. В.Г. Шухова
Аспирант кафедры «Организация и безопасность движения»
e-mail: lily-041288@mail.ru

Окунева Галина Леонидовна

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный университет»
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, дом 46, БГТУ им. В.Г. Шухова
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Прикладная математика»

L.E. KUSHCHENKO, I.A. NOVIKOV, G.L. OKUNEVA

JAMS ANALYSIS TO PURPOSE OF JAM'S LINE

The questions of the analysis of statistical data on the basis of mathematical statistics and probability theory are considered. The procedure of payments of linear trends is defined. The interrelation of emergence of jams depending on time of day is established. Check of the statistical importance of an assessment of a trend is carried out by Fischer's criterion.

Keywords: vehicle, traffic congestion, the road network, trend, mathematical statistics, least squares method, linear function.

BIBLIOGRAPHY

1. Gay, L.E. Modelirovanie transportnykh potokov [Tekst] /L.E. Gay, A.I. Shutov, S.V. Kushchenko, P.A. Volya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2013. - №1 (40). - S. 74-78.
2. Gay, L.E. Zatorovye yavleniya. Vozmozhnosti preduprezhdeniya [Tekst] /L.E., Gay, A.I. Shutov, P.A. Volya, S.V. Kushchenko // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. - 2013. - №3. - S. 166-168.
3. Gay, L.E. Zatory. Modelirovanie transportnykh zatorov s tsel'yu snizheniya dorozhnykh zatorov [Tekst] /L.E. Gay, I.A. Novikov, S.V. Kushchenko, A.N. Kotukhov // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2013. - S. 281-286.
4. Gay, L.E. Zatorovye yavleniya. Vozmozhnost' ikh snizheniya [Tekst] /L.E. Gay, I.A. Novikov, E.A. Novopisnyy, E.S. Tatarintsev // Problemy avtomobil'no-dorozhnogo kompleksa Rossii: organizatsiya avtomobil'nykh perevozok i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. - Penza: PGUAS. - 2013. - S. 32-36.
5. Volkov, E.A. Chislennyye metody [Tekst] / E.A. Volkov. - M.: Nauka, 1987. - 248 s.
6. Teoriya prognozirovaniya i prinyatiya resheniy [Tekst] / pod red. S.A. Sarkisyana. - M.: Vysshaya shkola, 1977. - S. 415.
7. Bakhvalov, N.S. Chislennyye metody [Tekst] / N.S. Bakhvalov. - M.: Nauka, 1973. - T1. - 631 s.
8. Berezin, I.S. Metody vychisleniy [Tekst] / I.S. Berezin, N.P. ZHidkov. - M.: Nauka, 1966. - T.1. - 632 s.
9. Lantsosh, K. Prakticheskie metody prikladnogo analiza [Tekst] / K. Lantsosh. - M.: Nauka, 1966. - 318 s.
10. Rushminskiy, L.Z. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta [Tekst] / L.Z. Rushminskiy. - M.: Nauka, 1971. - 352 s.
11. Gmurman, V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / V.E. Gmurman. - Izd. 9-e stereotipnoe. - M.: Vysshaya shkola, 2003. - 479 s., il.
12. Kolemaev, V.A. Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika [Tekst] / V.A. Kolemaev, O.V. Staroverov, V.B. Turundaevskiy. - M.: Vysshaya shkola, 1991. - 256 s.
13. Bocharov, P.P. Matematicheskaya statistika [Tekst] / P.P. Bocharov, A.V. Pechinkin. - M.: Gardariki, 1998. - 328 s.
14. Ivchenko, G.I. Matematicheskaya statistika [Tekst] / G.I. Ivchenko, YU.I. Medvedev. - M.: Vysshaya shkola, 1984. - 248 s.
15. Venttsel', E.S. Teoriya veroyatnostey [Tekst]: uchebnyk dlya vuzov / E.S. Venttsel'. - 6-e izd. - M.: Vysshaya shkola, 1999. - 576 s.
16. Baldin, K.V. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Tekst] / V.N. Bashlykov, A.V. Rukosuev. - Izd-vo Dashkov i KO, 2010. - 473 s.
17. Kobzar', A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika [Tekst] / A.I. Kobzar'. - Izd-vo FIZMAT-LIT, 2006. - 816 s.
18. Klinkovshcheyn, G.I. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya [Tekst] /G.I. Klinkovshcheyn, M. B. Afanas'ev. - M.: Transport, 1992. - 207 s.
19. Gay, L.E. Zatory kak sledstvie rosta avtomobilizatsii. Vozmozhnost' snizheniya zatorovykh yavleniy [Tekst] /L.E. Gay, A.I. Shutov, S.V. Kushchenko // M.: Avtotransportnoe predpriyatie. - 2013. - №4. - S. 25-27.
20. Shurygin, A.M. Matematicheskie metody prognozirovaniya [Tekst]: uchebnyk dlya vuzov / A. M. Shurygin. - Izd-vo Telekom, 2009. - 180 s.

Novikov Ivan Alexeevich

FGBOU VPO «Belgorod State University»

Address: Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, Building 46, BSTU. VG Shukhov

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor of «Organization and traffic safety»

e-mail: rector@intbel.ru

Kushchenko Liliya Evgenievna

FGBOU VPO «Belgorod State University»

Address: Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, Building 46, BSTU. VG Shukhov

Student of «Organization and traffic safety»

e-mail: lily-041288@mail.ru

Ocuneva Galina Leonidovna

FGBOU VPO «Belgorod State University»

Address: Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, Building 46, BSTU. VG Shukhov

Kand. tehn. professor of «Applied Mathematics»

И.А. ЕРАСОВ, Н.А. КОЛЕСНИЧЕНКО, Ю.И. МОЛЕВ,
Д.Н. ПРОШИН, В.А. ШАПКИН

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ И КОНСТРУКЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В статье представлена методика проведения статистических исследований с целью определения степени влияния различных факторов на безопасность дорожного движения. Приведены результаты статистических исследований влияния параметров автомобилей и дорожных условий на вероятность совершения ДТП. Показано, что наибольшее влияние на аварийность оказывают такие параметры дороги как коэффициент сцепления колеса с дорогой, а также наличие повреждений дорожного покрытия в виде ям, выбоин, просадок и т.п. Конструктивные особенности автомобилей оказывают меньшее влияние на аварийность, так оснащённость автомобилей системами АБС влияет на аварийность только при движении в сложных дорожных условиях. Влияние же ряда факторов, например таких как уклон дороги, на вероятность потери управляемости автомобилем перед ДТП находится в пределах статистической погрешности и при формировании требований к безопасности дорожного движения может не учитываться. Предложенная методика позволяет при помощи апробированных методов проведения статистических исследований определить степень влияния того или иного фактора на безопасность дорожного движения и определить наиболее перспективные пути совершенствования транспортных средств и полотна пути.

Ключевые слова: статистические исследования, ДТП, конструктивные особенности автомобилей, параметры дорожного покрытия.

Постановлением правительства РФ от 27 октября 2012 г. за № 1995-р в нашей стране принята программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2006-2012 годах» основной задачей которой является снижение количества погибших и раненых на дорогах нашей страны. Целью данной программы является снижение числа погибших на дорогах нашей страны на 8 тыс. чел в год (на 28,8% по сравнению с 2012 годом с 27991 человека до 19925). Программа рассчитана на 2013 - 2020 годы и осуществляется в 2 этапа: I этап - 2012 - 2015 годы; II этап - 2015 - 2020 годы [4]. В программе справедливо отмечается, что основными организационными факторами, отрицательно влияющими на безопасность дорожного движения являются: разрозненные действия органов государственной власти на всех уровнях управления, снижение их ответственности и появление бессистемности в решении стоящих перед государством задач в области обеспечения безопасности дорожного движения; невозможность формирования единых целевых индикаторов и показателей в этой сфере. Программа предусматривает выполнение комплексных научных исследований с применением методов математического анализа в области систематизации и оценки эффективности средств повышения и контроля безопасности дорожного движения, в том числе разработка типовых решений и макетов для практического внедрения наиболее эффективных средств в практику профилактики дорожно-транспортных происшествий на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. При этом, в разделе «Ожидаемый результат» приводятся показатели по повышению безопасности движения за счёт сокращения ДТП за счёт повышения надёжности водителей, в том числе путём контроля режимов работы и отдыха водителей, за счёт повышения эффективности управления транспортной системой, повышения эффективности работы контрольно-надзорных служб, повышения правосознания участников дорожного движения и т.п. [4]. В том числе в данной программе предусматривается проведение научных исследований и разработка рекомендаций по возможности использования современных систем повышения активной безопасности автомобилей с учетом российских условий эксплуатации. Обоснования технических требований к системам автоматического экстренного торможения (АЕБС); системам предупреждения о выходе с полосы движения

(LDWS); электронных систем контроля устойчивости и помощи водителю при экстренном торможении [4]. Инженерно-технический аспект данного направления научной деятельности включает в себя построение технических систем безопасности, обеспечение безопасного построения технологического процесса движения автомобильного транспорта [6]. Существенным резервом повышения безопасности дорожного движения является интенсификация перевозок. Однако увеличение массы и мощности автомобилей, накладывает все более высокие требования, предъявляемые к тормозным системам, а также все более жесткие условия соответствующих стандартов создают сложную проблему обеспечения безопасности дорожного движения [5]. Следует отметить, что особенности российского законодательства, а именно отсутствие страховых выплат в случае если ДТП было обусловлено техническим состоянием транспортного средства, делают ДТП, обусловленные техническими неисправностями транспортных средств наиболее латентными. Так примерно в 3-5% ДТП на территории Нижегородской области на транспортных средствах, оснащённых антиблокировочной системой, фиксируется наличие тормозного следа, что согласно п. 4.1.16 ГОСТ Р 51709-2001 [2] является неисправностью транспортного средства. При этом ни одно из данных ДТП не было признано обусловленным технической неисправностью транспортных средств [11,12]. Поэтому для наиболее полного вскрытия причин аварийности на дорогах Российской Федерации необходимо разработать методику статистического анализа произошедших дорожно-транспортных происшествий, обеспечивающую вскрытие не только основных, но и дополнительных факторов, приведших к рассматриваемому событию. Для выполнения поставленной задачи авторами настоящей работы был проанализирован массив из 3000 ДТП, произошедших в различных регионах Нижегородской области. При этом дорожно-транспортные происшествия совершённые на прилегающей территории, обусловленные либо неправильной оценкой габаритов транспортного средства, либо недостаточной обзорностью, в данном исследовании не рассматривались. На первом этапе из данного объёма было выбрано 850 ДТП которые в той или иной степени были связаны с потерей управления транспортными средствами. Выбор такого объёма исследований был обусловлен обеспечением репрезентативности выборки и обеспечения точности получаемых результатов [11,13].

Из анализа априорной информации [9,10,19] с достаточной степенью достоверности можно отметить нелинейность функции отклика и как следствие необходимость описание процесса модельного регрессивного анализа второго порядка, представляющий собой полином второй степени. Так как для решения поставленной задачи имеется необходимость определить наличие качественной взаимосвязи между факторами, то для получения уравнения регрессии воспользуемся только прямопропорциональной зависимостью:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

где Y – функция отклика, а именно вероятность ДТП связанной с потерей управляемости;

x_i, x_j – варьируемые факторы, для представленного расчёта в качестве таких факторов возьмём величину коэффициента сцепления колеса с дорогой, наличие повреждений на поверхности дороги и наличие угла наклона дороги. x_1 для сухого асфальта примем равным +1, а для обледенелого -1 [8,18], x_2 для отсутствия повреждений примем равным +1, а для наличия -1 [3,9,10], x_3 для отсутствия уклона дороги примем равным +1, а для уклона (более 5%) -1 [15];

β_1, β_{ii} – коэффициенты регрессии, отражающие степень влияния каждого фактора на функцию отклика, β_{ij} – коэффициенты регрессии, соответствующие эффектам парных взаимодействий, β_0 – свободный член.

Для получения результатов был проведён полнофакторный статистический анализ, результаты которого приведены в таблице 1, где под величиной Z понималось общее количе-

ство ДТП с рассматриваемыми факторами, а под величиной S^2 - величина дисперсии результатов исследования.

Таблица 1 – результаты проведения статистических исследований по определению факторов, влияющих на потерю управляемости транспортного средства перед ДТП

№ исследования	x_1	x_2	x_3	Y	Z	S^2
1	+1	+1	+1	0,001	3	0
2	+1	+1	-1	0,003	9	0
3	+1	-1	+1	0,010	30	0
4	+1	-1	-1	0,015	45	0
5	-1	+1	+1	0,007	21	0
6	-1	+1	-1	0,022	66	0,001
7	-1	-1	+1	0,035	105	0,001
8	-1	-1	-1	0,080	240	0,001
среднее	0	0	0	0,021625	519	0,000375

Исходя из полученных результатов можно получить значения коэффициентов регрессии [7]: $\beta_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n Y_i = 0,021625$, $\beta_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{1i} Y_i = -0,01438$, $\beta_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{2i} Y_i = -0,01338$, $\beta_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{2i} Y_i = 0,004125$, $\beta_{1,2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{1,2i} Y_i = 0,008125$, $\beta_{1,3} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{1,3i} Y_i = 0,006625$, $\beta_{2,3} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{2,3i} Y_i = 0,006625$, а также получить оценку среднего квадратичного отклонения

погрешности определения коэффициента регрессии из уравнения: $S_A = \sqrt{\frac{S^2}{Nm}} = 0,0039$. Исходя из полученных результатов значения коэффициентов Стьюдента для полученных коэффициентов регрессии примут вид: $t_0 = \frac{\beta_0}{S_A} = \frac{0,021625}{0,0039} = 5,47$, $t_1 = \frac{\beta_1}{S_A} = \frac{-0,01438}{0,0039} = 3,69$, $t_2 = \frac{\beta_2}{S_A} = \frac{-0,01338}{0,0039} = 3,43$, $t_3 = \frac{\beta_3}{S_A} = \frac{0,004125}{0,0039} = 1,057$, $t_{1,2} = \frac{\beta_{1,2}}{S_A} = \frac{0,008125}{0,0039} = 2,08$, $t_{1,3} = \frac{\beta_{1,3}}{S_A} = \frac{0,006625}{0,0039} = 1,7$, $t_{2,3} = \frac{\beta_{2,3}}{S_A} = \frac{0,006625}{0,0039} = 1,7$.

Результаты проведённого статистического анализа показывают, что при сравнении полученных коэффициентов Стьюдента с табличной величиной, для числа измерений равного 8 и доверительной вероятности равной 0,95, равной 2,4 [7], что величина уклона дороги в уравнении регрессии является незначимой величиной. При этом данная величина является не значимой даже при наличии совместного с ней скользкого дорожного покрытия и наличия несоответствия дорожного покрытия требованиям ГОСТ Р 50597-93 [3]. То есть влияние данного параметра на вероятность потери управляемости автомобилем перед ДТП находится в пределах статистической погрешности и при формировании требований к безопасности дорожного движения может не учитываться. При этом наличие несоответствий дорожного покрытия по сцепным свойствам и геометрическим параметрам (наличию ям, выбоин, просадок, колеяности и т.п.) оказывают существенное влияние на безопасность дорожного движения.

Заменив не значимый со статистической точки зрения такой параметр как уклон дороги на параметр оснащённости автомобилей АБС [16,19], (при чём автомобили оснащённые АБС будут иметь параметр $x_3=1$, а и не оснащённые АБС $x_3=-1$) получим таблицу результа-

тов проведения статистических исследований по определению факторов, влияющих на потерю управляемости транспортного средства перед ДТП.

Таблица 2 – Результаты проведения статистических исследований по определению факторов, влияющих на потерю управляемости транспортного средства перед ДТП

№ исследования	x ₁	x ₂	x ₃	Y	Z	S ²
1	+1	+1	+1	0,001	3	0
2	+1	+1	-1	0,007	21	0,001
3	+1	-1	+1	0,007	21	0
4	+1	-1	-1	0,015	45	0,001
5	-1	+1	+1	0,007	21	0
6	-1	+1	-1	0,032	96	0,001
7	-1	-1	+1	0,022	66	0,001
8	-1	-1	-1	0,150	450	0,003
среднее	0	0	0	0,030	723	0,000875

Коэффициенты регрессии для данного цикла исследований примут вид:

$$\beta_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n Y_i = 0,030, \quad \beta_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{1i} Y_i = -0,02263, \quad \beta_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{2i} Y_i = -0,01838,$$

$$\beta_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{3i} Y_i = 0,013125, \quad \beta_{1,2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{1,2i} Y_i = 0,014875, \quad \beta_{1,3} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{1,3i} Y_i = 0,017375,$$

$$\beta_{2,3} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{2,3i} Y_i = 0,017375, \text{ оценка среднего квадратичного отклонения погрешности оп-}$$

ределения коэффициента регрессии из уравнения: $S_A = \sqrt{\frac{S^2}{Nm}} = 0,006$, тогда значения коэф-

фициента Стьюдента для полученных коэффициентов примет вид: $t_0 = \frac{\beta_0}{S_A} = \frac{0,030}{0,006} = 5,0$,

$$t_1 = \frac{\beta_1}{S_A} = \frac{-0,02263}{0,006} = 3,77, \quad t_2 = \frac{\beta_2}{S_A} = \frac{-0,01838}{0,006} = 3,06, \quad t_3 = \frac{\beta_3}{S_A} = \frac{0,013125}{0,006} = 2,18,$$

$$t_{1,2} = \frac{\beta_{1,2}}{S_A} = \frac{0,014875}{0,006} = 2,48, \quad t_{1,3} = \frac{\beta_{1,3}}{S_A} = \frac{0,017375}{0,006} = 2,89, \quad t_{2,3} = \frac{\beta_{2,3}}{S_A} = \frac{0,017375}{0,006} = 2,89.$$

То есть полученные результаты свидетельствуют о том, что такой параметр как оснащённость автомобилей антиблокировочной системой тормозов оказывает статистически значимое влияние на безопасность дорожного движения в условиях движения по скользкой дороге или по дороге по своим параметрам не соответствующим требованиям ГОСТ Р 50597-93 [3]. В настоящее время по предложенной методике была проведена проверка на статистическую значимость таких факторов как плотность дорожного движения, скорости движения, длительности нахождения водителя за рулём, времени суток [14], оснащение автомобиля системами стабилизации движения и усилителями рулевого управления. Все указанные факторы показали свою статистическую не значимость. При этом такой фактор как обоснованность выбора типа шин зимнему или летнему периоду эксплуатации, является статистически значимым.

ВЫВОД

Разработанная методика позволяет при помощи апробированных методов проведения статистических исследований определить степень влияния того или иного фактора на безопасность дорожного движения и определить наиболее перспективные пути совершенствования транспортных средств и полотна пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [Текст].
2. ГОСТ Р 51709-2001 Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки [Текст].
3. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условию соблюдения безопасности дорожного движения [Текст].
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 октября 2013 г. N 864 г. Москва «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах» [Текст].
5. Баранов, Ю.Н. Повышение тормозных качеств автотранспортных средств [Текст] / Ю.Н. Баранов, Н.Е. Сакович, В.И. Самусенко, А.М.Никитин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2014. - № 2 (42). - С. 5-8.
6. Баранов, Ю.Н. Основы обеспечения безопасности в системе «человек - машина - среда» [Текст] / Ю.Н. Баранов, А. А. Катунин, Р.В. Шкрабак, Ю.Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД. - № 1 (19). - 2014. - С. 73-76.
7. Беляков, В.В. Многокритериальная оптимизация в задачах подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем [Текст]: монография / В.В. Беляков, М.Е. Бушуева, В.И. Сагунов. - Н.Новгород: НГТУ, 2001. - 271 с.
8. Евтюков, С.А. Экспертиза ДТП [Текст]: справочник / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. - СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2006.
9. Куляшов, А.П. Зимнее содержание дорог [Текст]: учебное пособие с грифом УМО / А.П. Куляшов, Ю.И. Молев, В.А. Шапкин. - Нижний Новгород: Нижегородский гос. технический ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2007.
10. Куляшов, А.П. Безопасность дорожного движения. Техничко-социальные аспекты [Текст]: учебное пособие с грифом УМО / А.П. Куляшов, Ю.И. Молев. - Н.Новгород: НГТУ, 2013.
11. Молев, Ю.И. К вопросу формирования репрезентативной выборки для анализа причин ДТП [Текст] / Ю.И. Молев // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. - 2005. - № 8. - С. 37-44.
12. Молев, Ю.И. Статистический метод определения влияния параметров колеяности зимних дорог на уровень безопасности дорожного движения [Текст] / Ю.И. Молев // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. - 2005. - № 10. - С. 46-56.
13. Молев, Ю.И. Статистический метод определения влияния параметров зимнего содержания дорог на тяжесть последствий при ДТП [Текст] / Ю.И. Молев // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. - 2005. - № 9. - С. 47-58.
14. Новиков, А. Н. Перевозки как наука [Текст] / А. Н. Новиков, П. Пржибыл, А. А. Катунин // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 3(46). - С. 96-109.
15. Полотно пути транспортно-технологических машин. (справочные материалы к теории «машина-местность») [Текст]: учебник / Под общей редакцией проф. В.В. Белякова и А.А. Куркина. - Нижний Новгород: НГТУ, 2014. - 447 с.
16. Рябчинский, А.И. Устойчивость и управляемость автомобиля и безопасность дорожного движения [Текст]: учебное пособие / А.И. Рябчинский, В.З. Русаков, В.В. Карпов. - МАДИ ГТУ; Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. - Шахты, 2003.
17. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. - 3-е изд. стер. - М.: ИЦ «Академия», 2009.
18. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действия водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП [Текст]: учебное пособие / Ю.Б. Суворов. - М.: Издательство «Экзамен», 2003.
19. Соцков, Д.А. Повышение активной безопасности автотранспортных средств при торможении [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Соцков Д.А. - Владимир, 1988. - 547 с.
20. Радченко, С.Ю. Анализ видов повреждений шаровых шарниров [Текст] / С.Ю. Радченко, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - № 1 (36). - 2012. - С. 8-14.
21. Зорин, В.А. Требования безопасности к наземным транспортным системам [Текст]: учебник для студентов вузов / В. А. Зорин, В. А. Даугелло, Н. С. Севрюгина // Белгород: Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, 2009.

Ерасов Игорь Александрович

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева»

Адрес: Россия ГСП-41, 603950, Н.Новгород, ул. Минина, д. 24

Доцент кафедры «Строительные и дорожные машины»

E-mail: mon-gosha@rambler.ru

Колесниченко Никита Артёмович

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева»

Адрес: Россия ГСП-41, 603950, Н.Новгород, ул. Минина, д. 24

Магистр кафедры «Строительные и дорожные машины»

E-mail: mon-gosha@rambler.ru

Молев Юрий Игоревич

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева»

Адрес: Россия ГСП-41, 603950, Н.Новгород, ул. Минина, д. 24

Профессор кафедры «Строительные и дорожные машины»

E-mail: moleff@yandex.ru

Прошин Дмитрий Николаевич

Частное учреждение дополнительного образования ЧУДО «Региональный институт Экспертизы»

Адрес: Россия, 603163, г. Н.Новгород, ул. Г. Лопатина, д.12, корп.2, пом.1.

Преподаватель

E-mail: proshdn@mail.ru

Шапкин Виктор Александрович

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева»

Адрес: Россия ГСП-41, 603950, Н.Новгород, ул. Минина, д. 24

Профессор кафедры «Строительные и дорожные машины»

E-mail: from_friends@mail.ru

I.A. NEKRASOV, N.A. KOLESNICHENKO, YU.I. MOLEV,
D.N. PROSHINA, V.A. SHAPKIN

METHOD FOR DETERMINING THE DEGREE OF INFLUENCE OF ROAD TERMS AND CONDITIONS DESIGN FEATURES CAR ON ROAD SAFETY

The article presents the methodology of statistical studies to determine the degree of influence of various factors on road safety. The results of statistical studies of the influence of parameters of vehicles and road conditions on the likelihood of an accident. It is shown that the greatest influence on the accident rate have parameters such as road adhesion coefficient of wheel with the road and damage the road surface in the form of pits, potholes, subsidence, etc. design features of the car have less impact on the accident rate, so equipping cars with ABS systems affect the accident rate only when driving in difficult road conditions. The impact of a number of factors, such as road slope, the probability of loss of control car before the accident is within the statistical error and the formation of security requirements, traffic may be ignored. The proposed method allows using proven methods of statistical research to determine the degree of influence of a factor on road safety and to identify the most promising ways to improve vehicles and the road-bed.

Keywords : *statistical studies, road accidents, the design features of the cars.*

BIBLIOGRAPHY

1. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza "O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv" (TR TS 018/2011) [Tekst].
2. GOST R 51709-2001 Avtotransportnye sredstva. Trebovaniya bezopasnosti k tekhnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki [Tekst].
3. GOST R 50597-93 Avtomobil`nye dorogi i ulitsy. Trebovaniya k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyu soblyudeniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst].
4. Postanovlenie Pravitel`stva Rossiyskoy Federatsii ot 3 oktyabrya 2013 g. N 864 g. Moskva "O fe-deral`noy tselevoy programme "Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013 - 2020 godakh" [Tekst].
5. Baranov, YU.N. Povyshenie tormoznykh kachestv avtotransportnykh sredstv [Tekst] / YU.N. Baranov, N.E. Sakovich, V.I. Samusenko, A.M.Nikitin // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universite-ta. -

№ 4(51) 2015 (октябрь-декабрь) Безопасность движения и автомобильные перевозки

2014. - № 2 (42). - С. 5-8.

6. Baranov, YU.N. Osnovy obespecheniya bezopasnosti v sisteme "chelovek - mashina - sreda" [Tekst] / YU.N. Baranov, A. A. Katunin, R.V. SHkrabak, YU.N. Braginets // Vestnik NTSBZHD. - № 1 (19). - 2014. - С. 73-76.

7. Belyakov, V.V. Mnogokriterial naya optimizatsiya v zadachakh podvizhnosti, konkurentosposobnosti avto-traktornoy tekhniki i diagnostiki slozhnykh tekhnicheskikh sistem: Monografiya. [Tekst] / V.V. Belyakov, M.E. Bushu-eva, V.I. Sagunov - N.Novgorod: NGTU, 2001. - 271 s.

8. Evtyukov, S.A. Ekspertiza DTP: Spravochnik. [Tekst]/ S.A. Evtyukov, YA.V. Vasil'ev - SPb.: OOO "Iz-datel'stvo DNK", 2006

9. Kulyashov, A.P. Zimnee sodержanie dorog [Tekst]: uchebnoe posobie s grifom UMO / A.P. Kulyashov, YU.I. Molev, V.A. Shapkin. - Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskiy gos. tekhnicheskiy un-t im. R.E. Alekseeva, 2007.

10. Kulyashov, A.P. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. Tekhniko-sotsial'nye aspekty [Tekst]: uchebnoe posobie s grifom UMO / A.P. Kulyashov, YU.I. Molev. - N.Novgorod: NGTU, 2013.

11. Molev, YU.I. K voprosu formirovaniya reprezentativnoy vyborki dlya analiza prichin DTP. [Tekst] / YU.I. Molev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie. - 2005. - № 8. - С. 37-44.

12. Molev, YU.I. Statisticheskii metod opredeleniya vliyaniya parametrov koleynosti zimnikh dorog na uroven' bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst] / YU.I. Molev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie. - 2005. - № 10. - С. 46-56.

13. Molev, YU.I. Statisticheskii metod opredeleniya vliyaniya parametrov zimnego sodержaniya dorog na tyazhest' posledstviy pri DTP [Tekst] / YU.I. Molev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie. - 2005. - № 9. - С. 47-58.

14. Novikov, A. N. Perevozki kak nauka [Tekst] / A. N. Novikov, P. Przhibyl, A. A. Katunin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 3(46). - С. 96-109.

15. Polotno puti transportno-tekhnologicheskikh mashin. (spravochnye materialy k teorii "mashina-mestnost'") [Tekst]: uchebnik / Pod obshchey redaktsiyey prof. V.V. Belyakova i A.A. Kurkina. - Nizhniy Novgorod: NGTU, 2014. - 447 s.

16. Ryabchinskiy, A.I. Ustoychivost' i upravlyaemost' avtomobilya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: uchebnoe posobie /A.I. Ryabchinskiy, V.Z. Rusakov, V.V. Karpov. - MADI GTU; YUzhno-Ros. gos. un-t ekonomiki i servisa. - Shakhty, 2003.

17. Sil'yanov, V.V. Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits [Tekst]: uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy / V. V. Sil'yanov, E. R. Domke. - 3-e izd. ster. - M.: ITS "Aka-demiya", 2009.

18. Suvorov, YU.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza. Sudebno-ekspertnaya otsenka devstviya voditeley i drugikh lits, otvetstvennykh za obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya, na uchastkakh DTP [Tekst]: uchebnoe posobie. - M.: Izdatel'stvo "Ekzamen", 2003.

19. Sotskov, D.A. Povyshenie aktivnoy bezopasnosti avtotransportnykh sredstv pri tormozhenii [Tekst]: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.05.03. - Vladimir, 1988. - 547 s.

Yerasov Igor Aleksandrovich

FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alexeyev»

Address: Russia GSP-41, 603950, N. Novgorod, ul. Minin, d. 24

Associate Professor of «Construction and Road Machines»

E-mail: mon-gosha@rambler.ru

Kolesnichenko Nikita Artemovich

FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alexeyev»

Address: Russia GSP-41, 603950, N. Novgorod, ul. Minin, d. 24

Master of the department «Construction and Road Machines»

E-mail: mon-gosha@rambler.ru

Molev Yuri Igorevich

FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alexeyev»

Address: Russia GSP-41, 603950, N. Novgorod, ul. Minin, d. 24

Professor of the Department «Construction and Road Machines»

E-mail: moleff@yandex.ru

Proshin Dimitri Nikolaevich

Private institution of additional education MIRACLE «Regional Institute of Expertise»

Address: Russia, 603163, g. Nizhniy Novgorod, ul. G.Lopatina, 12, building 2, pom.1.

Teacher

E-mail: proshdn@mail.ru

Shapkin Viktor Aleksandrovich

FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alexeyev»

Address: Russia GSP-41, 603950, g. N. Novgorod, ul. Minin, d. 24

Professor of the Department «Construction and Road Machines»

E-mail: from_friends@mail.ru

УДК 656.086.2:343.346

С. А. ЕВТЮКОВ, А. В. ЧУДАКОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ НАЕЗДЕ НА ПЕШЕХОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОМЕТРИИ КУЗОВА (НА ПРИМЕРЕ МИНИВЭН)

В данной статье рассмотрен вопрос по определению скорости движения транспортного средства в момент наезда на пешехода с геометрией кузова автомобиля минивэн. Детально рассмотрен характер перемещения манекен после столкновения с транспортным средством. Представлены натурные экспериментальные данные о скорости скольжения манекена по поверхности проезжей части после столкновения с транспортным средством, а также расстояние перемещения и общей длины отброса.

Приведен сравнительный анализ теоретического расчета скорости транспортного средства по разработанной формуле и фактически полученных значений.

Ключевые слова: экспертиза, ДТП, наезд на пешехода, скорость транспортного средства (ТС), процесс отбрасывания, коэффициент скольжения, работа силы трения скольжения, контакт (ТС) с пешеходом, скорость пешехода, скорость автомобиля.

По данным экспертной практики наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) связанных с наездом на пешехода происходят торцевой частью автомобиля. По данным статистики таких наездов с участием пешеходов порядка 75% от общего количества ДТП [7, 9].

Основной задачей специалиста-эксперта при реконструкции дорожно-транспортного происшествия, связанного с наездом на пешехода, считается заключение о способности водителя избежать наезд и определить наличие либо отсутствие состава преступления в его деяниях, а именно, нарушил ли водитель пункт правил дорожного движения 10.1., ч. 2., который гласит: водитель должен вести транспортное средство с такой скоростью, которая будет обеспечивать водителю возможность постоянного контроля за дорогой и движением транспортного средства для выполнения требований ПДД, а в случае возникновения экстренной ситуации - должен снизить скорость вплоть до полной остановки [7].

Рассматривая механизм наезда на пешехода, можно выделить три основных фазы [6, 7, 9, 15, 19]:

- первая фаза: «Сближение транспортного средства и пешехода».

Эта фаза наступает с этапа выявления водителем опасности для дальнейшего движения и принятия действий для избежания наезда.

В данной фазе, о возможности избежать наезд, будет зависеть много факторов, такие как скорость движения транспортного средства, за какое время водитель автомобиля увидел опасность, состояние дорожного покрытия, скорость движения пешехода, а так же немаловажное значение будет иметь техническое состояние автомобиля и многое другое.

- вторая фаза: «Контакт транспортного средства и пешехода».

Данная фаза наступает, когда произошел взаимный контакт ТС и пешехода. Механизм наезда в этой фазе будет зависеть от обоюдного расположения автотранспортного средства и потерпевшего, а кроме того от их взаимных скоростей движения. Так же важным фактором, влияющим на вторую фазу, является геометрия кузова автомобиля, а именно на процесс забрасывания пешехода на автомобиль, на сколько высоко будет заброшен пострадавший. Следующим важным фактором является скорость пешехода, рост и вес, так как от этого напрямую зависит направление движения, в какую сторону он будет отброшен.

- третья фаза: «Процесс отбрасывания манекена» представлен на рисунке 1.

Когда контакт транспортного средства с пешеходом уже произошел, водитель автомобиля прибегнул к экстремному торможению и тело пешехода движется от транспортного средства в сторону или под транспортное средство в зависимости от скорости движения автомобиля, геометрии кузова, роста и веса последнего (процесс отбрасывания). Данная стадия начинается в период контакта транспортного средства и тела пешехода, а заканчивается в момент прекращения движения пострадавшего.



Рисунок 1 – Процесс отброса манекена при наезде

Изучая более подробно механизм движения манекена в третьей фазе, а именно процесс перемещения после контакта с транспортным средством можно произвести расчеты для определения скорости движения транспортного средства в момент наезда.

Если рассмотреть более детально третью фазу (процесс перемещения), то можно этот процесс разделить на три этапа [7]:

- первый этап: начинается, когда транспортное средство совершило столкновение и тело пешехода оказалось заброшенным на капот и движется на автомобиле с заданной скоростью;

- второй этап: водитель транспортного средства прибегает к экстремному торможению и тело пешехода с заданной скоростью начинает перемещаться во времени и пространстве, а заканчивается, когда касается поверхности проезжей части. Этот этап более подробно представлен на рисунке 2;



Рисунок 2 – Этап перемещения манекена во времени и пространстве

- третий этап: начинается с того момента когда тело пешехода с заданной скоростью касается поверхности дороги и начинает двигаться по поверхности проезжей части, а заканчивается в тот момент когда тело пешехода погасило об дорожное покрытие всю заданную скорость и остановилось. Этап скольжения манекена по поверхности дороги представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Скольжение манекена по поверхности дорожного покрытия

При наезде автомобиля на пешехода, тело пострадавшего со временем обретает скорость ТС в направлении силы удара. При ударе с последующим резким торможением, скорость приобретенная пешеходом, совпадает по величине и направлению со скоростью автомобиля в момент наезда. Данный факт дает возможность в определенных случаях достаточно точно установить скорость ТС в момент удара, в случае, если установлено то расстояние, на которое переместилось тело пешехода по поверхности дороги.

На базе ИБДД СПбГАСУ был произведен натурный эксперимент по замеру расстояния скольжения манекена по поверхности дорожного покрытия - асфальтобетон сухой. Так же были получены результаты по второму этапу третьей фазы механизма наезда, по процессу перемещения, скольжения, когда тело пешехода уже приобрело скорость ТС и с заданной скоростью перемещается во времени и пространстве до момента касания его поверхности дороги.

В эксперименте использовали автомобиль с типом кузова – минивэн и манекен с ростом 157 см, весом 51,2 кг, одетого в хлопчатобумажную куртку и джинсы. Данным автомобилем наносился удар по биоманекену, что имитировало реальный наезд на пешехода. При помощи данного исследования были зафиксированы значения: длина перемещения $l_{пер}$ и длина скольжения $l_{ск}$, которые в последующем будут использоваться как исходные данные для расчета скорости ТС. В каждом тесте производилось по три замера и за итоговый результат выдавалось среднеарифметическое значение. Допустимое отклонение от среднего значения в данном эксперименте не превышает 10%.

В таблице 1 представлены экспериментальные данные расстояния скольжения манекена по поверхности дороги в зависимости от скорости движения транспортного средства.

Таблица 1 - Экспериментальные данные скольжения манекена по поверхности дороги в зависимости от скорости ТС для типа кузова минивэн

Тип кузова	Тип одежды манекена	Тип дорожного покрытия	μ	$l_{ск}, м$	Скорость ТС
Минивэн	Хлопчатобумажная куртка, джинсы, кроссовки	Асфальтобетон сухой	0,53	1,47	18
Тот же	Тот же	Тот же	Тот же	2,60	24
Тот же	Тот же	Тот же	Тот же	4,72	32
Тот же	Тот же	Тот же	Тот же	5,05	35
Тот же	Тот же	Тот же	Тот же	5,85	38

На рисунке 4 представлено расстояния скольжения манекена в зависимости от скорости движения автомобиля

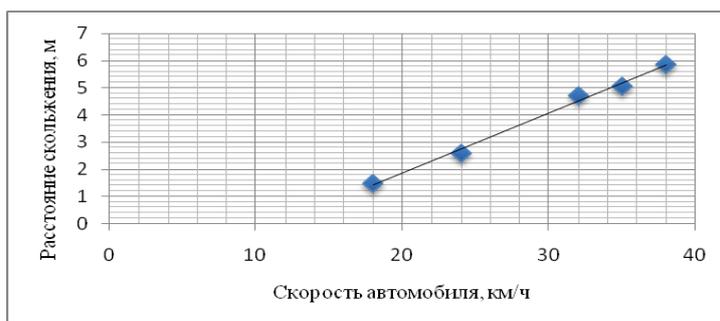


Рисунок 4 - Экспериментальные данные скольжения манекена по поверхности дороги в зависимости от скорости ТС для типа кузова минивэн

В таблице 2 представлены экспериментальные данные расстояния перемещения манекена над поверхностью дороги в зависимости от скорости движения транспортного средства для типа кузова минивэн.

Таблица 2 - Экспериментальные данные перемещения биоманекена над поверхностью дороги в зависимости от скорости ТС для типа кузова минивэн

Тип кузова	Высота падения	Тип одежды манекена	Тип дорожного покрытия	Скорость ТС	$l_{пер}$, м
Минивэн	130	Хлопчатобумажная куртка, джинсы, кроссовки	Асфальтобетон сухой	18	1,10
- / -	140	- / -	- / -	24	2,50
- / -	149	- / -	- / -	32	4,50
- / -	153	- / -	- / -	35	4,90
- / -	157	- / -	- / -	38	5,20

На рисунке 5 представлено расстояния перемещения манекена в зависимости от скорости движения транспортного средства.

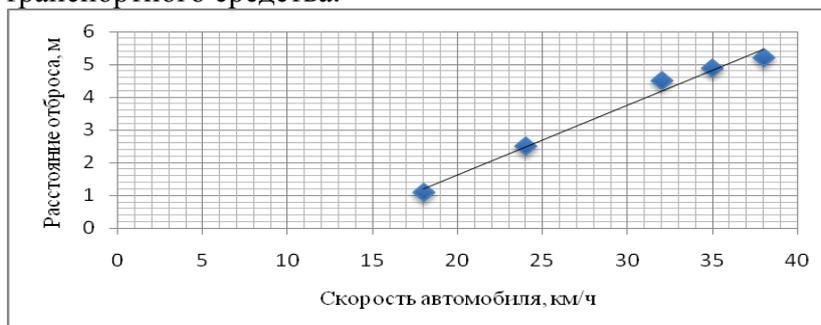


Рисунок 5 - Экспериментальные данные перемещения манекена над поверхностью дороги в зависимости от скорости ТС

В таблице 3 представлены экспериментальные данные общего расстояния отброса манекена в момент наезда в зависимости от скорости движения транспортного средства.

Таблица 3 - Экспериментальные данные общего расстояния отброса биоманекена в зависимости от скорости ТС для типа кузова минивэн

Тип кузова	Высота падения	Тип одежды манекена	Тип дорожного покрытия	μ	L_0 , м	Скорость ТС
Минивэн	130	Хлопчатобумажная куртка, джинсы, кроссовки	Асфальтобетон сухой	0,53	2,57	18
- / -	140	- / -	- / -	- / -	5,10	24
- / -	149	- / -	- / -	- / -	9,22	32
- / -	153	- / -	- / -	- / -	9,95	35
- / -	157	- / -	- / -	- / -	11,05	38

На рисунке 6 представлено общее расстояние отброса манекена в зависимости от скорости движения автомобиля.

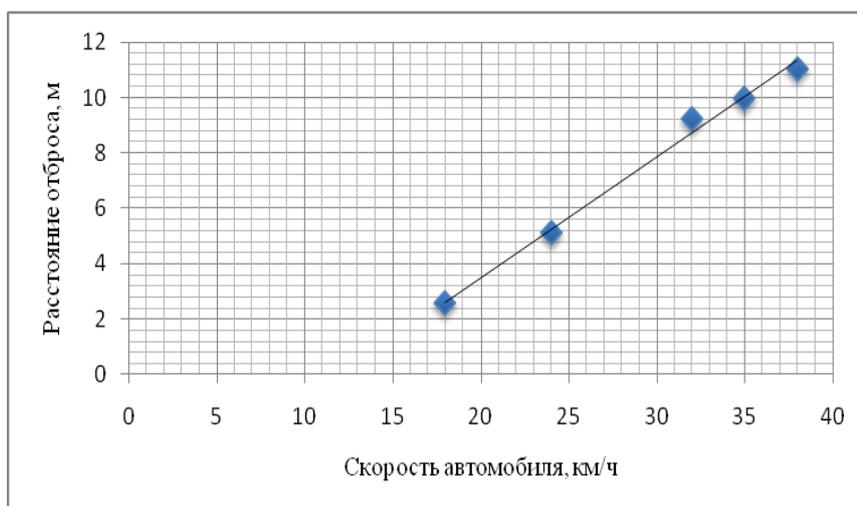


Рисунок 6 - Экспериментальные данные расстояния отброса манекена в зависимости от скорости ТС

Данный эксперимент показывает прямую зависимость между скоростью транспортного средства и такими показателями как расстояние скольжения, перемещения и общей длиной отброса пешехода, что подтверждает свою актуальность и требует изучения, как с теоретической, так и с практической точки зрения для выявления зависимости между расстоянием отброса пешехода при наезде с другой геометрией кузова в зависимости от скорости транспортного средства.

Для расчета скорости ТС по уточненной нами методике (1) был произведен расчет, представленный в таблице 4 и на рисунке 7, где скорость движения тела пешехода во время скольжения по поверхности дорожного покрытия равна скорости движению автомобиля в момент наезда на пешехода $v_{ск.п.} = V_a$.

$$v_{ск.п.} = \sqrt{2g\mu l_{ск.п.}} \quad (1)$$

где μ - коэффициента трения скольжении манекена по поверхности дороги;

$l_{ск.п.}$ – расстояние которое скользил биоманекен по поверхности дороги;

g – 9,81 м/с².

Таблица 4 - Сравнительный анализ фактической и расчетной скорости (4)

Тип кузова	Тип одежды манекена	Тип дорожного покрытия	Скорость ТС в момент наезда км/ч	Расчетная скорость ТС км/ч
Минивэн	Хлопчатобумажная куртка, джинсы, кроссовки	Асфальтобетон сухой	18	14
- / -	- / -	- / -	24	18,6
- / -	- / -	- / -	32	25,2
- / -	- / -	- / -	35	26
- / -	- / -	- / -	38	28

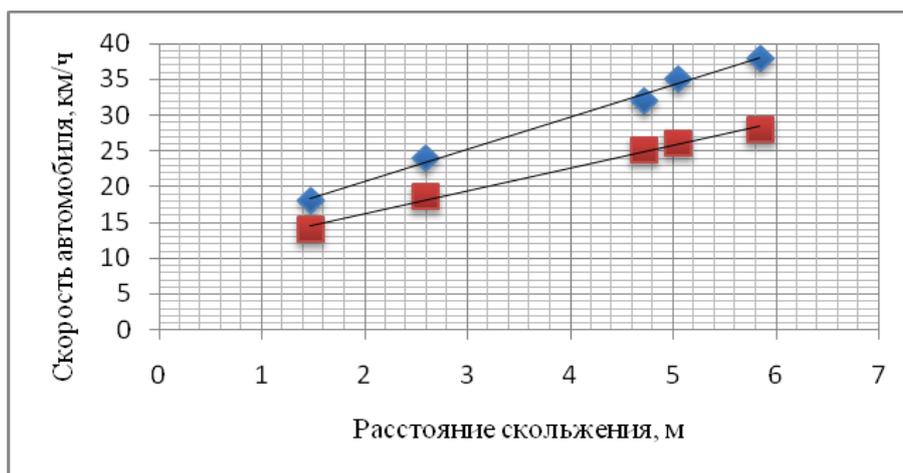


Рисунок 7 - Данные о скольжении манекена по поверхности дороги в зависимости от скорости ТС полученные экспериментальным путем и рассчитанные по формуле для типа кузова минивэн

Исходя из вышесказанного, следует отметить, что данный эксперимент и произведенные расчеты показывают прямую зависимость между скоростью транспортного средства и такими показателями как расстояние скольжения $l_{ск}$, перемещения $l_{пер}$ и общая длина отброса манекена L_o . Также требуется дальнейшее изучение, как с теоретической, так и с практической точки зрения, зависимости между расстоянием отброса пешехода при наезде с другой геометрией кузова в зависимости от скорости транспортного средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы исследования обстоятельств ДТП // Материалы Первой международной конференции. – СПб.: Сев.-Зап. рег. центр. суд. Экспертизы. - 2001. - 399 с.
2. Балакин, В. Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учебное пособие / В.Д. Балакин. – Сибирь: Издательство Сибирская гос. Академия, 2010. – 137 с.
3. Грановский, Г.Л. Транспортно-трассологическая экспертиза по делам о ДТП (диагностические исследования) [Текст]: учебное пособие / Г.Л. Грановский, Ю.Г. Корухов. – М. - Часть 2, 2006. - 149 с.
4. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учебное пособие / Э.Р. Домке. – Пенза: Издательство Пензенского гос. ун-та, 2005. – 318 с.
5. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Э.Р. Домке. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 288 с.
6. Евтюков, С.А. Определение скорости транспортного средства по отбросу тела пешехода при наезде [Текст] / С.А. Евтюков, А.В. Чудаков // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». - 2015. – С. 281-287.
7. Евтюков, С.А. Исследование механизма наезда на пешехода при блокирующем ударе [Текст] / С.А. Евтюков, А.В. Чудаков // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». - 2015.
8. Евтюков, С.С. Определение места наезда на пешехода по длине отброса тела [Текст] / С.А. Евтюков, А.В. Чудаков // Строительная наука - XXI ВЕК: теория, образование, практика, инновация. - 2015. – С. 137-140.
9. Евтюков, С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование реконструкция экспертиза [Текст]: учебное пособие / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. - СПб.: Издательство ДНК, 2008. – 390 с.
10. Евтюков, С. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: справочник / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб.: Издательство ДНК, 2006. – 536 с.
11. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст]: учебное пособие / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 1997. - 232 с.
12. Коршаков, И.К. Комплексный анализ ДТП [Текст]: учебное пособие / И.К. Коршаков, В.Н. Сытник. - М.: МАДИ, 1991. - 115 с.
13. Кривицкий, А.М. Использование специальных познаний в расследовании ДТП [Текст]: методическое пособие / А.М. Кривицкий, В.В. Фальковский, Ю.И. Шапаров. – Изд. «Харвест», 2004. – 128 с.
14. Методические рекомендации по исследованию причин ДТП с особо тяжкими последствиями. - М.: ФГУП НИИАТ, 2003 - 56 с.
15. Пучкин, В.А. Судебная автотехническая экспертиза. Анализ дорожно-транспортных происшествий [Текст]: научно-практическое пособие / В.А. Пучкин. - Ростов-н/Д: Профпресс, 2015. – 360 с.

16. Смирнова, С.А. Судебная экспертиза на рубеже XXI века. Состояние, развитие, проблемы [Текст]: учебное пособие / С.А. Смирнова. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2004. – 880 с.
17. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действие водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП [Текст]: учебное пособие / Ю.Б. Суворов. – М.: Экзамен; Право и закон, 2004. – 208 с.
18. Туренко, А.Н. Автотехническая экспертиза [Текст]: учебное пособие / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, А.В. Сараев. - Харьков: ХНАДУ, 2007.- 156 с.
19. Чудаков, А.В. Расчет коэффициента трения скольжения при определении скорости транспортного средства в момент наезда на пешехода [Текст] / А.В. Чудаков // Вестник гражданских инженеров. - СПб.: СПбГАСУ.
20. Pavel, P. Transportation as a science [Text] / P. Pavel, A.N. Novikov, A.A. Katunin // Мир транспорта и технологических машин. - № 3 (46). - 2014. - С. 96-109.
21. Новиков, А.Н. Интеллектуализация дорожного движения на улице Наугорское шоссе города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, В.В. Васильева, Д.Д. Матназаров; под ред. А.Н. Новикова // ГЛОНАСС - Регионам. – Орел. - 2014. - С. 48-54.
22. Новиков, А.Н. Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - № 4 (39). - 2012. - С. 69-74.

Евтюков Сергей Аркадьевич

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4
Д-р техн. наук, профессор декан Автомобильно-дорожного факультета
E-mail: s.a.evt@mail.ru

Чудаков Алексей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4
Аспирант
E-mail: chudakov07@gmail.com

S.A. EVTYUKOV, A.V. RUDAKOV

DETERMINATION OF VEHICLE SPEEDS AT PEDESTRIAN PROTECTION, DEPENDING ON THE GEOMETRY OF THE BODY (FOR EXAMPLE, A MINIVAN)

In this article the question of determining the speed of the vehicle at the time of collision with a pedestrian with the geometry of the car body minivan. Considered in detail the nature of the movement of the dummy after the collision with the vehicle. Presents full-scale experimental data on the sliding speed of the dummy on the surface of the carriageway after a collision with the vehicle, as well as travel distance and total length of garbage.

A comparative analysis of the theoretical calculation of the vehicle speed on the developed formula and actually obtained values.

Keywords: *examination, accident, hit a pedestrian, slip ratio, work force of friction, contact the vehicle with a pedestrian vehiclespeed.*

BIBLIOGRAPHY

1. Aktual`nye problemy issledovaniya obstoyatel`stv DTP // Materialy Pervoy mezhdunarodnoy kon-ferentsii. - SPb.: Sev.-Zap. reg. tsentr. sud. Ekspertizy. - 2001. - 399 s.
2. Balakin, V. D. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestvii? [Текст]: учебное пособие / V.D. Balakin. - Sibir: Izdatel`stvo Sibirskaya gos. Akademiya, 2010. - 137 s.
3. Granovskiy, G.L. Transportno-trassologicheskaya ekspertiza po delam o DTP (diagnosticheskie issledovaniya) [Текст]: учебное пособие / G.L. Granovskiy, YU.G. Korukhov. - M. - Chast` 2, 2006. - 149 с.
4. Domke, E.R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviiy [Текст]: учебное пособие / E.R. Domke. - Penza: Izdatel`stvo Penzenskogo gos. un-ta, 2005. - 318 s.

5. Domke, E.R. *Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Tekst] /E.R. Domke. - M.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2009. - 288 s.
6. Evtyukov, S.A. *Opreделение скорости транспортного средства по отбросу тела пешехода при наезде* [Tekst] / S.A. Evtyukov, A.V. Chudakov // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte*. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2015. - S. 281-287.
7. Evtyukov, S.A. *Issledovanie mekhanizma naezda na peshekhoda pri blokiryushchem udare* [Tekst] / S.A. Evtyukov, A.V. Chudakov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2015.
8. Evtyukov, S.S. *Opreделение места наезда на пешехода по дине отброса тела* [Tekst] / S.A. Evtyukov, A.V. Chudakov // *Stroitel'naya nauka - XXI VEK: teoriya, obrazovanie, praktika, innovatsiya*. - 2015. - S. 137-140.
9. Evtyukov, S.A. *Dorozhno-transportnye proissheshtviya: rassledovanie rekonstruktsiya ekspertiza* [Tekst]: *uchebnoe posobie* / S.A. Evtyukov, YA.V. Vasil'ev. - SPb.: Izdatel'stvo DNK, 2008. - 390 s.
10. Evtyukov, S. A. *Ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Tekst]: *spravochnik* / S.A. Evtyukov, YA.V. Vasil'ev. - SPb.: Izdatel'stvo DNK, 2006. - 536 s.
11. Klinkovshcheyn, G.I. *Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya* [Tekst]: *uchebnoe posobie* / G.I. Klinkovshcheyn, M.B. Afanas'ev. - M.: Transport, 1997. - 232 s.
12. Korshakov, I.K. *Kompleksnyy analiz DTP* [Tekst]: *uchebnoe posobie* / I.K. Korshakov, V.N. Sytnik. - M.: MADI, 1991. - 115 s.
13. Krivitskiy, A.M. *Ispol'zovanie spetsial'nykh poznaniy v rassledovanii DTP* [Tekst]: *metodicheskoe posobie* / A.M. Krivitskiy, V.V. Fal'kovskiy, YU.I. Shaparov. - Izd. "Harvest", 2004. - 128 s.
14. *Metodicheskie rekomendatsii po issledovaniyu prichin DTP s osobo tyazhkimi posledstviyami*. - M.: FGUP NIIAT, 2003 - 56 s.
15. Puchkin, V.A. *Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. Analiz dorozhno-transportnykh proissheshtviy* [Tekst]: *nauchno-prakticheskoe posobie* / V.A. Puchkin. - Rostov-n/D: Profpress, 2015. - 360 s.
16. Smirnova, S.A. *Sudebnaya ekspertiza na rubezhe XXI veka. Sostoyanie, razvitie, problemy* [Tekst]: *uchebnoe posobie* / S.A. Smirnova. - 2-e izd., pererab. i dop. - SPb.: Piter, 2004. - 880 s.
17. Suvorov, YU.B. *Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza. Sudebno-ekspertnaya otsenka deystvie voditeley i drugikh lits, otvetstvennykh za obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya, na uchastkakh DTP* [Tekst]: *uchebnoe posobie* / YU.B. Suvorov. - M.: Ekzamen; Pravo i zakon, 2004. - 208 s.
18. Turenko, A.N. *Avtotekhnicheskaya ekspertiza* [Tekst]: *uchebnoe posobie* / A.N. Turenko, V.I. Klimenko, A.V. Saraev. - Har'kov: HNADU, 2007.- 156 s.
19. Chudakov, A.V. *Raschet koeffitsienta treniya skol'zheniya pri opredelenii skorosti transportnogo sredstva v moment naezda na peshekhoda* [Tekst] / A.V. Chudakov // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. - SPb.: SPbGASU.
20. Pavel, P. *Transportation as a science* [Text] / P. Pavel, A.N. Novikov, A.A. Katunin // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - № 3 (46). - 2014. - S. 96-109.
21. Novikov, A.N. *Intellektualizatsiya dorozhnogo dvizheniya na ulitse Naugorskoe shosse goroda Orla* [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, V.V. Vasil'eva, D.D. Matnazarov; pod red. A.N. Novikova // *GLONASS - Regionam*. - Orel. - 2014. - S. 48-54.
22. Novikov, A.N. *Analiz stepeni zagruzki marshrutnoy transportnoy seti goroda Orla* [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - № 4 (39). - 2012. - S. 69-74.

Evtyukov Sergei Arkad'evich

FGBOU VPO «Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»

Address: Russia, 190005, g. St. Petersburg, 2nd Red Army Street., 4

Dr. Sc., Professor Dean of the Faculty of Automobile and Road

E-mail: s.a.evt@mail.ru

Chudakov Alexey Vladimirovich

FGBOU VPO «Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»

Address: Russia, 190005, g. St. Petersburg, 2nd Red Army Street., 4

Graduate student

E-mail: chudakov07@gmail.com

УДК 656.135.073

К.С. ПОДШИВАЛОВА, А.С. НУГАЕВ

ПРИМЕНЕНИЕ ВРЕМЕННОГО КРИТЕРИЯ АГРЕГАЦИИ В ЗАДАЧЕ МАРШРУТИЗАЦИИ ПРИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

Рассматривается эвристическое решение транспортной задачи при кластерной интегрированной системе доставки грузов. В качестве критерия агрегации используется минимальное время нахождения груза в автомобиле. Оптимальный маршрут определяется точным методом фиктивных узлов и ветвей.

Ключевые слова: маршрутизация, кластер, фиктивный узел, агрегация, время.

Одним из направлений повышения производительности автомобиля при партионной развозке грузов является сокращение времени доставки грузов за счет выбора оптимального маршрута и рационального распределения грузопотоков на транспортной сети. Большая транспортная сеть разбивается на кластеры или зоны обслуживания любым известным способом [1, 2, 3, 4,]. Получается частный случай интегрированной системы доставки грузов [5, 6, 7, 8]. Теория расчета оптимальных маршрутов для нее не достаточно разработана.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривается вариант транспортной задачи, когда транспортная сеть разбита на базы и кластеры, состоящие из пунктов разгрузки. В отличие от помашинной [9, 10] при партионной доставке груза требуется решить не одну, а две оптимизационные задачи маршрутизации. Первая из них заключается в нахождении оптимального маршрута от баз через пункты разгрузки в кластере. Вторая задача маршрутизации предполагает составление плана распределения грузопотоков и негруженых автомобилей между базами и кластерами. Для решения первой из них при партионной доставке грузов, следует выбрать критерий агрегации кластера, который наиболее точно соответствовал бы физической сущности процесса перевозки-ездки с грузом и простоя под разгрузкой [11, 12, 13].

В [5] использован критерий по наименьшему грузовому плечу от базы до центра масс кластера. Для его определения используется величина транспортной работы и масса груза кластера. Однако он не учитывает время простоя в пункте разгрузки. В каждом из них оно может быть разным. Следовательно, величина времени простоя будет влиять на выбор оптимального маршрута и его необходимо учитывать при формировании модели расчета транспортной задачи.

МОДЕЛЬ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА

Однородный продукт находится в n базах величиной $G_1, G_2 \dots G_n$, соответственно. Из них он отправляется по m кластерам в количестве $Q_1, Q_2 \dots Q_m$. Между k пунктами каждого кластера груз развозится последовательно весом $q_1, q_2 \dots q_k$. Известно расстояние c_{ij} между вершинами i и j транспортного графа и технологические параметры перевозочного процесса: скорость передвижения, время разгрузки единицы товара, время маневрирования и оформления документов. Требуется составить план развозки груза между грузополучателями и грузоотправителями так, чтобы общее время доставки товара было минимальным.

Для решения задачи используем эвристический подход на основе метода агрегации и дезагрегации [5, 14, 15, 16]. В отличие от [5] задачу решаем в три этапа. Сначала рассматри-

ваем задачу определения оптимального маршрута по времени при проезде из баз через каждый кластер. Затем решаем транспортную задачу для полученной агрегированной транспортной сети. На последнем этапе устанавливаем маршруты движения при интегрированной системе доставки грузов.

В качестве критерия агрегации используем наименьшее время нахождения груза в автомобиле. Затрата времени на некоторой ветви $i-j$ при движении от вершины i к пункту j равна:

$$t_{ij}^{TP} = \frac{\ell_{ij}^{ep}}{V_{ij}} + t_j^p \cdot q_j + t_j^M, \quad (1)$$

где ℓ_{ij}^{ep} – длина грузовой ездки на ветви $i-j$;

V_{ij} – техническая скорость;

t_j^p – время разгрузки единицы груза в вершине j ;

q_j – масса груза в вершине j ;

t_j^M – время маневрирования и ожидания в пункте j .

В обратном направлении при движении от пункта j к i время на ветви $j-i$

$$t_{ji}^{TP} = \frac{\ell_{ji}^{ep}}{V_{ji}} + t_i^p \cdot q_i + t_i^M. \quad (2)$$

Расчет времени производится с точностью более чем одного знака после запятой, что позволит сократить количество переборов вариантов на дереве решений, в виду полученной несимметричной матрицы времени. При этом не требуется рассматривать все возможные варианты радиальных маршрутов, проходящие через кластер с любой базы на любую другую базу. Достаточно рассмотреть случай кольцевого маршрута через него с каждой из них и преобразовать исходный кластерный граф. Для этого проводим ориентированные ветви нулевой длины от всех пунктов кластера до рассматриваемой базы. Получаем грузовой граф. Решаем для него задачу маршрутизации и определяем наименьшее время нахождения груза в кузове автомобиля на маршруте. Находим конечные пункты разгрузки в кластерах с каждой базы. При решении задачи маршрутизации используем метод ветвей и границ [17, 18], усовершенствованный в [19, 20] и позволяющий посещать вершины графа несколько раз. Пример грузового графа и маршрут передвижения в нем представлен на рисунке 1.

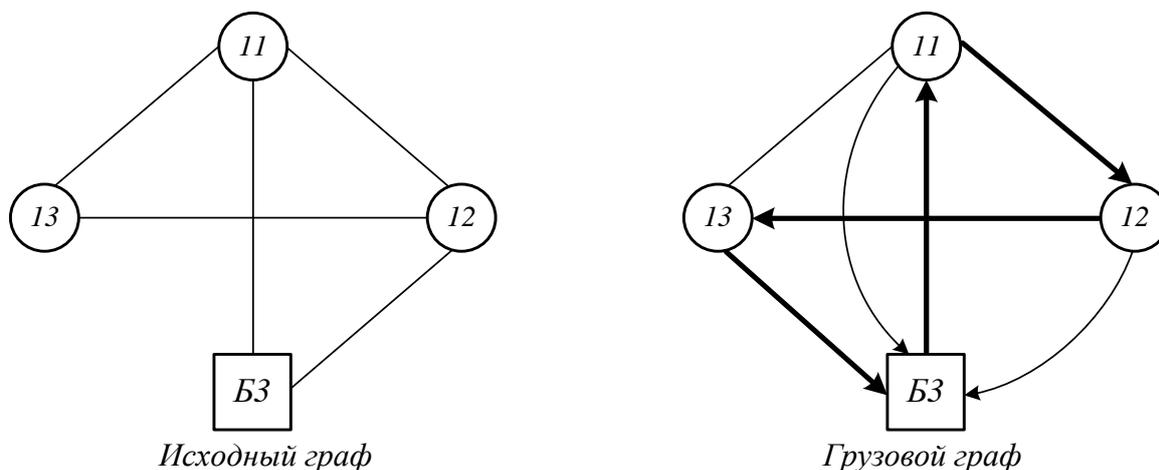


Рисунок 1 – Исходный и грузовой графы

На втором этапе заменяем кластер одним центром масс, в котором располагаем весь груз, перевозимый через него. Соединяем центр масс с базами при помощи полученных агрегированных ветвей равными по величине наименьшему грузовому времени. В результате получаем агрегированную транспортную сеть для помашинной развозке грузов. Таким образом, решение транспортной задачи при партионной доставке товара сведено к задаче линейного программирования [21]. Требуется минимизировать целевую функцию в виде

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{ij} X_{ij} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где X_{ij} – искомое количество продукции в тоннах перевозимая автомобилем из базы i через кластер;

t_{ij} – критерий агрегации в виде наименьшего времени нахождения груза в автомобиле при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = G_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = Q_j, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad (6)$$

$$Q_j = \sum_{\varphi=1}^k q_{\varphi j}, \quad \varphi = 1, 2, \dots, k, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n G_i = \sum_{j=1}^m Q_j. \quad (8)$$

Ограничение по запасам выражает (4). Формула (5) обеспечивает условие, что все потребности будут удовлетворены полностью. Выражение (6) есть условие не отрицательности переменной. Условие (7) показывает, что груз развозится по k пунктам кластера. Формула (8) обеспечивает равенство объема завозимого груза на всех маршрутах его объему вывозимого от всех поставщиков. Далее задачу решаем распределительным методом МОДИ и определяем оптимальный план распределения грузопотоков между грузополучателями и грузоотправителями.

Проводим дезагрегацию и определяем конечную вершину оптимального маршрута при выезде из каждого кластера. При решении вопроса о минимизации холостых пробегов с конечных пунктов необходимо усовершенствовать методику МОДИ. Учесть, что при формировании матрицы холостых пробегов количество строк должно равняться числу маршрутов со всех баз. Теперь конечные пункты выступают в качестве грузоотправителей, а базы являются грузополучателями. В ее правом верхнем углу указывается время холостого пробега из конечного пункта оптимального маршрута в рассматриваемом кластере до баз снабжения.

На третьем этапе находим распределение оптимальных маршрутов между базами при помощи совмещения матриц грузопотоков и холостых пробегов. В ней, количество столбцов

должно равняться числу маршрутов от всех баз через конечные пункты кластеров. В результате ее решения на первом шаге получаем оптимальную комбинированную схему передвижения независимо с каждой базы отдельно. На втором шаге находим интегрированную взаимосвязанную схему передвижения с несколько баз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, решена временная транспортная задача для совместной помашинной и партионной развозки однородного груза при интегрированной системе его перевозки по пунктам кластеров с нескольких баз. Использование метода фиктивных узлов и ветвей, а также методик агрегации и дезагрегации, позволило свести ее решение к двукратной задаче линейного программирования методом МОДИ. Предложенная временная методика расчета, по сравнению более правильно учитывает физическую сущность всего процесса доставки груза – движение и простой. Поэтому ее использование позволит экономить общее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А.И. Воркут. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1986. – 447 с.
2. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности [Текст] / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1989.
3. Мандель, И.Д. Кластерный анализ [Текст] / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988.
4. Миркин, Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений [Текст] / Б.Г. Миркин. – М.: изд. дом «Высшая школа экономики», 2011.
5. Подшивалова, К.С. Проектирование рациональной схемы движения грузопотоков в интегрированной системе доставки грузов [Текст] / К.С. Подшивалова, С.Ф. Подшивалов, Ю.В. Родионов // Автотранспортное предприятие. - Орел. - 2013. - №3. - С. 51-56.
6. Родионов, Ю.В. Маршрутизация маятниковых и кольцевых маршрутов между несколькими базами снабжения [Текст] / Ю.В. Родионов, К.С. Подшивалова, С.Ф. Подшивалов // Вестник Таджикского технического университета. – 2012. – № 1(17). – С. 79-83.
7. Подшивалов, С.Ф. Проектирование маршрутов с контрольной вершиной из разных центров [Текст] / С.Ф. Подшивалов, К.С. Подшивалова, Ю.В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 1. - С. 27-32.
8. Подшивалова, К.С. Параметры функционирования интегрированной системы доставки грузов [Текст] / К.С. Подшивалова, С.Ф. Подшивалов, И.С. Герасимова // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 1 (44). - С. 99-103.
9. Кожин, А.П. Математические методы планирования и управления грузовыми автомобильными перевозками [Текст] / А.П. Кожин, В.Н. Мезенцев. – М.: Транспорт, 1994. – 304 с.
10. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте [Текст] / Б.Л. Геронимус, Л.В. Царфин. - М.: Транспорт, 1987. - 165 с.
11. Вельможин, А.В. Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками [Текст]: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин // Волгоград: Волг.гос. тех. ун-т. - 1999. - 296 с.
12. Николин, В.И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. – Омск: Изд. «Вариант-Сибирь», 2004. - 480 с.
13. Витвицкий, Е. Е. Совершенствование теории мелкопартионных грузовых автомобильных перевозок: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10. / Витвицкий Е. Е.; Тюмен. гос. нефтегазовый ун-т. – Тюмень, 2005. - 31 с.
14. David F. Rogers, Robert D. Plante, Richard T. Wong and James R. Evans. Aggregation and Disaggregation Techniques and Methodology in Optimization. Operations Research. Vol. 39, No. 4 (Jul. –Aug., 1991), pp. 553-582.
15. Танаев, В. С. Декомпозиция и агрегирование в задачах математического программирования [Текст] / В.С. Танаев; под ред. А. Д. Закревского. - Мн.: Наука и техника, 1987. - 183 с.
16. Пожидаев, М.С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.С. Пожидаев. – Томск, 2010.
17. Литл, Дж. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере [Текст] / Дж. Литл, К. Мурти, Д. Суини, К. Карел // Экономика и математические методы. – М. - 1965. - Т. 1. - Вып. 1. - С. 94-107.
18. Мудров, В.И. Задача о коммивояжере [Текст] / В.И. Мудров. – М.: Знание, 1969. - 61 с.

19. Подшивалов, С.Ф. Особенность использования метода ветвей и границ в задаче маршрутизации при неполном транспортном графе [Текст] / С.Ф. Подшивалов, К.С. Подшивалова // Экономика и математические методы. - М. - 2014. - Т. 50. - №3. - С. 190-196.
20. Подшивалова, К.С. Повышение эффективности перевозок мелкопартионных грузов автомобильным транспортом [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / К.С. Подшивалова. - Волгоград, 2007.
21. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [Текст] / Хемди А. Таха. - 7-е изд., перевод с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. - 912 с: ил.
22. Корчагин, В.А. Построение синхронизированной и эффективной логистической цепи поставок [Текст] / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. - № 4 (47). - 2014. - С. 139-142.
23. Новиков, А.Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А.Н. Новиков [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. - № 4 (36). - 2011. - С. 69-77.
24. Новиков, А.Н. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - № 1 (40). - 2013. - С. 85-90.

Подшивалова Кристина Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28

Доцент кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: sharm-08@bk.ru

Нугаев Альберт Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28

Студент гр. ТТП-21м

K.S. PODSHIVALOVA, A.S. NOUGAT

**APPLICATION TIME-BASED AGGREGATION THE ROUTING
PROBLEM WITH INTEGRATED FREIGHT SYSTEM**

Is a heuristic solution to transport problems when the delivery of the cargo in homogeneous clusters. Aggregation is used as the criterion minimal residence time in the car. The best route is determined by the exact method of fictitious nodes and branches.

Keywords: routing, cluster, a dummy site, aggregation, time.

BIBLIOGRAPHY

1. Vorkut, A.I. Gruzovye avtomobilnye perevozki [Tekst] / A.I. Vorkut. Izd. 2-e, pererab. i dop.- Kiev: Vishcha shkola. Golovnoe izd-vo, 1986. - 447 s.
2. Ayvazyan, S.A. Prikladnaya statistika: klassifikatsiya i snizhenie razmernosti [Tekst] / S.A. Ayva-zyan, V.M. Bukhshtaber, I.S. Enyukov, L.D. Meshalkin. - M.: Finansy i statistika, 1989.
3. Mandel', I.D. Klasternyy analiz [Tekst] / I.D. Mandel'. - M.: Finansy i statistika, 1988.
4. Mirkin, B.G. Metody klaster-analiza dlya podderzhki prinyatiya resheniy [Tekst] / B.G. Mirkin. - M.: izd. dom "Vysshaya shkola ekonomiki", 2011.
5. Podshivalova, K.S. Proektirovanie ratsional'noy skhemy dvizheniya gruzopotokov v integrirovannoy sisteme dostavki gruzov [Tekst] / K.S. Podshivalova, S.F. Podshivalov, YU.V. Rodionov // Avtotransportnoe predpriyatie. - Orel. - 2013. - №3. - S. 51-56.
6. Rodionov, YU.V. Marshrutizatsiya mayatnikovykh i kol'tsevykh marshrutov mezhdu neskol'kimi bazami snabzheniya [Tekst] / YU.V. Rodionov, K.S. Podshivalova, S.F. Podshivalov // Vestnik Tadzhijskogo tekhnicheskogo universiteta. - 2012. - № 1(17). - S. 79-83.
7. Podshivalov, S.F. Proektirovanie marshrutov s kontrol'noy vershinoy iz raznykh tsevtrov [Tekst] / S.F. Podshivalov, K.S. Podshivalova, YU.V. Rodionov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 1. - S. 27-32.

8. Podshivalova, K.S. Parametry funktsionirovaniya integrirovannoy sistemy dostavki грузов [Tekst] / K.S. Podshivalova, S.F. Podshivalov, I.S. Gerasimova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 1 (44). - S. 99-103.
9. Kozhin, A.P. Matematicheskie metody planirovaniya i upravleniya gruzovymi avtomobil`nymi perevozkami [Tekst] / A.P. Kozhin, V.N. Mezentsev. - M.: Transport, 1994. - 304 s.
10. Geronimus, B.L. Ekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii na avtomobil`nom transporte [Tekst] / B.L. Geronimus, L.V. Tsarfin. - M.: Transport, 1987. - 165 s.
11. Vel'mozhin, A.V. Tekhnologiya, organizatsiya i upravlenie gruzovymi avtomobil`nymi perevozkami [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / A.V. Vel'mozhin, V.A. Gudkov, L.B. Mirotin // Volgograd: Volg.gos. tekhn. un-t. - 1999. - 296 s.
12. Nikolin, V.I. Gruzovye avtomobil`nye perevozki [Tekst] / V.I. Nikolin, E.E. Vitvitskiy, S.M. Mochalin. - Omsk: Izd. "Variant-Sibir", 2004. - 480 s.
13. Vitvitskiy, E. E. Sovershenstvovanie teorii melkopartionnykh gruzovykh avtomobil`nykh perevo-zok: Av-toref. dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.10. / Vitvitskiy E. E.; Tyumen. gos. neftegazovyy un-t. - Tyumen`, 2005. - 31 s.
14. David F. Rogers, Robert D. Plante, Richard T. Wong and James R. Evans. Aggregation and Disaggregation Techniques and Methodology in Optimization. Operations Research. Vol. 39, No. 4 (Jul. -Aug., 1991), pp. 553-582.
15. Tanaev, V. S. Dekompozitsiya i agregirovanie v zadakh matematicheskogo programmirovaniya [Tekst] / V.S. Tanaev; pod red. A. D. Zakrevskogo. - Mn.: Nauka i tekhnika, 1987. - 183 s.
16. Pozhidaev, M.S. Algoritmy resheniya zadachi marshrutizatsii transporta [Tekst]: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / M.S. Pozhidaev. - Tomsk, 2010.
17. Litl, Dzh. Algoritm dlya resheniya zadachi o kommivoyazhere [Tekst] / Dzh. Litl, K. Murti, D. Suini, K. Karel // Ekonomika i matematicheskie metody. - M. - 1965. - T. 1. - Vyp. 1. - S. 94-107.
18. Mudrov, V.I. Zadacha o kommivoyazhere [Tekst] / V.I. Mudrov. - M.: Znanie, 1969. - 61 s.
19. Podshivalov, S.F. Osobennost` ispol`zovaniya metoda vetvey i granits v zadache marshrutizatsii pri nepol-nom transportnom grafe [Tekst] / S.F. Podshivalov, K.S. Podshivalova // Ekonomika i matematicheskie metody. - M. - 2014. - T. 50. - №3. - S. 190-196.
20. Podshivalova, K.S. Povyshenie effektivnosti perevozek melkopartionnykh грузов avtomobil`nym trans-portom [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / K.S. Podshivalova. - Volgograd, 2007.
21. Takha, Hemdi A. Vvedenie v issledovanie operatsiy [Tekst] / Hemdi A. Takha. - 7-e izd., perevod s angl. - M.: Izdatel'skiy dom "Vil'yams", 2005. - 912 s: il.
22. Korchagin, V.A. Postroenie sinkhronizirovannoy i effektivnoy logisticheskoy tsepi postavok [Tekst] / V.A. Korchagin, A.N. Novikov, YU.N. Rizaeva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 4 (47). - 2014. - S. 139-142.
23. Novikov, A.N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A.N. Novikov [i dr.] // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 4 (36). - 2011. - S. 69-77.
24. Novikov, A.N. Primenenie intellektual`nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effek-tivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost`yanov, A.A. Katu-nin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 1 (40). - 2013. - S. 85-90.

Podshivalova Christine Sergeevna

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: Russia, 440028, g. Penza, ul. Titov, 28

Associate Professor of «Organization and traffic safety»

E-mail: sharm-08@bk.ru

Nugaev Albert Sergeevich

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: Russia, 440028, g. Penza, ul. Titov, 28

Student gr. TTP-21m

А.Е. БОРОВСКОЙ, П.А. ВОЛЯ, И.А. НОВИКОВ, А.Г. ШЕВЦОВА

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ «БЕЛГОРОД»

Выполнен анализ зарегистрированных транспортных средств в Российской Федерации и некоторых областях центрального федерального округа, определен основной тип подвижного состава. Рассмотрен среднедушевой доход населения за последние пять лет, обозначен рост ежегодного дохода, определена возможность наличия у населения автомобилей различных габаритных размеров для движения «за городом» и «в городе». Получено распределение состава транспортного потока, как по типам, так и по классам, согласно западноевропейской классификации. Обозначены пути применения полученных данных и перспектива дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: характеристики дорожного движения, состав транспортного потока, система классификации, легковые автомобили, организация дорожного движения.

Состав транспортного потока (ТП), одна из наиболее важных характеристик дорожного движения (ДД), отражающая соотношение различных типов транспортных средств (ТС) в общем транспортном потоке. Согласно теории транспортных потоков [1], все характеристики ТП имеют строго определенную зависимость между собой, таксостав транспортного потока оказывает влияние на загрузку улично-дорожной сети (z) и на пропускную способность автомобильной дороги (P).

По мере увеличения коэффициента загрузки (z), в связи с ростом автомобилизации, как в общем парке всей страны, так и отдельных регионов, меняется соотношение подвижного состава. Выполненный анализ официальной статистики ГИБДД [2] позволил определить долю каждого типа подвижного состава в общем парке зарегистрированных транспортных средств в стране и отдельно в рассмотренных областях центрального федерального округа (ЦФО) (Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой, Орловской, Тульской) по данным за 2014 г (рис. 1). В ходе обзора статистики, все зарегистрированные транспортные средства разделены на четыре типа: легковые, грузовые, пассажирские и прочие. Согласно нормативному документу ГОСТ Р 52051-2003 [3] к грузовым отнесены ТС категории N1, N2 и N3, к пассажирским – ТС категории M2 и M3 и к прочим - категорий L3-L5, L7, прицепы и полуприцепы.

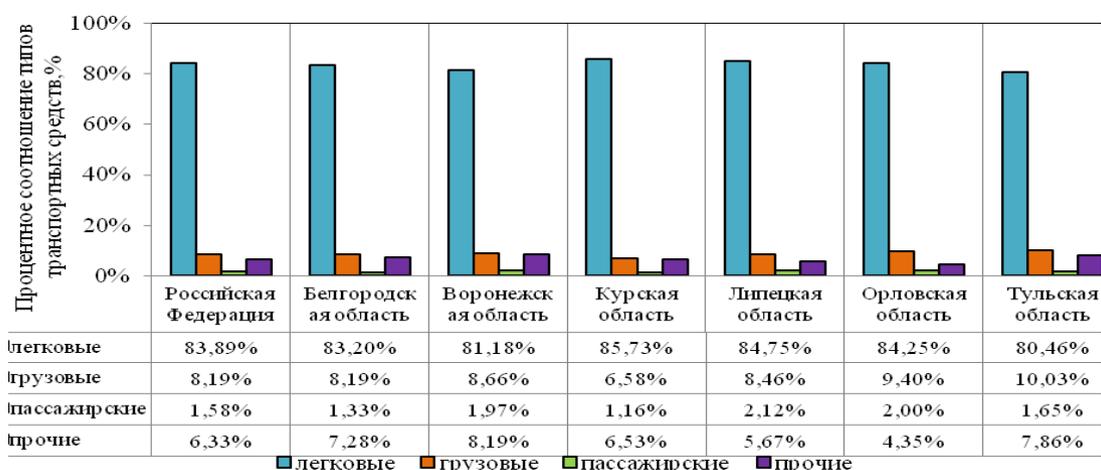


Рисунок 1 – Распределение количества зарегистрированных транспортных средств в Российской Федерации и некоторых областях центрального федерального округа за 2014 г.

Анализ распределения зарегистрированных транспортных средств в Российской Федерации и в некоторых областях центрального федерального округа показал, что основным типом транспортных средств является легковой, доля которого согласно рассмотренной статистике изменяется от 80% до 85%, доля грузовых транспортных средств составляет менее 10%, пассажирских и вовсе не превышает 2%, а транспортные средства, относящиеся к типу «прочие», изменяются в транспортном потоке от 4% до 8%.

Социально-экономические показатели рассматриваемых областей [4] ежегодно увеличиваются. Уровень жизни населения становится все выше, что подтверждает динамика увеличения среднедушевого денежного дохода за период 2010-2014 гг. (табл. 1).

Таблица 1 – Среднедушевой денежный доход за 2010-2014 гг.

РФ, области ЦФО	Год	2010	2011	2012	2013	2014
Российская Федерация		18 958,4	20 780,0	23 221,1	25 928,2	27 754,9
Белгородская область		16 992,8	18 799,7	21 659,5	23 734,7	25 388,7
Воронежская область		13 883,3	15 908,5	18 947,7	22 056,0	25 504,1
Курская область		14 685,1	16 386,9	18 865,6	20 809,4	23 390,9
Липецкая область		15 935,8	16 811,3	19 829,1	22 222,0	25 251,1
Орловская область		13 114,6	14 824,3	16 827,0	18 262,4	19 888,0
Тульская область		15 349,5	16 975,0	19 339,8	20 903,1	22 982,0

Во многих среднестатистических семьях становится возможным и необходимым покупка второго автомобиля, причем один – это большегабаритный автомобиль, например типа «внедорожник» для выезда за город, второй - это малогабаритный автомобиль для движения в городской среде, в связи с высокой загруженностью улично-дорожной сети (УДС) и сложностью парковки. Вместе с этим, на городских дорогах наблюдается большое разнообразие легковых автомобилей от *mini*, например Toyota iQ (габаритная длина 2500 мм) до *taxi*, например Toyota Tundra (габаритная длина 5800 мм) и, соответственно, промежуточные автомобили.

Обзор основных систем классификаций легковых автомобилей, показал, что все их разнообразие в России принято классифицировать по рабочему объему двигателя, в соответствии с единой отраслевой нормалью ОН 025 270-66 [5]. Легковые автомобили, согласно своей модификации, относятся к одному из существующих классов, но в связи с высоким приростом иностранного транспорта и выпуском автомобилей одной и той же модели с различными двигателями, отличными своим номинальным объемом, данная классификация не применима для существующего многообразия легковых транспортных средств.

Наряду с этой классификацией, существует западноевропейская [5], позволяющая классифицировать легковые автомобили по габаритной длине. Согласно данному классификатору, каждый легковой автомобиль можно отнести к одному из шести классов (табл. 2).

Таблица 2 – Западноевропейская классификация легковых автомобилей

Обозначение класса	Принятое название класса	Примерная длина автомобиля, мм
A	Особо малый	до 3500
B	Малый	от 3500 до 3900
C	Первый средний	от 3900 до 4300
D	Второй средний	от 4300 до 4600
E	Большой	от 4600 до 4900
F	Высший	более 4900

С целью выявления разнородности ТП в городах и определения доли подвижного состава в общем потоке, на примере г. Белгорода были выполнены исследования городских въездных направлений. В связи со своим географическим положением г. Белгород имеет восемь въездных направлений, которые ежедневно использует городское население для движения к основным объектам притяжения (рис. 2).



Рисунок 2 – Места расположения постов контроля входящих транспортных потоков в г. Белгород

В соответствии со схемой расположения постов были определены точки установки систем видеофиксации, которые располагались на следующих участках улично-дорожной сети (УДС) г. Белгорода:

- 1) пр. Ватутина – ул. Щорса, кольцевое пересечение, расположенное в северном районе города, видеосъемка проводилась в направлении г. Короча;
- 2) пр. Ватутина – ул. Губкина, кольцевое пересечение, расположенное в северо-восточной части города, видеосъемка проводилась в направлении п. Майский;
- 3) ул. Калинина – ул. Монастырский лес (объездная), прямой участок движения, расположенный в юго-восточной части города, видеосъемка проводилась в направлении центра города;
- 4) ул. Красноармейская – ул. Губкина (со стороны ул. Чичерина), кольцевое пересечение, расположенное в северо-восточной части города, видеосъемка проводилась в направлении п. Майский;
- 5) пр. Б-Хмельницкого – ул. Новая, прямой участок движения, расположенный в северной части города, видеосъемка проводилась в направлении п. Северный;
- 6) ул. Сумская (в районе «Дом правосудия») – прямой участок дороги, расположенный в северо-западной части города видеосъемка проводилась в направлении западной объездной города;
- 7) ул. Корочанская, прямой участок дороги, расположенный в восточной части города, видеосъемка проводилась в направлении восточной объездной города;
- 8) ул. Волчанская (выезд на г. Шебекино), прямой участок дороги, расположенный в северо-восточной части города, видеосъемка проводилась в направлении п. Разумное;
- 9) ул. Магистральная – ул. Ворошилова (п. Майский), кольцевое пересечение, расположенное в северо-западной части города, видеосъемка проводилась в направлении п. Майский.

Исследования были выполнены в весенне-летний период 2015 года, согласно полученным данным, наибольшая активность населения была зарегистрирована в утреннее время, длительность «активного» периода составляла 3 часа и продолжалась с 07.30 до 10.30. Анализ въездных ТП показал, что средняя интенсивность в утреннее время составляет около 17000 авт/ч, из которых на грузовые автомобили различной номинальной массы приходится

6% от общего количества, а на пассажирские различающиеся по пассажироместности - 2,7%. Основной поток автомобилей (>90%), оказывающих нагрузку на УДС рассматриваемого города, составляют легковые. Данный тип подвижного состава довольно разнообразен, согласно представленной системе классификации по габаритным параметрам – габаритной длине, легковые автомобили были разделены на шесть основных классов (рис. 3).

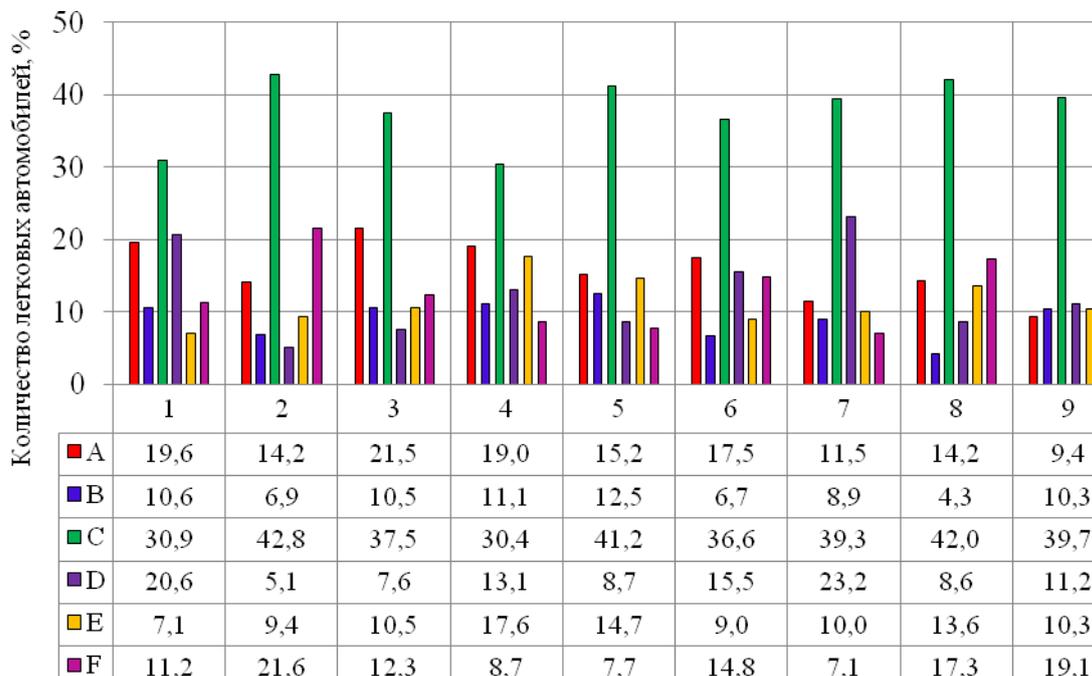


Рисунок 3 – Распределения классов легковых автомобилей согласно западноевропейской классификации

Анализ легковых автомобилей показал, что наиболее часто встречающимся автомобилем является автомобиль «класса С», для каждого въезда процентное соотношение в общем потоке легковых автомобилей колеблется в пределах от 30,4 до 42,8%. Среднее число автомобилей в час данного класса составляет 4540 авт/ч (37,8%).

Следующими по многочисленности стали автомобили «класса А» и «класса D», их число в процентном соотношении от общего потока легковых автомобилей в среднем составляет от 9,4 до 21,5% и от 5,1 до 23,2% соответственно. Числовая характеристика в час составила 1766 авт/ч (15,8%) для автомобилей «класса А» и 1413 авт/ч (12,6%) для «класса D».

Автомобили «класса F» так же встречаются довольно часто, наблюдения показали что среднее их количество составляет 1650 авт/ч (13,3%), для всех исследуемых въездов в город процентное соотношение от 7,1 до 21,6%. Также не малое количество составили и автомобили «класса E», в среднем 1314 авт/ч (11,4%) распределение по всем въездным направлениям, составило от 7,1 до 17,6%. Наименее многочисленными были автомобили «классы В» их количество в течение часа составило 1010 авт/ч (9,1%).

Выполненные исследования позволили определить распределение городского подвижного состава, так, согласно официальной статистике, самым многочисленным типом среди зарегистрированных транспортных средств является легковой (>80%). В подтверждение статистических данных, проведенные обследования городских потоков, показали и доказали многочисленность легковых автомобилей (>90%), разнородность данного типа, в первую очередь по габаритным параметрам, согласно западноевропейской классификации также существенна, что подтверждается высокой долей каждого класса в общем транспортном потоке (>10%). Учет полученного распределения при выполнении различных мероприятий, по организации дорожного движения [6-8], оптимизации [9-14], внедрении транспортных телематических систем и при реорганизации [15,16] является необходимым и обязательным, в

связи с тем, что такой показатель транспортного потока как состав, оказывает влияние на основные расчетные величины при выполнении данных мероприятий (пропускная способность, уровень загрузки, плотность УДС).

Ранее выполненные исследования [17-19] отразили необходимость оценки одной из характеристик транспортного потока, - его состава, при применении принудительного регулирования, а именно расчета длительности цикла светофорного регулирования и оценки его эффективности [20].

Выполнение аналогичных исследований на примере других городов Российской Федерации, позволит получить распределение транспортного потока, оценить принадлежность каждого типа подвижного состава с учетом его влияния на основные характеристики дорожного движения и согласно полученным данным применить меры по эффективной организации дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сильянов, В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения [Текст] / В.В. Сильянов. - М.: Транспорт, 1977. - С. 304.
2. Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения 25.09.2015).
3. ГОСТ Р 52051-2003. Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определение [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 2003. - 17 с.
4. Среднедушевые денежные доходы населения [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/ (дата обращения 30.09.2015).
5. Яковлев, В.Ф. Учебник по устройству легкового автомобиля [Текст] / В.Ф. Яковлев. - М.: Третий рим, 2008. - 78 с.
6. Боровской, А.Е. Адаптационный период при проведении мероприятий по организации дорожного движения [Текст] / А.Е. Боровской, А.Г. Шевцова // Наука в центральной России. - 2013. - № 10S. - С. 11-17.
7. Шевцова, А.Г. Обзор различных видов организации дорожного движения на пересечении [Текст] / А.Г. Шевцова, Л.Е. Кущенко, В.М. Захаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2015. - № 6-1. - С. 39-44.
8. Воля, П.А. Организация движения [Текст]: учеб. метод. компл. / П.А. Воля. - Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. - 202 с.
9. Новиков, А.Н. Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в г. Орле [Текст] / А.Н. Новиков, А.В. Кулев, А.А. Катунин, М.В. Кулев, Н.С. Кулева // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 3 (50). - С. 115-122.
10. Голенков, В.А. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования [Текст] / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, Ю.Н. Баранов, Д.Д. Матназаров // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2015. - № 3 (73). - С. 5-7.
11. Корчагин, В.А. Окрестное микромоделирование при оптимизации процессов доставки грузов потребителям [Текст] / В.А. Корчагин, А.М. Шмырин, Ю.Н. Ризаева, С.С. Роевко // Автотранспортное предприятие. - 2013. - № 7. - С. 43-46.
12. Корчагин, В.А. Оптимизация движения большегрузных автомобилей на улично-дорожной сети города [Текст] / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева, В.А. Суворов, Е.В. Грушихина // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2013. - № 2. - С. 63-69.
13. Бондаренко, Е.В. Оптимизация инфраструктуры сбора и вывоза твердых бытовых отходов с территории населенного пункта [Текст] / Е.В. Бондаренко, А.О. Зуев, И.И. Любимов, К.И. Манаев, А.Н. Мельников // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2011. - № 4. - С. 92а-96.
14. Шутов, А.И. Моделирование транспортных потоков [Текст] / А.И. Шутов, Л.Е. Гай, С.В. Кущенко, П.А. Воля // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 1 (40). - С. 72-76.
15. Новиков, А.Н. Модернизация улично-дорожной сети города Орла (на примере Наугорского шоссе) [Текст] / А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 2 (45). - С. 86-96.
16. Пржибыл, П. Ассоциированные системы и транспортная телематика [Текст] / П. Пржибыл, А.Н. Новиков, О. Пржибыл // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 2 (49). - С. 97-104.

17. Боровской, А.Е. Исследование степени насыщения пересечения при учете классификации легковых автомобилей [Текст] / А.Е. Боровской, А.Г. Шевцова // Автотранспортное предприятие.- 2014. - № 5. - С. 51-53.

18. Боровской, А.Е. Влияние состава транспортного потока на пропускную способность пересечения [Текст] / А.Е. Боровской, М.И. Медведев, А.Г. Шевцова // Проблемы функционирования систем транспорта. - Тюмень. - 2014. - С. 88-95.

19. Shevtsova A., Research of influence of time of reactions of the driver on the calculation of capacity of the highway [Текст] / A. Shevtsova, I Novikov, A. Borovskoy // Transport problems international scientific journal volume 10 Issue 3 – 2015. – S. 53-59

20. Корчагин, В.А. Улучшение экологической ситуации в городе и сокращение времени грузодвижения [Текст] / В.А. Корчагин, А.А. Турсунов, Ю.Н. Ризаева // Вестник Таджикского технического университета. - 2014. - Т. 1. - С. 124-128.

21. Новиков, А.Н. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А.Н. Новиков, В.А. Голенков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, А.С. Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - № 6. - 2014. - С. 128-139.

22. Новиков, А.Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А.Н. Новиков [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. - № 4. - 2011. - С. 69-77.

23. Новиков, А.Н. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - № 1 (40). - 2013. - С. 85-90.

Боровской Алексей Евгеньевич

ФГБОУ ВПО «Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова»

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com

Воля Павел Александрович

ФГБОУ ВПО «Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова»

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: pa-volya@yandex.ru

Новиков Иван Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова»

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Канд. техн. наук, зав. кафедрой «Организация и безопасность движения»

E-mail: ooows@mail.ru

Шевцова Анастасия Геннадьевна

ФГБОУ ВПО «Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова»

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Ст. преподаватель кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

A.E. BOROVSKOY, P.A. VOLYA, I.A. NOVIKOV

**DISTRIBUTION OF THE VEHICLE ON THE EXAMPLE OF FLOW
URBAN AGGLOMERATIONS «BELGOROD»**

The analysis of the registered vehicles in the Russian Federation, and some areas of the central federal district, the basic type of rolling stock. Considered per capita income over the past five years, marked increase in annual revenue, the possibility of a defined population of vehicles of different dimensions to move «out of town» and «the city». The distribution of the composition of the traffic flow as types and the classes, according to the «western european» classification. The ways of use of the data and the prospect of further research in this area.

Keywords: characteristics of traffic, traffic composition, classification system, cars, traffic management.

BIBLIOGRAPHY

1. Sil'yanov, V.V. Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya [Tekst] / V.V. Sil'yanov. - M.: Transport, 1977. - S. 304.
2. Pokazateli sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.gibdd.ru/stat/> (data obrashcheniya 25.09.2015).
3. GOST R 52051-2003. Mekhanicheskie transportnye sredstva i pritsepy. Klassifikatsiya i opredele-niya [Tekst]. - M.: Izd-vo standartov, 2003. - 17 s.
4. Srednedushveye denezhnye dokhody naseleniya [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/ (data obrashcheniya 30.09.2015).
5. YAkovlev, V.F. Uchebnik po ustroystvu legkovogo avtomobilya [Tekst] / V.F. YAkovlev. - M.: Tretiy rim, 2008. - 78 s.
6. Borovskoy, A.E. Adaptatsionnyy period pri provedenii meropriyatiy po organizatsii dorozhnogo dvizhe-niya [Tekst] / A.E. Borovskoy, A.G. Shevtsova // Nauka v tsentral'noy Rossii. - 2013. - № 10S. - S. 11-17.
7. Shevtsova, A.G. Obzor razlichnykh vidov organizatsii dorozhnogo dvizheniya na peresechenii [Tekst] / A.G. Shevtsova, L.E. Kushchenko, V.M. Zakharov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhni-cheskie nauki. - 2015. - № 6-1. - S. 39-44.
8. Volya, P.A. Organizatsiya dvizheniya [Tekst]: ucheb. metod. kompl. / P.A. Volya. - Belgorod: izd-vo BGTU im. V.G. Shukhova, 2010. - 202 s.
9. Novikov, A.N. Optimizatsiya marshrutov passazhirskogo transporta v g. Orle [Tekst] / A.N. Novikov, A.V. Kulev, A.A. Katunin, M.V. Kulev, N.S. Kuleva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - № 3 (50). - S. 115-122.
10. Golenkov, V.A. Optimizatsiya organizatsii dvizheniya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Tekst] / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin, YU.N. Baranov, D.D. Matnazarov // Nauka i tekhnika v do-rozhnoy otrasli. - 2015. - № 3 (73). - S. 5-7.
11. Korchagin, V.A. Okrestnoe mikromodelirovanie pri optimizatsii protsessov dostavki gruzov po-trebitelyam [Tekst] / V.A. Korchagin, A.M. SHmyrin, YU.N. Rizaeva, S.S. Roenko // Avtotransportnoe predpri-yatie. - 2013. - № 7. - S. 43-46.
12. Korchagin, V.A. Optimizatsiya dvizheniya bol'shegruznykh avtomobiley na ulichno-dorozhnoy seti go-roda [Tekst] / V.A. Korchagin, YU.N. Rizaeva, V.A. Suvorov, E.V. Grushikhina // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2013. - № 2. - S. 63-69.
13. Bondarenko, E.V. Optimizatsiya infrastruktury sbora i vyvoza tverdykh bytovykh otkhodov s terri-torii na-selenного пункта [Tekst] / E.V. Bondarenko, A.O. Zuev, I.I. Lyubimov, K.I. Manaev, A.N. Mel'nikov // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2011. - № 4. - S. 92a-96.
14. Shutov, A.I. Modelirovanie transportnykh potokov [Tekst] / A.I. Shutov, L.E. Gay, S.V. Kushchenko, P.A. Volya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 1 (40). - S. 72-76.
15. Novikov, A.N. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere Naugorskogo shosse) [Tekst] / A.N. Novikov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 2 (45). - S. 86-96.
16. Przhibyl, P. Assotsiirovannyye sistemy i transportnaya telematika [Tekst] / P. Przhibyl, A.N. No-nikov, O. Przhibyl // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - № 2 (49). - S. 97-104.
17. Borovskoy, A.E. Issledovanie stepeni nasyshcheniya peresecheniya pri uchete klassifikatsii legkovykh av-tomobiley [Tekst] / A.E. Borovskoy, A.G. Shevtsova // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2014. - № 5. - S. 51-53.
18. Borovskoy, A.E. Vliyaniye sostava transportnogo potoka na propusknuyu sposobnost' peresecheniya [Tekst] / A.E. Borovskoy, M.I. Medvedev, A.G. Shevtsova // Problemy funktsionirovaniya sistem transporta. - Tyumen'. - 2014. - S. 88-95.
19. Shevtsova A., Research of influence of time of reactions of the driver on the calculation of capacity of the highway [Tekst] / A. Shevtsova, I Novikov, A. Borovskoy // Transport problems international scientific journal volume 10 Issue 3 - 2015. - S. 53-59
20. Korchagin, V.A. Uluchshenie ekologicheskoy situatsii v gorode i sokrashchenie vremeni gruzodvizheniya [Tekst] / V.A. Korchagin, A.A. Tursunov, YU.N. Rizaeva // Vestnik Tadzhijskogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - T. 1. - S. 124-128.
21. Novikov, A.N. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s is-pol'zovaniem sredstv transportnoy telematiki [Tekst] / A.N. Novikov, V.A. Golenkov, YU.N. Baranov, A.A. Ka-tunin, A.S. Bodrov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskые nauki. - № 6. - 2014. - S. 128-139.
22. Novikov, A.N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A.N. Novikov [i dr.] // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 4. - 2011. - S. 69-77.

№ 4(51) 2015 (октябрь-декабрь) Безопасность движения и автомобильные перевозки

23. Novikov, A.N. Primenenie intellektual`nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost`yanov, A.A. Katushin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 1 (40). - 2013. - S. 85-90.

Borovskoy Alexey Evgen'evich

FGBOU VPO «Belgorod State Technological University named after VG Shukhov»
Address: Russia, 308012, g. Belgorod, ul. Kostyukova 46
Candidate tehn., assistant professor of «Organization of Safety Road Traffic»
E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com

Volya Pavel Aleksandrovich

FGBOU VPO «Belgorod State Technological University named after VG Shukhov»
Address: Russia, 308012, g. Belgorod, ul. Kostyukova 46
Candidate tehn., assistant professor of «Organization of Safety Road Traffic»
E-mail: pa-volya@yandex.ru

Novikov Ivan Alekseevich

FGBOU VPO «Belgorod State Technological University named after VG Shukhov»
Address: Russia, 308012, g. Belgorod, ul. Kostyukova 46
Candidate tehn., assistant professor of «Organization of Safety Road Traffic»
E-mail: ooows@mail.ru

Shevtsova Anastasiya Gennad'evna

FGBOU VPO «Belgorod State Technological University named after VG Shukhov»
Address: Russia, 308012, g. Belgorod, ul. Kostyukova 46
Senior lecturer in the «Organization of Safety Road Traffic»
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

**Продолжается подписка на журнал
«Мир транспорта и
технологических машин»**

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

ЦЕЛОЧИСЛЕННАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЗЕРНА

В данной статье представлена целочисленная производственно-транспортная модель для расчета требуемых объемов уборки и транспортировки зерна с поля на зернохранилище. В качестве критерия оптимальности применяется сумма затрат на транспортировку, уборку и потерь зерна от несвоевременной уборки. Так же в статье показан пример решения данной модели «методом отсечений».

Ключевые слова: транспортные средства, перевозка зерна, транспортная задача, зернохранилище, «метод отсечений», потери зерна, транспортные затраты.

Отличительной чертой современных транспортных процессов при перевозке зерна, является высокая динамичность и тесная связь с производством. Частая смена объемов производства и высокий уровень требований к своевременности перевозок заставляют транспорт изменять структуру потоков, организовывать работу с целью максимального приспособления к изменяющимся условиям. Жесткое требование своевременного транспортного обслуживания производства зерна в изменяющихся условиях создает объективную необходимость в гибкой организации работы транспортных средств. Возникает потребность определения наиболее правильного, рационального плана перевозок и определения требуемого количества транспортных средств, позволяющих выполнить заданный объем перевозок в условиях существующей неравномерности при минимальных затратах [1].

В качестве критерия оптимальности предложенной модели принимается минимум затрат от перевозки, уборки и потерь зерна от несвоевременной уборки.

В основу математической модели положен класс динамических потоковых моделей под общим названием «Целочисленная производственно-транспортная модель», являющаяся модификацией производственно-транспортной модели [2]. Ее достоинством является то, что она рассматривает процесс производства и транспортировки зерна как единое целое, а так же предлагает решение поставленной задачи с учетом производительности транспортных средств и комбайнов. Кроме того, в эту модель было внедрено значение потерь зерна от несвоевременной уборки, так как масса потерь, достигая 20% от убранного урожая, является одним из ключевых факторов снижения себестоимости производства и повышения объемов убранного урожая [3]. Таким образом, предложенная нами модель стала новой модификацией целочисленной производственно-транспортной модели, дающей возможность для нахождения оптимального плана уборки и транспортировки зерна рассматривать данные этапы как один единый процесс и учитывать потери от несвоевременной уборки.

На основании производственных возможностей, стоимости уборки и перевозки зерна, пропускной способности пунктов хранения и необходимо решить задачу определения оптимальных планов уборки и распределения транспортных потоков продукции среди временных пунктов хранения, из условия минимизации суммы расходов на уборку и транспортировку зерна с учетом потерь зерна.

Выбор оптимального варианта объемов уборки и распределения транспортных потоков ставится как задача минимизации затрат [4,5,6,7]:

$$\left(\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} \left(c_{ir} z_{ir} + \sum_{e=1}^d Q_e \delta_e \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K f_{ijk} x_{ijk} \right) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{r=1}^{R_i} a_{ijr} z_{ir} - \sum_{k=1}^K x_{ijk} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^{R_i} z_{ir} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} \geq b_{ik}, \quad k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, m, \quad (4)$$

$$x_{ijk} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, K, \quad (5)$$

где j – вид сельскохозяйственной культуры ($j = 1, \dots, m$);

k – пункт потребления сельскохозяйственной культуры ($k = 1, \dots, K$);

i – убираемое поле ($i = 1, \dots, n$);

r – вариант уборки поля ($r = 1, \dots, R_i; i = 1, \dots, n$);

Q_{eir} – неубранный объем зерна на i -м поле при r -том варианте уборки, т;

d – число дней после агросрока;

δ_{ei} – недобор урожая в долях на i -м поле [8];

a_{ijr} – объем производства j -ого вида культуры по r -ому варианту на i -ом поле;

c_{ir} – суммарные затраты (валовая себестоимость), связанные с уборкой сельскохозяйственной культуры по r -ому варианту на i -ом поле;

t_{ijk} – затраты на перевозку единицы массы сельскохозяйственной культуры j -ого вида от i -ого поля на k -ый пункт потребления;

b_{jk} – суммарная потребность в сельскохозяйственной культуре j -ого вида в k -ом пункте потребления;

z_{ir} – искомая интенсивность использования r -ого варианта уборки на i -ом поле, при этом $z_{ir} \in \{0; 1\}$. Если в решении $z_{ir} = 1$, то вариант входит в оптимальный план, а $z_{ir} = 0$ означает, что не входит. При этом по каждому объекту может быть задействовано не более одного варианта;

x_{ijk} – искомый объем перевозки сельскохозяйственной культуры j -ого вида с i -ого поля на k -ый пункт потребления.

Фаза полной спелости зерна длится не более 3-5 дней. Затем наступает фаза перестоя зерна на корню, каждый день которой чреват большими потерями, как в массе, так и в качестве зерна [9].

С наступлением полного созревания зерновых культур в посевах начинают расти сорняки, ускоряется старение соломы, вследствие чего хлеба ложатся и значительно усложняются условия проведения уборочной [10]. Уборка озимых зерновых культур, продолжающаяся дольше рекомендованных сроков, приводит к значительным потерям урожая. Дополнительные потери вызваны сомообсыпанием зерна, обламыванием колосьев, прорастанием его на корню, поеданием зерна грызунами в период уборки и т.д. Указанные факторы приводят к значительным потерям и отрицательно сказываются на качестве зерна.

Дни после агросрока	1	2	3	4	5	6
Недобор урожая в долях (δ_i)	0,113	0,151	0,181	0,196	0,208	0,219

Рисунок 1 – Значение коэффициента потерь урожая по дням

Пара $\langle z, x \rangle$ называется производственно-транспортным планом, если z удовлетворяет условиям (1) - (5). При этом z называется производственной составляющей (производственным планом), а x – транспортной составляющей (транспортным планом). Слагаемые целевой функции (2). Уравнения [11]:

$$f_2(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^K t_{ijk} x_{ijk}, \quad (6)$$

$$f_1(z) = \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^{R_i} c_{ir} z_{ir} \quad (7)$$

отражают соответственно производственные и транспортные затраты по реализации плана $\langle z, x \rangle$.

Производственно-транспортный план называется допустимым, если он удовлетворяет условиям (2) - (5) и оптимальным, если, кроме того, доставляет минимум функции (1).

Задача (1) - (5) является задачей частично целочисленного линейного программирования и обладает рядом специфических особенностей [12]:

1) каждая переменная вида x_{ijk} входит только в два ограничения, причем в одно из ограничений с коэффициентом +1, а в другое - с коэффициентом - 1;

2) совокупность переменных x_{ijk} распадается на несколько групп по количеству производимых видов продукции;

3) целочисленные переменные могут принимать лишь два значения - 0 или 1;

4) множество целочисленных переменных разбито на непересекающиеся группы (по количеству пунктов производства), в каждой из которых лишь одна переменная может быть отлична от нуля.

Для наглядности решим задачу небольшой размерности «методом отсечений» [13,14,15].

Пусть даны:

- система полей **A** с пунктами производства $i = 1,2,3$;
- система зернохранилищ **B** с пунктами потребления $j = 1,2,3$;
- количество комбайнов в организации b ;
- известны объемы уборки, по каждому полю, ед.:

$$a_{1r} = 5, 10, 15; a_{2r} = 10, 15, 20; a_{3r} = 10, 20, 25;$$

- известны объемы потребления, ед.:

$$b_{1k} = 15; b_{2k} = 5; b_{3k} = 10;$$

- известны затраты на уборку каждой группы комбайнов, с учетом потерь зерна от несвоевременной уборки, у.е.:

$$c_{ik} \begin{vmatrix} 50 & 85 & 80 \\ 90 & 130 & 150 \\ 135 & 160 & 190 \end{vmatrix};$$

- известны стоимость перевозок единицы объема зерна от каждого поля к каждому пункту хранения с учетом потерь зерна, у.е.:

$$t_{ijk} \begin{vmatrix} 3 & 9 & 6 \\ 2 & 5 & 16 \\ 5 & 11 & 9 \end{vmatrix};$$

- известен объем зерна убираемого одним комбайном, ед.

Необходимо выбрать варианты уборки полей и прикрепить к ним пункты хранения так, чтобы потребности были полностью удовлетворены, а суммарные производственно-транспортные затраты были минимальными.

При этом сделаем небольшое ограничение – второе поле должно обязательно входить в план по уборке.

Решение задачи начинается с построения исходных таблиц (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1 - Распределение объемов уборки и затрат на уборку по полям

Поле №1		Поле №2		Поле №3	
a_{1r}	c_{1r}	a_{2r}	c_{2r}	a_{3r}	c_{3r}
5	50	10	85	10	80
10	90	15	130	20	150
15	135	20	160	25	190

Таблица 2 - Объемы потребления и транспортные затраты на доставку зерна по каждому пункту хранения зерна

	Объемы потребления и транспортные затраты		
	15	5	10
Пункт хранения №1	3	9	6
Пункт хранения №2	2	5	16
Пункт хранения №3	5	11	9

Шаг 1. Выделяем из общей задачи производственный блок (в качестве ограничения по производству берем сумму объемов потребления).

Определяем, какие поля, и с какими вариантами развития обеспечат необходимый суммарный объем потребления 30 единиц при минимальных производственных затратах (табл. 3).

Таблица 3 - Матрица коэффициентов производственной задачи при первой итерации

Переменные	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{21}	z_{22}	z_{32}	z_{31}	z_{32}	z_{33}		
Производство	5	10	15	10	15	20	10	20	25	\geq	30
Ограничения на выбор вариантов	1	1	1							\leq	1
				1	1	1				$=$	1
							1	1	1	\leq	1
Целевая функция	50	90	135	85	130	160	80	150	190	\rightarrow	min

Находим оптимальное решение (табл. 4)

Таблица 4 - Оптимальное решение для заданной производственной задачи

Переменные	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{21}	z_{22}	z_{32}	z_{31}	z_{32}	z_{33}
Коэффициенты целевой функции	50	90	135	85	130	160	80	150	190
Значения переменных	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Объемы уборки	5	10	15	10	15	20	10	20	25

Оптимальные производственные затраты на этой итерации $\Pi_0 = 235$.

Шаг 2. Определяем объемы производства $A_{i0} = \{0; 10; 20\}$ и формируем транспортную задачу. Соответствующая транспортная задача имеет следующее решение (табл. 5):

Таблица 5 - План-матрица транспортной задачи

	Объемы потребления и транспортные затраты			u_i
	15	5	10	
Поле №1	0	0	0	3
Поле №2	10	5	5	3
Поле №3	20	10	0	0
v_k	5	8	9	

Транспортные затраты $T_0 = 175$.

Формируем дополнительное ограничение (отсечение) и рассчитываем правую часть ограничения [14]:

$$ПЧ = П_0 + T_0 - \sum_{k=1}^3 b_k v_k - \varepsilon.$$

В качестве ε берем 1 (подстановка переменных в левую часть отсечения дает значение, отличающуюся на большую величину).

Итак, сумма функционалов $П_0 + T_0 = 235 + 175 = 410$ ед.

$$\sum_{k=1}^3 b_k v_k = 5 \times 35 + 8 \times 5 + 9 \times 10 = 205 \rightarrow ПЧ = 410 - 205 - 1.$$

Коэффициенты отсечения при этом равны $z_{ir} = c_{ir} - a_{ir} \times u_i$

В таблице 6 представлены коэффициенты отсечения для первой итерации.

Таблица 6 - Коэффициенты отсечения для первой итерации

$C = \{c_{ir}\}$	50	90	135	85	130	160	80	150	190		
$A = \{a_{ir}\}$	5	10	15	10	15	20	10	20	25		
$U = \{u_i\}$	3	3	3	3	3	3	0	0	0	ПЧ	
$(C-UA)$ $Z \leq ПЧ$	35	60	90	55	85	100	80	150	190	\leq	204

Решаем следующие итерации, повторяя шаг 1 и шаг 2. После третьей итерации видим, что решение данной задачи не существует, что означает отсутствие «перспективных» производственных планов, позволяющих получить выигрыш в суммарных затратах за счет снижения транспортной составляющей. Это является признаком окончания расчетов по данному алгоритму. В табл. 7 представлена сумма производственно-транспортных расходов по итерациям.

Таблица 7 - Производственно-транспортные расходы по итерациям

	Π	T	$\Pi + T$
Итерация №1	235	175	410
Итерация №2	240	145	385
Итерация №3	250	115	365

Как мы видим из таблицы 7, минимальные суммарные затраты будут достигнуты в третьей итерации, следовательно для данных объемов производства мы и будем решать транспортную задачу (табл. 8).

Таблица 8 - Решение транспортной задачи

		Объемы потребления и транспортные затраты			u_i
		15	5	10	
Поле №1	10	0	0	10	0
Поле №2	20	15	5	0	0
Поле №3	0	0	0	0	0
v_k		2	5	9	

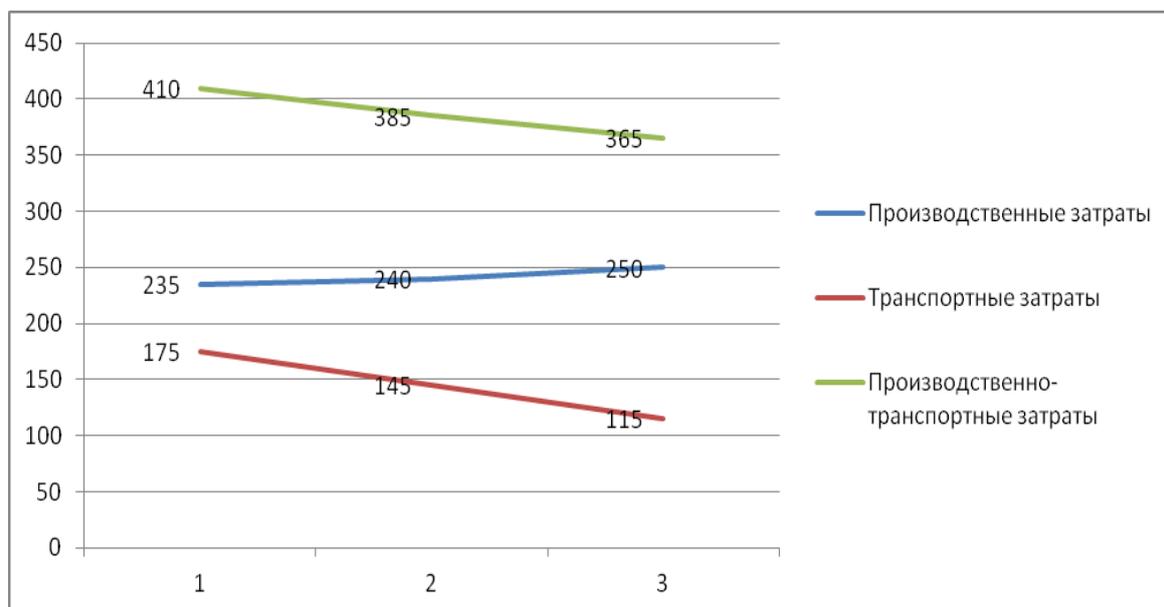


Рисунок 2 – График изменения затрат по итерациям

Как мы видим из графика, производственные затраты минимальные при первой итерации (235 ед.), но за счет самых высоких затрат на перевозки зерна (175 ед.) данный план производственно-транспортных затрат является самым худшим. В третьей же итерации самые высокие производственные затраты, но затраты на транспортировку намного меньше чем в других итерациях, таким образом данный план производственно-транспортной задачи является наиболее оптимальным.

Полученные результаты показывают, что, даже решая задачи относительно небольшой размерности, найденное оптимальное решение значительно улучшает экономические показатели системы. В рассматриваемом примере экономические затраты сократились на 10% по сравнению с первым планом перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есин, К. С. Методика выбора подвижного состава при уборке зерновых культур [Текст] / К. С. Есин и др. // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - №2(41). - 2013. - С. 95-102.
2. Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах [Текст] / И.Л. Акулич, 1986. - М.: Высшая школа, 1986. - 319 с., ил.
3. Есин, К. С. Транспортное обеспечение агропромышленного комплекса при уборке зерновых культур (на примере орловской области) [Текст] / К. С. Есин и др. // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - №1(40). - 2013. - С. 21-27.
4. Шпилько, А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. [Текст] / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев и др. – Москва: Минсельхозиздат. - Часть 2, 1998. – 200 с.
5. Стариков, А. В. Экономико-математическое и компьютерное моделирование [Текст] : учебное пособие / А. В. Стариков, И. С. Кущева. - Воронеж : Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА», 2008. – 132 с.
6. Козлов, П.А. Метод динамического согласования производства и транспорта [Текст] / П.А. Козлов, С.П. Миловидов // Тр.ИКТП, 1984. - Вып. 105. - С. 156-164.
7. Есин, К. С. Моделирование транспортно-логистического обслуживания уборки зерновых культур [Текст] / К. С. Есин // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - №2(45). - 2014. - С. 78-86.
8. Есин, К. С. Разработка оперативных планов перевозки зерновых культур с поля на зернохранилище [Текст] / К. С. Есин // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - №2(49). - 2015. - С. 141-148.
9. Неруш, Ю.М. Логистика [Текст]: учебник для вузов / Ю.М. Неруш. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 495 с.
10. Николин, В.И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов [Текст] / Е.П. Нестеров. - М.: Транспорт, 1971. - 216 с.

11. Бережная, Е. В. Математические методы моделирования экономических систем [Текст]: учебное пособие / Е. В. Бережная, В. И. Бережной. - М.: Финансы и статистика. - 2-е изд., перераб. и доп. 2006. - 432 с.
12. Лившиц, В.Н. Оптимизация планирования и управления транспортными системами [Текст] / В.Н. Лившиц. - М.: Транспорт, 1987. - 247 с.
13. Гюнтер, Н.М. Сборник задач по высшей математике [Текст] : учеб. пособ./ Н. М. Гюнтер, Р. О. Кузьмин. - 13-е изд. - СПб.; М; Краснодар: Лань, 2003. - 816 с.
14. Есин, К. С. Логистика перевозок зерна: программное обеспечение расчета оптимального количества транспортных средств [Текст] / К. С. Есин и др. // Вестник ТОГУ. - Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет. - №1(32). - 2014. - С. 117-124.
15. Корчагин, В.А. Логистико-ориентированная система управления деятельности АТП [Текст] / В.А. Корчагин, П.Г. Коваленко, А.В. Пятахин // Вестник ЛГТУ-ЛЭГИ. - Липецк: ЛГТУ. - 1999. - №2.
16. Измайлов, А.Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК [Текст] / А.Ю. Измайлов. - Москва: ФГУ «Росинформагротех», 2007. - 200 с.
17. Грешилов, А.А. Прикладные задачи математического программирования [Текст]: учебное пособие / А.А. Грешилов. - 2-е изд. - М.: Логос, 2006. - 288 с.
18. Новиков, А.Н. Управление перевозками грузов автомобильным транспортом в современных условиях [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел. - 2015. - С. 247-252.
19. Новиков, А.Н. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования [Текст] / А.Н. Новиков и др. // Наука и техника в дорожной отрасли. - Москва: Изд-во дороги. - № 3(73). - 2015. - С. 5-7.
20. Данко, П.Е. Высшая математика в упражнениях и задачах [Текст]: учебное пособие для вузов / П.Е. Данко. - В 2-х ч. - 5-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 1999. - 416 с.

Есин Константин Сергеевич

ФГБОУ ВО «Приокский Государственный Университет»
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, ауд. 312
Аспирант кафедры «Сервис и ремонт машин»
E-mail: esinkc@mail.ru

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВО «Приокский Государственный Университет»
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, 77
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис и ремонт машин»
E-mail: srmostu@mail.ru

K.S. ESIN, A.N. NOVIKOV

INTEGER INDUSTRIAL-TRANSPORT MODEL FOR GRAIN HAULAGE

This article presents an integer production and transport model for the calculation of the required volumes of harvesting and transportation of grain from the field to the granary. The optimality criterion is applied the amount of expenses for transportation, cleaning and grain loss from the late harvest. Also in the article is an example of the solution of the model «method to cut».

Keywords: *vehicle, transportation of grain transportation problem, the granary, the «method of cuts», the loss of grain transportation costs.*

BIBLIOGRAPHY

1. Esin, K. S. Metodika vybora podvizhnogo sostava pri uborke zernovykh kul'tur [Tekst] / K. S. Esin i dr. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - №2(41). - 2013. - S. 95-102.
2. Akulich, I.L. Matematicheskoe programmirovaniye v primerakh i zadachakh [Tekst] / I.L. Akulich, 1986. - M.: Vysshaya shkola, 1986. - 319 s., il.
3. Esin, K. S. Transportnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa pri uborke zernovykh kul'tur (na primere orlovskoy oblasti) [Tekst] / K. S. Esin i dr. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - №1(40). - 2013. - S. 21-27.

4. SHpil'ko, A.V. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. [Tekst] / A.V. SHpil'ko, V.I. Dragaytsev i dr. - Moskva: Minsel'khozizdat. - Chast' 2, 1998. - 200 s.
5. Starikov, A. V. Ekonomiko-matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie [Tekst] : uchebnoe po-sobie / A. V. Starikov, I. S. Kushcheva. - Voronezh : Fed. agentstvo po obrazovaniyu, GOU VPO "VGLTA", 2008. - 132 s.
6. Kozlov, P.A. Metod dinamicheskogo soglasovaniya proizvodstva i transporta [Tekst] / P.A. Kozlov, S.P. Milovidov // Tr.IKTP, 1984. - Vyp. 105. - S. 156-164.
7. Esin, K. S. Modelirovanie transportno-logisticheskogo obsluzhivaniya uborki zernovykh kul'tur [Tekst] / K. S. Esin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - №2(45). - 2014. - S. 78-86.
8. Esin, K. S. Razrabotka operativnykh planov perevozki zernovykh kul'tur s polya na zernokhranilishche [Tekst] / K. S. Esin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - №2(49). - 2015. - S. 141-148.
9. Nerush, YU.M. Logistika [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / YU.M. Nerush. - M.: YUNITI-DANA, 2003. - 495 s.
10. Nikolin, V.I. Avtotransportnyy protsess i optimizatsiya ego elementov [Tekst] / E.P. Nesterov. - M.: Transport, 1971. - 216 s.
11. Berezhnaya, E. V. Matematicheskie metody modelirovaniya ekonomicheskikh sistem [Tekst]: uchebnoe posobie / E. V. Berezhnaya, V. I. Berezhnoy. - M.: Finansy i statistika. - 2-e izd., pererab. i dop.2006. - 432 s.
12. Livshits, V.N. Optimizatsiya planirovaniya i upravleniya transportnymi sistemami [Tekst] / V.N. Livshits. - M.: Transport, 1987. - 247 s.
13. Gyunter, N.M. Sbornik zadach po vysshey matematike [Tekst] : ucheb. posobie / N. M. Gyunter, R. O. Kuz'min. - 13-e izd. - SPb.; M; Krasnodar: Lan', 2003. - 816 s.
14. Esin, K. S. Logistika perevozk zerna: programmnoe obespechenie rascheta optimal'nogo kolichestva transportnykh sredstv [Tekst] / K. S. Esin i dr. // Vestnik TOGU. - Habarovsk: Tikhookeanskiy gosudarstvennyy universitet. - №1(32). - 2014. - S. 117-124.
15. Korchagin, V.A. Logistiko-orientirovannaya sistema upravleniya deyatelnosti ATP [Tekst] / V.A. Korchagin, P.G. Kovalenko, A.V. Pyatakhin // Vestnik LGTU-LEGI. - Lipetsk: LGTU. - 1999. - №2.
16. Izmaylov, A.YU. Tekhnologii i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sistem APK [Tekst] / A.YU. Izmaylov. - Moskva: FGU "Rosinformagrotekh", 2007. - 200 s.
17. Greshilov, A.A. Prikladnye zadachi matematicheskogo programmirovaniya [Tekst]: uchebnoe posobie / A.A. Greshilov. - 2-e izd. - M.: Logos, 2006. - 288 s.
18. Novikov, A.N. Upravlenie perevozkami gruzov avtomobil'nym transportom v sovremennykh usloviyakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.N. Semkin // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Orel. - 2015. - S. 247-252.
19. Novikov, A.N. Optimizatsiya organizatsii dvizheniya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Tekst] / A.N. Novikov i dr. // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - Moskva: Izd-vo dorogi. - № 3(73). - 2015. - S. 5-7.
20. Danko, P.E. Vysshaya matematika v uprazhneniyakh i zadachakh [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / P.E. Danko. - V 2-kh ch. - 5-e izd., ispr. i dop. - M.: Vyssh. shk., 1999. - 416 s.

Esin onstantin ergeevich

FGBOU VO «Prioksky State University»
Address: Russia, 302030, Moskovskaya St., 77, Rm. 312
Graduate student of «Service and repair of machinery»
E-mail: esink@mail.ru

Novikov lexander ikolaevich

FGBOU VO «Prioksky State University»
Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya St., 77
Dr.Sci.Tech., professor, department chair «Service and repair of cars»
E-mail: srmostu@mail.ru

УДК 574.1

С.В. ДОРОХИН, Н.Л. ПРОХОРОВА, А.И. НОВИКОВ, Д.Л. ПРОХОРОВ

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА

В настоящее время усиленное влияние на уровень экологической безопасности автотранспортных средств оказывает качество работ по техническому обслуживанию и ремонту. Обеспечение необходимых уровней работоспособности и экологической безопасности автомобильного парка, в первую очередь, базируется на обеспечении собственной экологической безопасности объектов автомобильного сервиса.

Ключевые слова: экологическая ситуация, автотранспорт, экологические проблемы, экологическая безопасность, выбросы загрязняющих веществ, объекты автомобильного сервиса, мойка автомобилей, токсичные вещества, загрязняющие вещества, сточные воды.

Экологическая ситуация в стране продолжает находиться в состоянии экологического кризиса. Постоянно усиливающееся антропогенное воздействие на окружающую среду ведет к истощению природных ресурсов, нарушению целостности природы. Это неизбежно влечет за собой возникновение различных экологических проблем. Решение таких проблем требует не только социально-экономических, политических и правовых преобразований в обществе, но и качественного изменения отношения человека к природе, преобразования системы экологического образования и воспитания.

С каждым годом в Российской Федерации все большую актуальность приобретают проблемы регулирования качества окружающей среды в городской черте. Рост населения, растущая стремительными темпами автомобилизация в крупнейших и крупных городах (6,6% в период с 2013 по 2014 гг. до 274 авт./1000 чел., 3,6 % с января 2014 по июль 2015 года до 284 авт./ 1000 чел. [1]), а также достаточно низкая эффективность очистки выбросов и сбросов загрязняющих веществ на предприятиях автомобильного сервиса [2] настолько значимо влияют на качество воды, воздуха, почв, что общее состояние окружающей среды угрожает устойчивому существованию природных экосистем, их отдельных компонентов, и, в первую очередь, здоровью человека.

Устойчивой экологической проблемой всех крупнейших и крупных городов России, требующей инновационных решений и применения новых технологических подходов, является загрязнение окружающей среды автомобильным транспортом и соответствующими объектами автомобильного сервиса, происходящее в основном на урбанизированных площадях и дорогах, доля которых, по разным оценкам ученых, немногим превышает 10 % общей площади (17 075,4 тыс. км²). Примечательно, по данным аналитического агентства «Авто-стат», что в 49 % российских семей вообще нет автомобиля. Доля семей, владеющих одним автомобилем, составляет 34, двумя – 13,5; тремя – 3; четырьмя и более автомобилями – 0,5%.

В атмосферу крупных городов с отработавшими газами поступают 9 веществ, определяющих 95 % суммарного ущерба окружающей среде и здоровью населения: оксиды азота (44,5 %), свинец (21 %), акролеин (7,5 %), сажа (7,4 %), оксид углерода (6 %), диоксид серы (3,4 %), формальдегид (2,8 %), бенз(а)пирен (1,3 %), ацетальдегид (1,1 %) [3]. При этом доля выбросов от автомобильного транспорта в крупных городах доходит до 70-80 % (вклад стационарных источников, которые находятся на балансе предприятий автомобильного транспорта, составляет 15-20 %, из них 65-70 % приходится на объекты автомобильного сервиса) [4]. Токсичные вещества оказывают негативное влияние на качество жизни населения, снижая умственную и физическую работоспособность; в концентрациях, превышающих ПДК, поражают нервную систему, печень, пищеварительный тракт, способствуют развитию канцерогенных новообразований [5, 6]. Ущерб, вызываемый загрязнением воздуха, воды и почвы, оценить достаточно трудно. По мнению коллектива авторов из НАМИ под руководством

В.Ф. Кутенева [7], целесообразнее всего производить его по методике «ExternE», «... в основу которой положена оценка внешней стоимости», представляющей собой «...экономический (денежный) эквивалент воздействия на окружающую среду. Внешняя стоимость может быть (частично или полностью) включена в стоимость товаров и услуг в виде налогов, чтобы государство имело возможность с одной стороны стимулировать выпуск более экологически чистой продукции, с другой – имело финансовые средства для борьбы с негативными экологическими последствиями».

В настоящее время усиленное влияние на уровень экологической безопасности автотранспортных средств, наряду с совершенствованием систем энергообразования [8], оказывает качество работ по техническому обслуживанию и ремонту [9]. Обеспечение необходимых уровней работоспособности и экологической безопасности автомобильного парка, в первую очередь, базируется на обеспечении собственной экологической безопасности объектов автомобильного сервиса.

Сложная структура объектов автомобильного сервиса, количество и качество выполняемых работ, используемого технологического оборудования формируют различные направления загрязнений окружающей среды. В зависимости от производственной деятельности сточные воды подразделяются на сточные воды от мойки автомобилей, входящие в систему оборотного водоснабжения; нефтесодержащие сточные воды от производственных участков; сточные воды, содержащие тяжелые металлы, хром, кислоты и щелочи; сточные воды, содержащие краску и растворители красок (участок покраски автомобилей); поверхностные сточные воды с территории объектов автомобильного сервиса [4].

Для обеспечения качественного выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей необходимо не только оптимально распределять трудовые ресурсы [10] на объектах автомобильного сервиса, использовать современные подходы к управлению [11], но и проводить работы по углубленной очистке с учетом влияния на работников различных вредных и опасных факторов [12]. В зарубежной практике различают четыре основных типа вспомогательных процессов очистки [13], оказывающих определенное влияние на экологическую безопасность: 1) мойка (power washing); 2) химико-микробная очистка (chemical/microbe cleaning); 3) абразивная очистка (abrasive cleaning); 4) термическая очистка (thermal ovens). Мойка является одним из наиболее распространенных процессов. Состав и концентрация взвешенных веществ сточных вод зависят от различных факторов: времени года, типа дорожного покрытия, применяемой мойки, сезонных условий и т.д.

Основными загрязнениями сточных вод в процессе мойки являются [14]: нефтепродукты (различные виды топлива, отработавшие моторные, трансмиссионные и промышленные масла, консистентные смазки, асфальт); охлаждающие и омывающие жидкости; механические примеси (песок, частицы грязи, свинцовая пыль); химические соединения (фенолы, соли тяжелых металлов, СПАВ, электролит аккумуляторных батарей). Применение синтетических моющих средств значительно уменьшает расход воды на мойку (в 3-3,5 раза).

Сточные воды, возвращаясь обратно в окружающую среду, попадают главным образом в объекты гидросферы (реки, озера, водохранилища) и суши (поля, накопители, подземные горизонты и др.). При недостаточной очистке сточные воды содержат нефть и нефтепродукты, кислоты, щелочи, соединения шестивалентного хрома, соли меди, никеля, цинка, кадмия и других металлов, остатки смазочных материалов и т.д. Сброс этих сточных вод в открытые водоемы и городскую канализацию недопустим без соответствующей очистки. Влияние их на водоемы выражается в появлении нефтяной пленки на поверхности воды, отложении тяжелых нефтепродуктов на дне водоема, появлении в воде керосинового запаха.

Экологическая опасность при сбросе неочищенных стоков объектов автомобильного сервиса в водоем состоит в том, что эмульгированные нефтепродукты и синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) вызывают отмирание первичных пищевых цепей водоемов, гибель водорослей и замедление процессов самоочищения водоемов, приводят к массовой гибели живых организмов [15].

Производственные и хозяйственно-бытовые здания объектов автомобильного сервиса оснащаются очистными сооружениями с системой оборотного водоснабжения, локальными сооружениями для предварительной очистки стоков от производственных участков и накопителем-отстойником для очистки стоков с территории. Инновациями в области экологической безопасности объектов автомобильного сервиса являются разработка и внедрение принципиально нового оборудования для мойки автомобилей, а также разработка мероприятий по созданию систем очистки сточных вод и оборотного водоснабжения [16-21].

Новое направление в процессе мойки автомобилей – сухая, без использования воды, но с применением автохимии. Этот способ имеет ряд преимуществ, но и имеются недостатки. Преимущество состоит в отсутствии необходимости использования воды и шлангов. Недостатки – проблемы с очисткой скрытых полостей (труднодоступных мест кузова), углублений на кузове, куда сложно добраться тряпкой. Поэтому этот способ не может полностью исключить водные мойки вашего авто, но может значительно увеличить промежутки времени между водными мойками, не сказываясь на внешнем виде автомобиля. Еще к недостаткам можно отнести то, что сухую мойку неразумно использовать на сильно загрязненных автомобилях [22, 23].

В качестве примера можно привести разработанную специалистами ООО «БМТ» установку [24], предназначенную для очистки загрязненных вод постов мойки легковых автомобилей от взвешенных веществ (до 98,5 %) и нефтепродуктов (до 96 %) с целью использования очищенной воды в оборотном цикле водоснабжения. Данная установка по очистки оборотных вод постов мойки автотранспорта представляет собой 4-х секционный контейнер с основными технологическими стадиями: механической очистки; реагентной обработки; отстаивания с использованием тонкослойных модулей; фильтрации с использованием высокоэффективного полимерного сорбента; сорбции для доочистки излишков воды до нормативных показателей для слива в канализацию или на рельеф местности. Учитывая проблемы импортозамещения, в качестве рекомендуемого оборудования для очистки воды и поверхностного стока на объектах автомобильного сервиса необходимо использовать системы, обеспечивающие рациональное использование водопроводной воды с возможностью её многократного применения («Свяга», «Свирь», СОРВ и др.).

В настоящее время разработано и введено в действие большое число видов установок и сооружений для обеспечения экологической безопасности объектов автомобильного сервиса, реализующих различные методы. Существующее оборудование имеет ряд недостатков, таких как громоздкость, сложность в обслуживании, дороговизна, низкая энергоэффективность. В связи с этим задача поиска и построения алгоритма повышения экологической безопасности объектов автомобильного сервиса, основывающегося на разбиении процессов по направлениям влияния на окружающую среду и качество жизни человека с учетом мировых тенденций, актуальна и требует отдельного изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королькова, А. Автомобилизация в России продолжила рост [Электронный ресурс] / А. Королькова. - Драйв [Сайт]. URL: <https://www.drive.ru/russia/55c08dbe95a6566ce0000027.html> (дата обращения 22.09.2015).
2. Дорохин, С.В. Проблемы загрязнения городской среды предприятиями автомобильного сервиса [Текст] / С.В. Дорохин, Д.Л. Прохоров, Е.В. Старков // Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті. - Харків: ХНАДУ. - 2015. - С. 132-133.
3. Новиков, А.И. Перспективы развития альтернативных источников энергии, способных обеспечить экологическую безопасность и ресурсосбережение в автотранспортном комплексе [Текст] / А.И.Новиков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2015. - № 5-1. - С. 189-194.
4. Сарбаев, В.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов [Текст] / В.И. Сарбаев, С.С. Селиванов, В.Н. Коноплев, Ю.Н. Демина. - Ростов н/Д: Феникс, 2004. - 448 с.

5. Тарасова, Е.В. Оценка экологической безопасности автотранспортных средств [Текст] / Е.В. Тарасова, С.В. Дорохин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2014. - № 1. - С. 294-296.
6. Дорохин, С.В. Влияние автотранспорта на загрязнение городской среды [Текст] / С.В. Дорохин, Д.Л. Прохоров // Университетская наука-2015. - В 4-х томах. - Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ». - 2015. - Т. 2. - С. 180-181.
7. Кутенев, В.Ф. Сопоставительный анализ отечественной и европейской методик оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом [Текст] / В.Ф. Кутенев, А.В. Козлов, А.С. Теренченко // Журнал автомобильных инженеров. - 2009. - № 5 (58). - С. 46-51.
8. Новиков, А.И. К вопросу развития системы энергообразования двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А.И. Новиков, С.В. Дорохин, Т.П. Новикова, А.Г. Каширских; под общей редакцией А.И. Новикова // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования. - Воронеж. - 2014. - С. 272-274.
9. Дорохин, С.В. Критический анализ методов определения рациональных режимов технического обслуживания и ремонта [Текст] / С.В. Дорохин, И.Н. Кравченко, П.Г. Ларин // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2015. - № 6. - С. 44-48.
10. Новикова, Т.П. К вопросу оптимального использования трудовых ресурсов на предприятиях автомобильного сервиса [Текст] / Т.П. Новикова, А.И. Новиков, М.М. Сушков, П.М. Веремьянин; под общей редакцией А.И. Новикова // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования. - Воронеж, - 2014. - С. 248-250.
11. Новикова, Т.П. Повышение эффективности управления предприятиями автомобильного сервиса путем применения CALS-технологий [Текст] / Т.П. Новикова, В.К. Зольников, А.И. Новиков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2014. - № 1. - С. 396-399.
12. Садыков, Р.Р. Влияние изменяющихся факторов на безопасность и условия труда работников при ТО и ремонте [Текст] / Р.Р. Садыков, А.П. Лапин // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 4 (39). - С. 122-125.
13. Halderman J.D. Automotive technology : principles, diagnosis and service. Pearson Education, 2011. 1664 p.
14. Мусина, У.Ш. Сточные воды автосервиса и способы их очистки [Текст] / У.Ш. Мусина, Г.З. Бижанова, Ж.Т. Бибала, А. Сулейменов // Вестник КазНТУ. - 2014. - № 4. - С. 230-234.
15. Соснин, Ю.П. Инженерные сети: Оборудование зданий и сооружений [Текст] / Ю.П. Соснин. - М.: Высш. шк., 2008. - 415 с.
16. Hsu, Sh.-K. Reclamation of car washing wastewater by a hybrid system combining bio-carriers and non-woven membranes filtration [Text] / Sh.-K. Hsu, Ch.-H. Chen, W.-K. Chang // Desalination and water treatment. - 2011. - Vol. 34. - Iss. 1. P. 349-353. DOI: 10.5004/dwt.2011.2046.
17. Etchepare, R. Application of flocculation-flotation followed by ozonation in vehicle wash wastewater treatment/disinfection and water reclamation [Text] / R. Etchepare, R. Zaneti, A. Azevedo, J. Rubio // Desalination and water treatment. - 2015. - Vol. 56. - Iss. 7. P. 1728-1736. DOI: 10.1080/19443994.2014.951971.
18. Севостьянов, А.Л. Очистка маслосодержащих сточных вод магнитным фильтрованием [Текст] / А.Л. Севостьянов, А.П. Лапин, А.Н. Новиков, Р.Р. Садыков // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 4 (27). - С. 91-94.
19. Маврин, В.Г. Экологическая безопасность предприятий автомобильного сервиса [Текст] / В.Г. Маврин, Г.В. Маврин // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 2 (29). - С. 95-99.
20. Лапин, А.П. Очистка воды в гидроциклонах [Текст] / А.П. Лапин, Д.Н. Шопов, Р.Р. Садыков, Г.В. Кулабухов, Е.Н. Поляков, О.В. Чукин // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - №2 (29). - С. 81-84.
21. Лапин, А.П. Очистка сточных вод от нефтепродуктов флотационными методами [Текст] / А.П. Лапин, В.В. Недолужко // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 1 (28). - С. 83-88.
22. Дорохин, С.В. Экологическая безопасность предприятий автосервиса [Текст] / С.В. Дорохин, В.Д. Турчанинов // Университетская наука-2015. - В 4-х томах. - Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ». - 2015. - Т. 2. - С. 179-180.
23. Прохоров, Д.Л. Проблемы загрязнения городской среды предприятиями автосервиса [Текст] / Д.Л. Прохоров, Н.Л. Прохорова // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2014. - № 1. - С. 281-284.
24. Очистка оборотных вод постов мойки автотранспорта [Электронный ресурс] // БМТ [Сайт]. URL: http://www.vladbmt.ru/waste_auto.htm (дата обращения 01.10.2015).
25. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды / А.Н. Новиков, О.А. Ивашук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - № 1. - 2009. - С. 107-111.
26. Васильева, В.В. Оценка воздействия автотранспортных потоков на акустическую среду городской территории [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Васильева Виктория Владимировна. - Орел, 2008.
27. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Ивашук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - № 4. - 2007. - С. 90-97.

Дорохин Сергей Владимирович

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»
Адрес: Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили и сервис», декан автомобильного факультета
E-mail: dsvvrn@yandex.ru

Прохорова Надежда Леонидовна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»
Адрес: Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
Преподаватель кафедры «Экология»
E-mail: nadnov40@yandex.ru

Новиков Артур Игоревич

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»
Адрес: Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили и сервис»
E-mail: nvatdo@gmail.com

Прохоров Денис Леонидович

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»
Адрес: Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
Магистрант автомобильного факультета
E-mail: ser_prohorov@bk.ru

S.V. DOROKHIN, N.L. PROKHOROVA, A.I. NOVIKOV, D.L. PROKHOROV

TO ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF AUTOMOTIVE SERVICE

Currently, the increasing influence on the level of environmental safety vehicles by the quality of maintenance and repair. Ensure the necessary level of efficiency and environmental safety of the vehicle fleet, primarily based on ensuring its environmental safety of automotive service.

Keywords: environmental situation, motor transport, environmental issues, environmental safety, emissions, automotive service facilities, car wash, toxic substances, pollutants, waste water.

BIBLIOGRAPHY

1. Korol'kova, A. Avtomobilizatsiya v Rossii prodolzhlila rost [Elektronnyy resurs] / A. Korol'kova. - Drayv [Sayt]. URL: <https://www.drive.ru/russia/55c08dbe95a6566ce0000027.html> (data obrashcheniya 22.09.2015).
2. Dorokhin, S.V. Problemy zagryazneniya gorodskoy sredey predpriyatiyami avtomobil'nogo servisa [Tekst] / S.V. Dorokhin, D.L. Prokhorov, E.V. Starkov // Hovitni tekhnologii v avtomobilebudivnitstvi ta transporti. - Har'kiv: HNADU. - 2015. - S. 132-133.
3. Novikov, A.I. Perspektivy razvitiya al'ternativnykh istochnikov energii, sposobykh obespechit' ekologicheskuyu bezopasnost' i resursoberezhenie v avtotransportnom komplekse [Tekst] / A.I. Novikov // Iz-vestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskoe nauki. - 2015. - № 5-1. - S. 189-194.
4. Sarbaev, V.I. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobiley: mekhanizatsiya i ekologicheskaya bezopasnost' proizvodstvennykh protsessov [Tekst] / V.I. Sarbaev, S.S. Selivanov, V.N. Konoplev, YU.N. Demin. - Rostov n/D: Feniks, 2004. - 448 s.
5. Tarasova, E.V. Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti avtotransportnykh sredstv [Tekst] / E.V. Tarasova, S.V. Dorokhin // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - 2014. - № 1. - S. 294-296.
6. Dorokhin, S.V. Vliyanie avtotransporta na zagryaznenie gorodskoy sredey [Tekst] / S.V. Dorokhin, D.L. Prokhorov // Universitetskaya nauka-2015. - V 4-kh tomakh. - Mariupol': GVUZ "PGTU". - 2015. - T. 2. - S. 180-181.
7. Kutenev, V.F. Sopostavitel'nyy analiz otechestvennoy i evropeyskoy metodik otsenki ushcherba ot zagryazneniya atmosfernogo vozdukha avtomobil'nym transportom [Tekst] / V.F. Kutenev, A.V. Kozlov, A.S. Terenchenko // Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov. - 2009. - № 5 (58). - S. 46-51.
8. Novikov, A.I. K voprosu razvitiya sistemy energoobrazovaniya dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst] / A.I. Novikov, S.V. Dorokhin, T.P. Novikova, A.G. Kashirskikh; pod obshchey redaktsiey A.I. Novikova // Al'ternativnye istochniki energii na avtomobil'nom transporte: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - Voronezh. - 2014. - S. 272-274.
9. Dorokhin, S.V. Kriticheskiy analiz metodov opredeleniya ratsional'nykh rezhimov tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta [Tekst] / S.V. Dorokhin, I.N. Kravchenko, P.G. Larin // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2015. - № 6. - S. 44-48.
10. Novikova, T.P. K voprosu optimal'nogo ispol'zovaniya trudovykh resursov na predpriyatiyakh avtomobil'nogo servisa [Tekst] / T.P. Novikova, A.I. Novikov, M.M. Sushkov, P.M. Verem'yanin; pod obshchey redaktsiey A.I. Novikova // Al'ternativnye istochniki energii na avtomobil'nom transporte: problemy i perspektivy ratsion-

al'nogo ispol'zovaniya. - Voronezh, - 2014. - S. 248-250.

11. Novikova, T.P. Povyshenie effektivnosti upravleniya predpriyatiyami avtomobil'nogo servisa pu-tem primeneniya CALS-tehnologiy [Tekst] / T.P. Novikova, V.K. Zol'nikov, A.I. Novikov // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo is-pol'zovaniya. - 2014. - № 1. - S. 396-399.

12. Sadykov, R.R. Vliyanie izmenyayushchikhsya faktorov na bezopasnost` i usloviya truda rabotnikov pri TO i remonte [Tekst] / R.R. Sadykov, A.P. Lapin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 4 (39). - S. 122-125.

13. Halderman J.D. Automotive technology : principles, diagnosis and service. Pearson Education, 2011. 1664 p.

14. Musina, U.SH. Stochnye vody avtoservisa i sposoby ikh ochistki [Tekst] / U.SH. Musina, G.Z. Bizha-nova, ZH.T. Bibala, A. Suleymenov // Vestnik KazNTU. - 2014. - № 4. - S. 230-234.

15. Sosnin, YU.P. Inzhenernye seti: Oborudovanie zdaniy i sooruzheniy [Tekst] / YU.P. Sosnin. - M.: Vyssh. shk., 2008. - 415 s.

16. Hsu, Sh.-K. Reclamation of car washing wastewater by a hybrid system combining bio-carriers and non-woven membranes filtration [Text] / Sh.-K. Hsu, Ch.-H. Chen, W.-K. Chang // Desalination and water treatment. - 2011. - Vol. 34. - Iss. 1. P. 349-353. DOI: 10.5004/dwt.2011.2046.

17. Etchepare, R. Application of flocculation-flotation followed by ozonation in vehicle wash wastewater treatment/disinfection and water reclamation [Text] / R. Etchepare, R. Zaneti, A. Azevedo, J. Rubio // Desalination and water treatment. - 2015. - Vol. 56. - Iss. 7. P. 1728-1736. DOI: 10.1080/19443994.2014.951971.

18. Sevost`yanov, A.L. Ochistka maslosoderzhashchikh stochnykh vod magnitnym fil'trovaniem [Tekst] / A.L. Sevost`yanov, A.P. Lapin, A.N. Novikov, R.R. Sadykov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2009. - № 4 (27). - S. 91-94.

19. Mavrin, V.G. Ekologicheskaya bezopasnost` predpriyatiy avtomobil'nogo servisa [Tekst] / V.G. Mavrin, G.V. Mavrin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 2 (29). - S. 95-99.

20. Lapin, A.P. Ochistka vody v gidrotsiklonakh [Tekst] / A.P. Lapin, D.N. Shopov, R.R. Sadykov, G.V. Kula-bukhov, E.N. Polyakov, O.V. Chukin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 2 (29). - S. 81-84.

21. Lapin, A.P. Ochistka stochnykh vod ot nefteproduktov flotatsionnymi metodami [Tekst] / A.P. Lapin, V.V. Nedoluzhko // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 1 (28). - S. 83-88.

22. Dorokhin, S.V. Ekologicheskaya bezopasnost` predpriyatiy avtoservisa [Tekst] / S.V. Dorokhin, V.D. Turchaninov // Universitetskaya nauka-2015. - V 4-kh tomakh. - Mariupol': GVUZ "PGTU". - 2015. - T. 2. - S. 179-180.

23. Prokhorov, D.L. Problemy zagryazneniya gorodskoy sredy predpriyatiyami avtoservisa [Tekst] / D.L. Prokhorov, N.L. Prokhorova // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - 2014. - № 1. - S. 281-284.

24. Ochistka oborotnykh vod postov moyki avtotransporta [Elektronnyy resurs] // BMT [Sayt]. URL: http://www.vladbmt.ru/waste_auto.htm (data obrashcheniya 01.10.2015).

25. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo akusticheskoy sredy / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil`eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 1. - 2009. - S. 107-111.

26. Vasil`eva, V.V. Otsenka vozdeystviya avtotransportnykh potokov na akusticheskuyu sredu gorodskoy territorii [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Vasil`eva Viktoriya Vladimirovna. - Orel, 2008.

27. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil`eva // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - № 4. - 2007. - S. 90-97.

Dorokhin Sergey Vladimirovich

FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov»

Address: Rossia, 394087, Voronezh, Timiryazeva str., 8

Ph.D. in technologies, associate professor of the department of vehicles and service

Dean of motor-car faculty

E-mail: dsvvrn@yandex.ru

Prokhorova Nadezhda Leonidovna

FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov»

Address: Rossia, 394087, Voronezh, Timiryazeva str., 8

lecturer, chair-department of ecology, forest protection and hunting

E-mail: nadnov40@yandex.ru

Novikov Artur Igorevich

FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov»

Address: Rossia, 394087, Voronezh, Timiryazeva str., 8

Ph.D. in technologies, associate professor of the department of vehicles and service

E-mail: nvatdo@gmail.com

Prokhorov Denis Leonidovich

FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov»

Address: Rossia, 394087, Voronezh, Timiryazeva str., 8

Student, Automotive Faculty

E-mail: ser_prohorov@bk.ru

УДК 629. 113. 003

В.В. ЛЯНДЕНБУРСКИЙ, И.Е. ИЛЬИНА, С.А. ПЫЛАЙКИН, С.А. ЕВСТРАТОВА

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ КОЛИЧЕСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ
ОТРАБОТКИ «СРЕДНИХ НАРУШЕНИЙ» МУЖЧИН
И ЖЕНЩИН НА АВТОТРЕНАЖЕРЕ**

В подготовке водителя центральное место занимает формирование профессиональных навыков, т.е. действий по управлению автомобилем, доведенных до высокой степени автоматизма. Для выработки таких навыков требуется время. Сравнительный временной и количественный анализ отработки «средних нарушений» мужчин и женщин показывает, что наблюдается значительные отклонения в подготовленности мужчин и женщин.

Ключевые слова: обучение вождению, грубые нарушения, тренажер, эксперимент, количественный, временной показатель.

Экспериментальные исследования проводились с целью сбора данных для формирования количественно-временной модели отработке навыков на автотренажере, а также практической апробации теоретической методики.

Все типичные ошибки разделены на три категории: грубые, средние, мелкие. Для средних ошибок разработана таблица 1, в которую заложены ошибки совершаемые кандидатом в водители при проведении эксперимента.

Таблица 1 - Средние ошибки совершаемые кандидатом в водители на тренажере

Средние ошибки	Время	Количество
1. Нарушил правила остановки		
2. Не подавал сигнала световым указателем поворота перед началом движения, перестроением, поворотом(разворотом) или остановкой		
3. Не выполнил требования информационно-указательных знаков, дорожной разметки (кроме разметки 1.1 , 1.3 , 1.12)		
4. Не использовал в установленных случаях аварийную световую сигнализацию или знак аварийной остановки		
5. Выехал на перекрёсток при образовавшемся заторе, создав помеху движению ТС в поперечном направлении		

Пассивный эксперимент заключался в получении информации о количестве и времени необходимых на отработку навыков. Необходимо создать экспериментальный массив из количества и времени, необходимых на отработку навыков для мужчин и женщин, использующих автотренажеры и следовать пунктам общей методики исследования.

Согласно подконтрольной выборке нам необходимо по каждому направлению произвести 30 экспериментов по количеству и времени затраченных на отработку навыков. Основные результаты наблюдения за подготовкой кандидатов в водители, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Величины времени и количества «средних нарушений» мужчин и женщин: Ngsr – среднее количество попыток необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у женщин; Nmsr – среднее количество попыток необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у мужчин; tgsr - среднее время необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у женщин; tmsr – среднее время необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у мужчин

№	Ngsr	Nmsr	tgsr	tmsr
1	2	3	4	5
1.	1	1	46,23	81,76
2.	1	1	64,28	96,97
3.	2	1	66,13	120,48
4.	2	1	73,33	120,60
5.	2	1	76,81	122,95
6.	2	1	78,55	123,36
7.	2	1	78,65	144,62
8.	2	1	82,85	161,58
9.	2	1	103,94	171,49
10.	3	1	122,98	179,40
11.	3	1	123,12	180,36
12.	3	1	132,93	181,83
13.	3	2	158,77	182,61
14.	3	2	166,50	186,81
15.	3	2	169,21	196,90
16.	3	2	171,76	197,22
17.	4	2	177,07	200,96
18.	4	2	180,65	203,77
19.	4	2	182,00	208,54
20.	4	3	184,62	212,89
21.	4	3	185,77	213,44
22.	4	3	189,05	217,10
23.	4	3	192,70	217,94
24.	4	3	193,27	222,71
25.	4	3	201,66	232,05
26.	4	3	209,58	236,35

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
27.	4	3	211,26	239,03
28.	5	3	228,51	239,50
29.	5	4	233,09	321,99
30.	6	4	269,88	346,67
31.	Mean = 3,23333333	Mean = 2,03333333	Mean = 151,838333	Mean = 191,396
32.	StdDv = 1,19433529	StdDv = 0,999425122	StdDv = 59,8421132	StdDv = 56,2405048

Выбор программы тестирования обусловлен тем, что на начальном этапе отрабатываются самые необходимые навыки управления транспортным средством в городском цикле и на оживленных магистралях, в том числе перестроение в плотном потоке, круговое движение, соблюдение дистанции и оптимальной скорости, прогнозирование возможных аварийных ситуаций и своевременное реагирование на них.

Результаты тестирования женщин и мужчин представлены на рисунках 1, 2. Анализ времени и количества попыток на отработку «мелких нарушений» мужчин и женщин указывает, что они могут быть описаны нормальным законом распределения.

$$f(N),$$

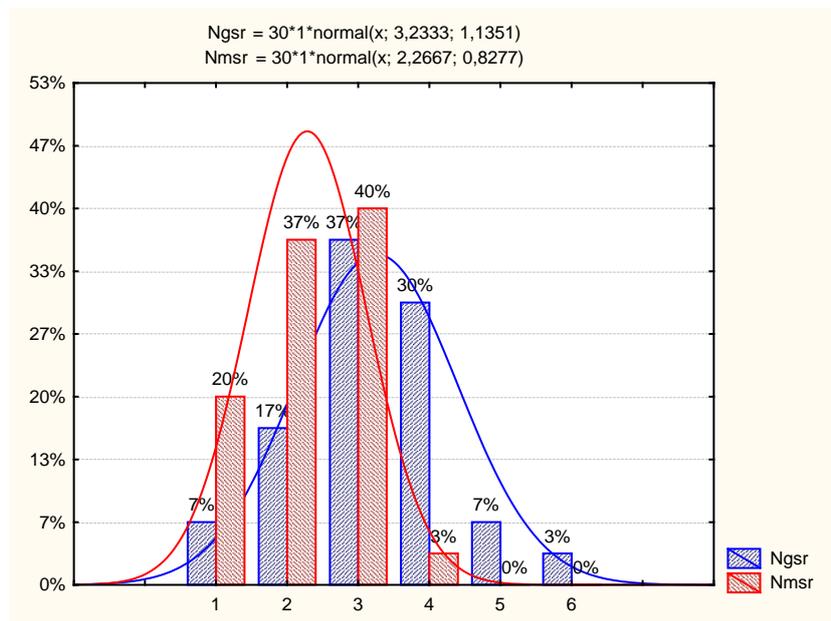


Рисунок 1 - Сравнительный количественный анализ отработки навыков

«средних нарушений» мужчин и женщин: N_{gsr} – среднее количество попыток необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у женщин; N_{msr} – среднее количество попыток необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у мужчин

В связи с тем, что группа тестируемых только начала обучение, навыков управления и знаний ПДД у них недостаточно, поэтому результаты получились неоднородными. Сравнительный количественный и временной анализ отработки навыков «средних нарушений» по-

казывает значительное отличие в уровне подготовки мужчин и женщин в начальный период обучения.

$f(t),\%$

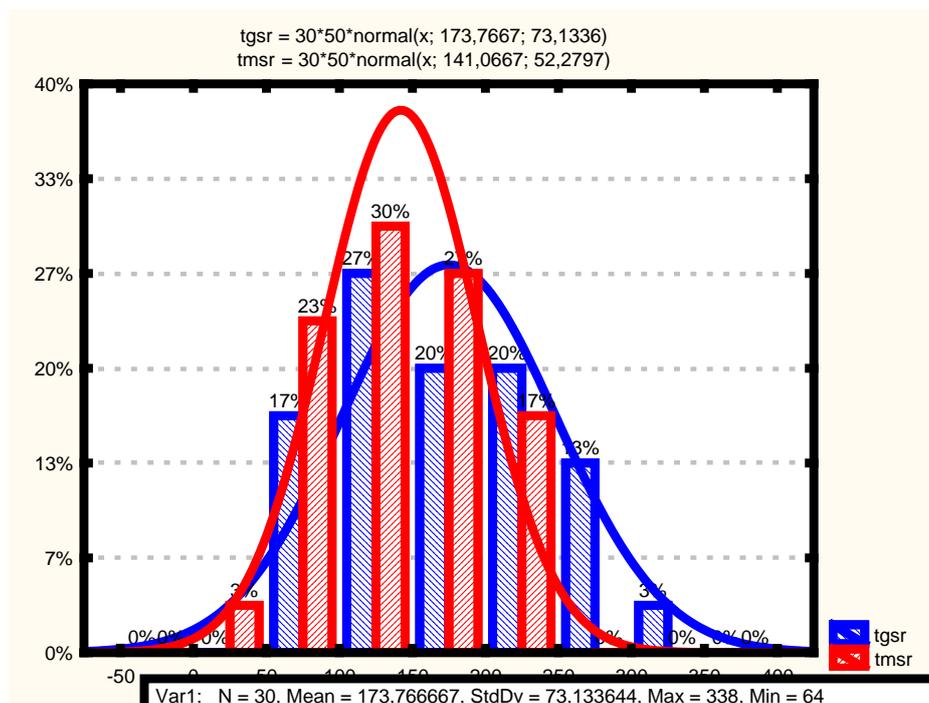


Рисунок 2 - Сравнительный временной анализ отработки навыков «средних нарушений» мужчин и женщин: tgsr – среднее время необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у женщин; tmsr – среднее время необходимое на отработку навыков «средних нарушений» у мужчин

Мужчины затрачивают меньше времени на правильное выполнение «средних нарушений» на 15 %, а по количеству попыток наблюдается еще большее отличие – до 29%.

При правильно организованном процессе обучения на тренажёре у курсантов в результате систематических занятий уменьшается время реакции, число ошибочных действий, правильно организуется внимание, в особенности при дефиците времени, повышается устойчивость против влияния помех, вследствие чего разгружается внимание.

Результаты объективной регистрации, полученные с помощью тренажёрной тренировки, дают возможность установить индивидуальные особенности обучаемых, их типичные ошибки в сложной дорожной обстановке и делать заключения об успешности проведённой подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пылайкин, С.А. Анализ аварийности и причины нарушения водителями правил дорожного движения по Пензенской области [Текст] / И.Е. Ильина, В.В. Лянденбургский, С.А. Пылайкин, С.А. Евстратова // Наукoведение – №1, 2013. - С. 1-12.
2. Ильина, И.Е. Обучение вождению лиц с ограниченными возможностями [Текст] / И.Е. Ильина, В.В., Лянденбургский С.А. Пылайкин, О.С. Серова // Наукoведение. - №6. - 2013. - С. 1-11.
3. Пылайкин, С.А. Транспортные эргатические системы: информационные модели и управление [Текст] / С.А. Пылайкин, И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Мир транспорта и технологических машин. - №1(40). - 2013. - С.113-122.
4. Пылайкин, С.А. Тренажеры и имитаторы транспортных систем: выбор параметров вычислений, оценка качества [Текст] / С.А. Пылайкин, И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Мир транспорта и технологических машин. - №3(42). - 2013. - С.115-121.
5. Пылайкин, С.А. Применение тренажеров для повышения квалификации инструкторов вождения [Текст] / С.А. Пылайкин, И.Е. Ильина, В.В. Лянденбургский, С.А. Евстратова // Наукoведение №1. – 2014. - С. 1-10.
6. Пылайкин, С.А. Методика экспериментальных исследований надежности кандидатов в водители

[Текст] / И.Е. Ильина, В.В., С.А. Лянденбургский, С.А. Пылайкин, С.А. Евстратова // Науковедение. - №2. - 2014. - С. 1-12.

7. Ильина, И.Е. Использование автотренажеров в обучении водителей категории «В» [Текст] / И.Е. Ильина, В.В. Лянденбургский, А.И. Звижинский А.И., С.А. Евстратова // Мир транспорта и технологических машин. - №1. - Орел. - 2013. - С. 105-111.

8. Лянденбургский, В.В. Тренажер для обучения курсантов вождению автомобиля и контроля корректирующих действий инструктора [Текст] / В.В. Лянденбургский, Г.И. Шаронов, И.Е. Ильина, Ю.Д. Бреева // Науковедение. - №4. - 2014. - С. 1-12.

9. Пат. 047085 Российская Федерация, МПК G09B9/04. Тренажер для обучения курсантов вождению автомобиля и контроля корректирующих действий инструктора [Текст] / Лянденбургский В.В., Родионов Ю.В., Пылайкин С.А., Шаронов Г.И., Ильина И.Е.; приоритет полезной модели от 15 июля 2014 г.

10. Lyandenburskiy, V.V. Comparative quantitative and temporal analysis of "minor violations" of men and women in car simulator [Text] / V.V. Lyandenburskiy, I.E. Pina, Yu.V. Rodionov, S.A. Pylaykin // Contemporary Engineering Sciences. - Vol. 8. - 2015. - № 7. - P. 335-339. - <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5242>.

11. Ветохин, А.С. Автотранспортная эргономика [Текст]: учебное пособие / А.С. Ветохин, В.В. Лянденбургский, А.И. Звижинский. - Пенза: ПГУАС. - 2007.

12. Ильина, И.Е. Анализ аварийности и причины нарушения водителями правил дорожного движения по Пензенской области [Текст] / И.Е. Ильина, В.В. Лянденбургский С.А. Пылайкин, С.А. Евстратова // Науковедение. - №1. - 2013.

13. Ильина, И.Е. Формирование навыков управления автомобилем на автотренажере [Текст] / И.Е. Ильина, В.В. Лянденбургский, С.А. Пылайкин, Е.А. Кротова // Науковедение. - №5. - 2014.

14. Родионов, Ю.В. Динамический автотренажер [Текст] / Ю.В. Родионов, А.С. Ветохин // Мир транспорта и технологических машин. - №4. - Орел. - 2011. - С. 90-93.

15. Родионов, Ю.В. Определение и нормирование риска водителей при обеспечении безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте [Текст] / Ю.В. Родионов, А.С. Ветохин // Автотранспортное предприятие. - №1. - 2010. - С. 49-51.

16. Свидетельство 24032 Российская Федерация, МПК⁷ G09B 9/04. Тренажер для обучения вождению автомобиля [Текст] / Бельке А.А., Боуш Р.Л., Щелканова С.В. - №2001114640/20; заявл. 01.06.01; опубл. 20.07.02.

17. Пат. 31033 Российская Федерация, МПК⁷ G09B 9/04. Тренажер для обучения вождению автомобиля [Текст] / Бельке А.А., Щелканова С.В., Поплавский М.А. - №2003106639/20; заявл. 14.03.03; опубл. 10.07.

18. Пат. 68744 Российская Федерация, МПК G09B9/04. Тренажер для обучения водителя автомобиля [Текст] / Мищенко В.Г. - №2007130590/22; заявл. 09.08.07; опубл. 27.11.07, Бюл. №33.

19. Лянденбургский, В.В. Определение совокупности опасных факторов при расследовании и анализе ДТП [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.С. Ветохин, Ю.А. Антонов, А.М. Бутузов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. - Часть I. - Пенза. - 2000.

20. Лянденбургский, В.В. Проблемы подготовки водителей на автомобильном транспорте и пути их решения [Текст] / В.В. Лянденбургский, А.С. Ветохин, Ю.А. Антонов, А.М. Бутузов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. - Часть I. - Пенза. - 2000.

21. Новиков, А.Н. Модульная технология как средство повышения качества обучения в вузе [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Стандарты и мониторинг в образовании. - № 2. - 2001. С. 39.

22. Трясцин, А.П. Теоретические подходы к стратегии подготовки водителей транспортных средств [Текст] / А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, А.П. Лапин, А.А. Катунин // Мир транспорта и технологических машин. - № 2. - 2012. - С. 123-127.

Ильина Ирина Евгеньевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28

Канд. техн. наук, доцент

Email: dekauto@pguas.ru

Лянденбургский Владимир Владимирович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28

Канд. техн. наук, доцент

Email: dekauto@pguas.ru

Пылайкин Сергей Александрович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28
Аспирант
Email: dekauto@pguas.ru

Евстратова Светлана Александровна
ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: Россия, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28
Студент
Email: dekauto@pguas.ru

I.E.IL'INA, V.V. LYANDENBURSKY, S.A. PYLAIKIN, S.A. EVSTRATOVA

COMPARATIVE QUANTITATIVE-TEMPORAL ANALYSIS MINING «SECONDARY VIOLATIONS» OF THE MEN AND WOMEN AT THE AUTO TRAINER

In driver training is Central to the development of professional skills, i.e. management actions the car brought to a high degree of automaticity. To develop such skills takes time. Comparative temporal and quantitative analysis of mining "secondary violations" of men and women shows that there is a significant deviation in fitness of men and women.

Keywords: *driving instruction, gross violations, simulator, experiment, quantitative, time indicator.*

BIBLIOGRAPHY

1. Pylaykin, S.A. Analiz avariynosti i prichiny narusheniya voditelyami pravil dorozhnogo dvizheniya po Penzenskoy oblasti [Tekst] / I.E. Il'ina, V.V. Lyandenburskiy, S.A. Pylaykin, S.A. Evstratova // Naukovedenie - №1, 2013. - S. 1-12.
2. Il'ina, I.E. Obuchenie vozhdeniyu lits s ogranichennymi vozmozhnostyami [Tekst] / I.E. Il'ina, V.V., Lyandenburskiy S.A. Pylaykin, O.S. Serova // Naukovedenie. - №6. - 2013. - S. 1-11.
3. Pylaykin, S.A. Transportnye ergaticheskie sistemy: informatsionnye modeli i upravlenie [Tekst] / S.A. Pylaykin, I.A. Gar`kina, A.M. Danilov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №1(40). - 2013. - S.113-122.
4. Pylaykin, S.A. Trenazhery i imitatory transportnykh sistem: vybor parametrov vychisleniy, otsenka kachestva [Tekst] / S.A. Pylaykin, I.A. Gar`kina, A.M. Danilov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3(42). - 2013. - S.115-121.
5. Pylaykin, S.A. Primenenie trenazherov dlya povysheniya kvalifikatsii instruktorov vozhdeniya [Tekst] / S.A. Pylaykin, I.E. Il'ina, V.V. Lyandenburskiy, S.A. Evstratova // Naukovedenie №1. - 2014. - S. 1-10.
6. Pylaykin, S.A. Metodika eksperimental'nykh issledovaniy nadezhnosti kandidatov v voditeli [Tekst] / I.E. Il'ina, V.V., S.A. Lyandenburskiy, S.A. Pylaykin, S.A. Evstratova // Naukovedenie. - №2. - 2014. - S. 1-12.
7. Il'ina, I.E. Ispol'zovanie avtotrenazherov v obuchenii voditeley kategorii "V" [Tekst] / I.E. Il'ina, V.V. Lyandenburskiy, A.I. Zvizhinskiy A.I., S.A. Evstratova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №1. - Orel. - 2013. - S. 105-111.
8. Lyandenburskiy, V.V. Trenazher dlya obucheniya kursantov vozhdeniyu avtomobilya i kontrolya korrektruyushchikh deystviy instruktora [Tekst] / V.V. Lyandenburskiy, G.I. Sharonov, I.E. Il'ina, YU.D. Breeva // Naukovedenie. - №4. - 2014. - S. 1-12.
9. Pat. 047085 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G09B9/04. Trenazher dlya obucheniya kursantov vozhdeniyu avtomobilya i kontrolya korrektruyushchikh deystviy instruktora [Tekst] / Lyandenburskiy V.V., Rodionov YU.V., Pylaykin S.A., Sharonov G.I., Il'ina I.E.; prioritet poleznoy modeli ot 15 iyulya 2014 g.
10. Lyandenburskiy, V.V. Comparative quantitative and temporal analysis of "minor violations" of men and women in car simulator [Text] / V.V. Lyandenburskiy, I.E. Ilina, Yu.V. Rodionov, S.A. Pylaykin // Contemporary Engineering Sciences. - Vol. 8. - 2015. - № 7. - R. 335-339. - <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5242>.
11. Vetokhin, A.S. Avtotransportnaya ergonomika [Tekst]: uchebnoe posobie / A.S. Vetokhin, V.V. Lyandenburskiy, A.I. Zvizhinskiy. - Penza: PGUAS. - 2007.
12. Il'ina, I.E. Analiz avariynosti i prichiny narusheniya voditelyami pravil dorozhnogo dvizheniya po Penzenskoy oblasti [Tekst] / I.E. Il'ina, V.V. Lyandenburskiy S.A. Pylaykin, S.A. Evstratova // Naukovedenie. - №1. - 2013.

13. Il'ina, I.E. Formirovanie navykov upravleniya avtomobilem na avtotrenazhere [Tekst] / I.E. Il'ina, V.V. Lyandenburskiy, S.A. Pylaykin, E.A. Krotova // Naukovedenie. - №5. - 2014.
14. Rodionov, YU.V. Dinamicheskiy avtotrenazher [Tekst] / YU.V. Rodionov, A.S. Vetokhin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №4. - Orel. - 2011. - S. 90-93.
15. Rodionov, YU.V. Opredelenie i normirovanie riska voditeley pri obespechenii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nom transporte [Tekst] / YU.V. Rodionov, A.S. Vetokhin // Avtotransportnoe predpriyatie. - №1. - 2010. - S. 49-51.
16. Svidetel'stvo 24032 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 G09V 9/04. Trenazher dlya obucheniya vozhdeniyu avtomobilya [Tekst] / Bel'ke A.A., Boush R.L., Shchelkanova S.V. - №2001114640/20; zayavl. 01.06.01; opubl. 20.07.02.
17. Pat. 31033 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 G09V 9/04. Trenazher dlya obucheniya vozhdeniyu avtomobilya [Tekst] / Bel'ke A.A., Shchelkanova S.V., Poplavskiy M.A. - №2003106639/20; zayavl. 14.03.03; opubl. 10.07.
18. Pat. 68744 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G09V9/04. Trenazher dlya obucheniya voditelya avtomobilya [Tekst] / Mishchenko V.G. - №2007130590/22; zayavl. 09.08.07; opubl. 27.11.07, Byul. №33.
19. Lyandenburskiy, V.V. Opredelenie sovokupnosti opasnykh faktorov pri rassledovanii i analize DTP [Tekst] / V.V. Lyandenburskiy, A.S. Vetokhin, YU.A. Antonov, A.M. Butuzov // Problemy kachestva i eks-pluatatsii avtotransportnykh sredstv. - Chast' I. - Penza. - 2000.
20. Lyandenburskiy, V.V. Problemy podgotovki voditeley na avtomobil'nom transporte i puti ikh re-sheniya [Tekst] / V.V. Lyandenburskiy, A.S. Vetokhin, YU.A. Antonov, A.M. Butuzov // Problemy kachestva i eks-pluatatsii avtotransportnykh sredstv. - Chast' I. - Penza. - 2000.
21. Novikov, A.N. Modul'naya tekhnologiya kak sredstvo povysheniya kachestva obucheniya v vuze [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Standarty i monitoring v obrazovanii. - № 2. - 2001. S. 39.
22. Tryastsin, A.P. Teoreticheskie podkhody k strategii podgotovki voditeley transportnykh sredstv [Tekst] / A.P. Tryastsin, YU.N. Baranov, A.P. Lapin, A.A. Katunin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 2. - 2012. - S. 123-127.

Ирина Ирина Евгеньевна

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»
Adress: Rossia, 440028, g. Penza, Titov's street, 28
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer
Email: dekauto@pguas.ru

Lyandenburskiy Vladimir Vladimirovich,

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»
Adress: Rossia, 440028, g. Penza, Titov's street, 28
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer
Email: dekauto@pguas.ru

Pyalaikin sergey Alexandrovich

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»
Adress: Rossia, 440028, g. Penza, Titov's street, 28
Candstudent
Email: dekauto@pguas.ru

Evstratova Svetlana Aleksandrovna

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»
Adress: Rossia, 440028, g. Penza, Titov's street, 28
Student
Email: dekauto@pguas.ru

УДК 338.001.36

А.Н. НОВИКОВ, С.В. БАРАНОВА, Ю.Н. БАРАНОВ

ПРИКЛАДНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ АНАЛИЗА ЦЕНОВОЙ СИТУАЦИИ НА РЫНКЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье представлены статистические исследования формирования регионального автомобильного рынка, обобщена информация по стоимости автомобилей различных марок представленных в отдельных сегментах. Рассмотрены вопросы инновационного развития экономики и оценки степени влияния на развитие экономических структур курса доллара США, стоимости нефти марки Brent, уровня платежеспособности населения РФ.

Ключевые слова: ценовая ситуация на рынке легковых автомобилей, платежеспособный спрос населения, прогнозные изменения автопродаж на 2016-2017 годы.

Решение задачи инновационного развития экономики, в том числе ускорения темпов экономического роста, невозможно сегодня без развития индустрии финансовых услуг.

Во всем мире именно финансовый рынок является источником финансирования компаний, и его развитие тесно связано с задачей «вливания» российской экономики в мировую экономику в процессе глобализации.

В условиях нестабильного финансового состояния экономики России, экономическими аналитиками активно обсуждаются вопросы соотношения стоимости природных ресурсов на международном рынке и курса валют отдельных стран.

Наиболее актуален этот вопрос для России в силу определенной торговой направленности ее операций на международных торговых площадках. Вопрос о ценах на нефть стал так же центральным в мировой дискуссии.

Исследования, проведенные в данном направлении, свидетельствуют о значительном обвале цен на нефть, при этом данная ситуация зачастую связана с усилением позиций американского доллара.

График стоимости доллара США и стоимости нефти марки Brent в период с 2014 по 2015 год подтверждает наличие обратно пропорциональной зависимости.

На рисунке 1 наглядно отражено наличие определенной «стабильности колебаний» в период август – октябрь 2015г. свидетельствующих о том, что значения соответствий сравнимых категорий оптимальны в данной экономической ситуации [1].

Неоспорим факт негативного влияния стоимости Российской валюты на уровень платежеспособного спроса населения.

При анализе текущей ситуации принципиально важно понимать, что курс рубля сдвинулся радикально, этот сдвиг закреплен негативными ожиданиями по развитию российской экономики, санкциями, низкими рейтингами.

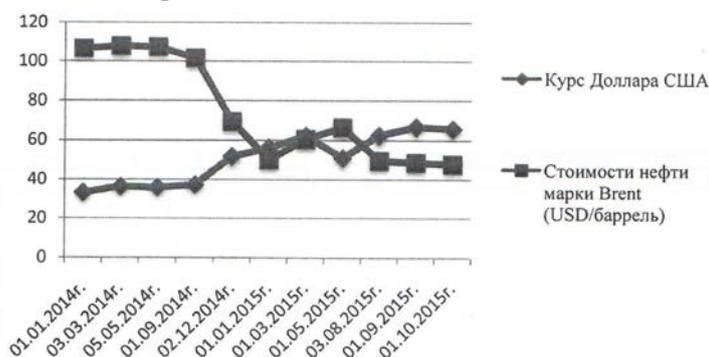


Рисунок 1 – Динамика курса доллара США и стоимости нефти марки Brent в период с 2014 по 2015 год

Таким образом, валютный кризис, который в свою очередь разразился в связи со снижением цен на нефть и экономическими санкциями стран Запада в отношении России, вызвал значительное снижение курса рубля относительно иностранных валют, привёл к увеличению инфляции, а затем к снижению реальных располагаемых доходов населения и потребительского спроса [2, 3].

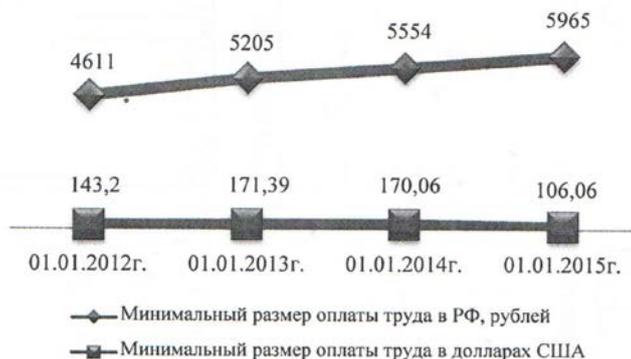


Рисунок 2 – Динамика минимального размера оплаты труда в РФ за 2012 – 2015 годы

Отсюда следует, что минимальный размер оплаты труда в РФ в 2012 году составлял 4661 тыс. рублей или 143, 2 доллара США, а к 2015 году снизился до уровня 106,06 долларов США.

Снижение платежеспособного спроса населения не может не оказывать негативного влияния на уровень развития отдельных отраслей и автомобильная промышленность в данном случае не исключение.

Согласно официальным статическим данным в сентябре 2015 года в России продано 140 тыс. новых автомобилей, что на 28,6% меньше, чем в сентябре 2014 года [4].

Динамика продаж выглядит следующим образом:

- автомобили семейства «Lada» - 21,6 тыс. единиц (снижение продаж – 41%);
- автомобили марки «KIA» - 16,1 тыс. единиц (увеличение продаж – 11%);
- автомобили марки «Hyundai» - 15,1 тыс. единиц (снижение продаж – 2%);
- автомобили марки «Renault» - 10,3 тыс. единиц (снижение продаж – 33)%.

В целом, по состоянию на 01.10.2015 года на автомобильном рынке России было реализовано 1,19 млн. автомобилей, что на 33,0 % меньше чем за аналогичный период 2014 года.

В целом, лидирующие позиции на рынке легковых автомобилей в 2015 году занимали концерны «AvtoVAZ-Renault-Nissan», «Hyundai-KIA Group», VW Group:

- Hyundai Solaris – 11006 авто (увеличение продаж – 10,0%);
- KIA Rio – 10822 авто (увеличение продаж – 69,5%);
- Lada Granta – 8596 авто (увеличение продаж - 49,2%).

Состояние региональных автомобильных рынков определяется множеством обстоятельств, среди которых уровень спроса, развитие инфраструктуры (в т.ч. дорожной), поведенческие традиции, включая интенсивность использования автомобиля.

Для исследования автомобильного рынка региона были изучены автодилеры, осуществляющие продажи легковых автомобилей в г. Орел.

Автосалон «Тойота Центр Орел» - официальный дилер автомобилей марки «Toyota» в городе Орле.

С 1 апреля 2002 года ООО «Тойота Мотор» начало свое функционирование на территории России. Для компании «Toyota» Россия является одним из наиболее приоритетных рынков.

Российский автомобильный рынок абсолютно уникален, в связи с чем, в компании была разработана собственная маркетинговая стратегия, основанная на глубоком изучении всех особенностей рынка. ООО «Тойота Мотор» делает упор на развитие сегментов внедорожников и седанов бизнес-класса, предлагает российским потребителям модели, занимающие различные ниши в данных сегментах. В настоящее время на российском рынке представлены 14 моделей автомобилей «Toyota», из них 6 легковых.

Модельный ряд автомобильного бренда «Volkswagen» представлен компанией «Возрождение» - официальный дилер, осуществляющий полный комплекс услуг по приобретению, ремонту и техническому обслуживанию автомобилей «Volkswagen», построен и оснащен в полном соответствии с самыми высокими европейскими стандартами.

В автоцентре представлен большой выбор автомобилей «Volkswagen», парк тестовых автомобилей для пробной поездки, магазин аксессуаров и запасных частей.

Компания «Возрождение» является и официальным дилером французского концерна «RENAULT» в Орловской области.

Впервые автомобили марки «Renault» появились в России еще в начале двадцатого века. В настоящий момент компания «Renault» - один из ведущих поставщиков и производителей автомобилей на отечественном рынке. В настоящее время, на российских конвейерах в Москве и Тольятти осуществляется сборка таких моделей «Renault», как «Renault Logan», «Renault Sandero», «Renault Fluence», «Renault Duster» и «Renault Megane», с высокой долей локализации компонентов.

Автомобили марки «Chevrolet» в Орле представляет компания «Атлант-М Авто».

С момента своего основания компания «Chevrolet» стремилась сделать достижения науки и технологии широко доступными для всех слоев общества. Такая философия остается неизменной и по сей день, и лежит в основе создания всех автомобилей «Chevrolet».

В таблице 1 представлена стоимость автомобилей различных марок, классифицированных по принципу возрастания и с учетом заявленной классности (сегмента):

- сегмент «В» - малый класс или Small cars;
- сегмент «С» - малый средний класс, который также называют «гольф-классом» или Medium cars;
- сегмент «D» - средний класс автомобилей или Larger cars;
- сегмент «Е» - высший средний, который также называют бизнес классом или Executive cars;
- сегмент «F» - высший представительный класс или Luxury cars;
- сегмент «M» - многоцелевые автомобили;
- сегмент «J» - внедорожники.

Таблица 1 – Информация по стоимости автомобилей различных марок (руб.)

Автомобили марки «CHEVROLET»		Автомобили марки «RENAULT»		Автомобили марки «TOYOTA»		Автомобили марки «VOLKSWAGEN»	
1	2	3	4	5	6	7	8
LANOS (C)	310000	LOGAN (B)	429000	COROLLA (C)	898000	POLO (B)	538000
SPARK (A)	421000	SANDERO (B)	454000	AURIS (C)	1059000	JETTA (C)	691000
LACETTI (B)	459000	SANDERO STEPWAY (D)	553000	VERSO (C)	1132000	BEETLE (C)	977000
AVEO (C)	488000	DUSTER (D)	584000	RAV4 (D)	1255000	SCIROCCO (C)	1022000
COBALT (C)	503000	MEGANE (C)	796000	CAMRY (E)	1295000	GOLF (C)	1024000

Описание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
EPICA (D)	510000	FLUENCE (C)	799000	PRIUS (C)	1622000	TIGUAN (J)	1113000
CRUZE (C)	663000	KANGOO (B)	934000	HILUX (J)	1672000	PASSAT (D)	1118000
ORLANDO (C)	922000	LATITUDE (E)	1089000	GT86 (C)	1836000	TOURAN (M)	1247000
CAPTIVA (J)	1135000	SCENIC (M)	1103000	HIACE (M)	1943000	PASSAT VARIANT (D)	1249000
-	-	KOLEOS (J)	1489000	VENZA (J)	2190000	PASSAT CC (D)	1503000
-	-	MEGANE R.S. (C)	1556000	LAND CRUISER PRADO (J)	2382000	GOLF GTI (C)	1615000
-	-	-	-	HIGHLANDER (J)	2440000	R/R-LINE (C)	1797000
-	-	-	-	ALPHARD (M)	2998000	PASSAT ALLTRACK (D)	1867000
-	-	-	-	LAND CRUISER 200 (J)	2999000	TOUAREG (J)	2550000
-	-	-	-	-	-	PHAETON (F)	4390000

Россия в настоящий момент, к сожалению, может рассматриваться лишь как емкий рынок сбыта с большим числом потенциальных покупателей, имеющих адекватную статусу рынка низкую платежеспособность, а не полноправный участник рынка легковых автомобилей.

Рассмотрим ценовой диапазон автомобилей различных марок, представленных в определенном рыночном сегменте.

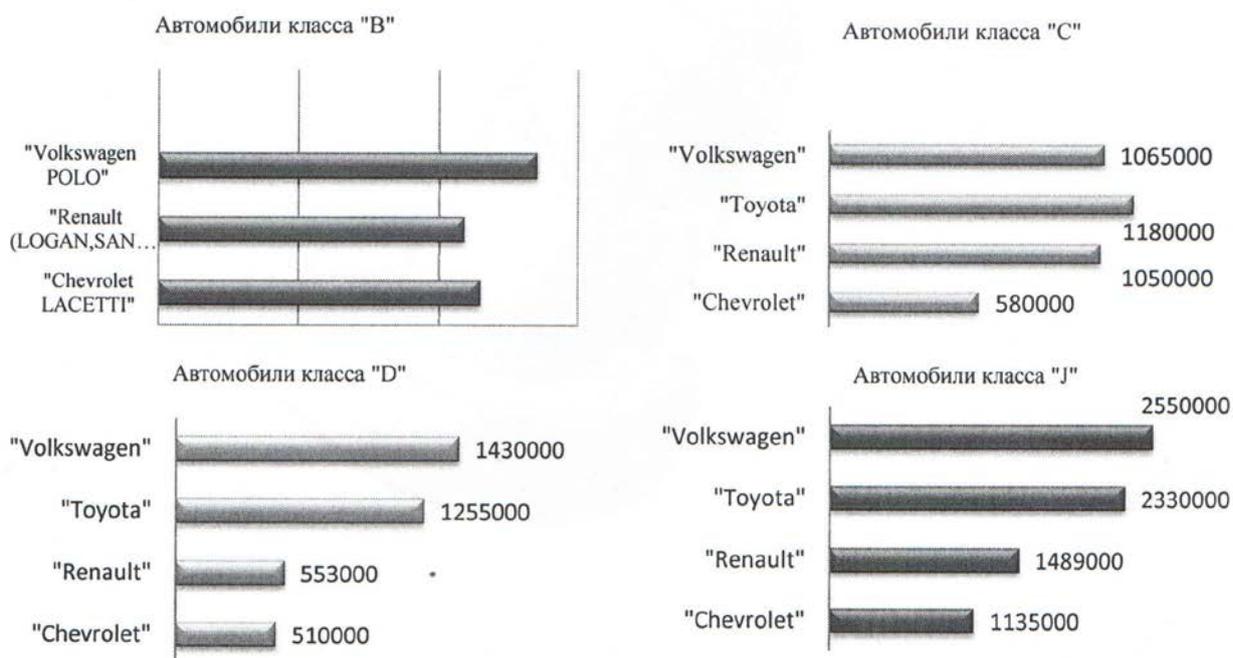


Рисунок 3 – Стоимость автомобилей различных марок, классифицированных по заявленным сегментам

Из полученных данных, можно сделать вывод, что средняя стоимость автомобилей класса «D» и «C» примерно одинаковая, в классах «D» и «J» высокой ценой отличаются автомобили марки «Toyota» и «Volkswagen».

Отсюда, можно представить усредненную стоимость автомобиля, включенного в отдельный сегмент.



Рисунок 4 – Средняя стоимость автомобилей различных марок (руб.), включенных в отдельный сегмент

Таким образом, анализ структуры факторов, влияющих на потребительские предпочтения, свидетельствует, о том, что большинство людей склонны выбирать автомобиль, руководствуясь ценой на него, поэтому ценовой фактор занимает лидирующее положение.

Известно, что цена на автомобиль формируется на заводе-изготовителе и складывается из себестоимости и прибыли предприятия, то есть является внешним условием формирования товарного ассортимента.

Правильная постановка и организация работы по изучению покупательского спроса создает реальные условия для его прогнозирования, а следовательно, и обеспечения успеха коммерческой деятельности как торговых организаций и так и представителей автомобильной промышленности.

В связи с чем, все маркетинговые исследования должны осуществляться с двух позиций: оценка тех или иных маркетинговых параметров для данного момента времени и прогнозирование их значений в будущем.

Исследование особенностей развития ситуации на мировом рынке легковых автомобилей позволяет выделить ряд ключевых факторов, обуславливающих быстрое и эффективное преодоление кризисных явлений.

В первую очередь к ним нужно отнести точное прогнозирование объемов и структуры продаж, постоянное совершенствование конструкции и сокращение времени обновления моделей, оптимизацию процессов производства и распределения продукции.

Экономические аналитики отмечают, что рост прибыли гигантов американского автомобилестроения, общий объем производства которых в конце 90-х годов превышал 11 млн. машин в год, был обеспечен:

- развитием торговой стратегии и сбытовой сети;
- обеспечением экономии на всех стадиях жизненного цикла автомобиля;
- повышением прочности позиции на европейском рынке;
- проведенной модернизацией ряда заводов.

Однако, после снижения спроса на автомобили в 2015 году многие российские дилеры предполагают, что авторынок начнет восстанавливаться в 2016 или 2017 годах [5].

Согласно результатам исследования, посвященного перспективам развития отрасли и планам российских дилеров легковых и легких коммерческих автомобилей:

- 34% опрошенных, несмотря на ситуацию на рынке, не будут откладывать реализацию инвестиционных проектов по развитию дилерской сети и не планируют сокращать персонал;

- 69% участников опроса считают, что текущее снижение спроса на автомобили может привести к консолидации отрасли.

При этом, более трети компаний рассматривают возможность слияний или приобретений, а 77% респондентов – продажу отдельных дилерских центров.

Опросы свидетельствуют о том, что около 60% респондентов ожидают, что восстановление роста начнется уже в 2016 году, а по мнению 37% это произойдет в 2017 году. По мнению дилеров, сегмент премиальных автомобилей будет более устойчив к спаду, чем массовый.

Средний ожидаемый темп снижения продаж в премиальном сегменте составляет 7%, а в массовом – 19%.

При этом 83% участников исследования называют продление программы утилизации наиболее эффективной мерой государственной поддержки. Наиболее действенными из дополнительных мер, по мнению 66% респондентов, являются субсидирование автокредитов и развитие программ льготного кредитования.

Применение системы государственной поддержки автомобильной промышленности имеет положительные результаты. Так же, в настоящее время, реализуются программы долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации и Транспортная стратегия Российской Федерации, направленные на оказании поддержки реальному товаропроизводителю [6, 7].

Таким образом, по мнению автодилеров, складываются позитивные прогнозы изменения продаж легковых автомобилей в России на 2016-2017 годы.

Однако, представленные расчеты (рис. 2) подчеркивают снижение платежеспособного спроса населения России в целом [8].

В связи с чем, реалистичность прогнозов положительной динамики продаж автомобилей в данном случае вызывает сомнения.

По результатам опроса Института «Legatum» Россия в 2014 г. занимала 61 место в мире по уровню жизни населения [9].

Уровень жизни населения свидетельствует о минимальном уровне обеспеченности населения необходимыми материальными благами и услугами. Показателем уровня жизни в мире является показатель валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения [10,11].

Проанализировав статистические данные 2009г. – 2014г. и «Основные показатели прогноза на 2015 г.», следует, что в 2014 г. темп роста ВВП снизился на 0,7 процента. По данным социально – экономического развития РФ в 2015 г. ожидается продолжение снижения темпа роста ВВП до 3,6 % к уровню 2014 г. Более наглядно представим изменение темпа роста ВВП на графике.

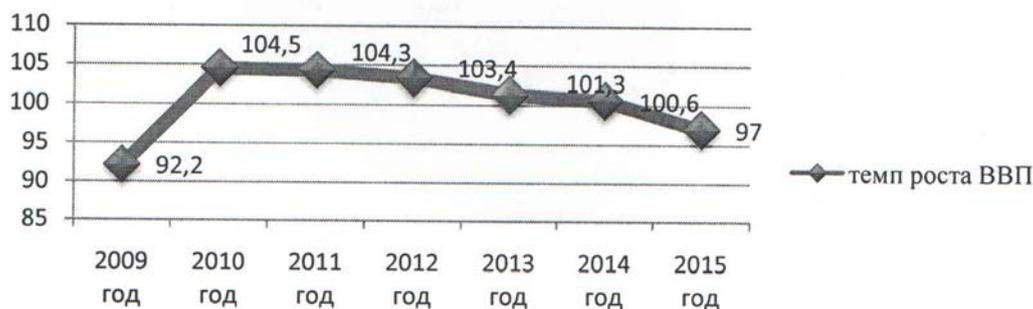


Рисунок 5 – Изменение темпа роста Валового Внутреннего Продукта за 2009 – 2015 годы

Однако, следует учесть, что прогнозируемый рост потребительских цен в 2015 г. составит около 115,8 % по отношению к 2014 г., что приведёт к снижению реальной заработной

ной платы в 2015 г. по отношению к 2014 г. на 10,8 % и повышению прожиточного минимума на 15,8 %.

Отсюда, возможно, что население, изменит потребительское поведение, в связи с низким уровнем оплаты труда [12-17]:

- ограничит потребление за счёт перехода к приобретению товаров первой необходимости по самой низкой из возможных цен;
- сократит спрос на услуги парикмахерских, химчисток, кинотеатров, оздоровительных центров, туристических агентств, платных учреждений здравоохранения;
- откажется от покупок товаров длительного пользования (домашняя техника, электроника, мебель, **автомобили** и т.д.).

Данная тенденция может спровоцировать негативные прогнозы снижения объемов реализации на рынке легковых автомобилей в будущем. В то время, как автомобильная промышленность России имеет все возможности выступить активным поставщиком авторынков и занимать лидирующие позиции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика курса доллара США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.banki.ru/products/currency/USD/>.
2. Средняя заработная плата в России и других странах мира в 2014 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bs-life.ru/rabota/zarplata/srednyaya-zarplata2014>.
3. Средняя заработная плата в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statistic.su/srednyaya-zarplata-v-rossii-yanvar-2014-goda>.
4. Статистика и рейтинги продаж автомобилей в России в 2015 году [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.icnet.ru|CarSaleAUTO_2015_Russia.HTML.
5. Российские дилеры ожидают восстановления авторынка в 2016-2017 гг. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.autostat.ru/news/view/19262>.
6. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. № 1662-р) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
7. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.11. 2008 г. № 1734-р) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
8. Баранова, С.В. Среднедушевые доходы населения и оценочные характеристики уровня покупательной способности [Текст] / С.В. Баранова, Е.П. Лидинфа // Нормирование и оплата труда в сельском хозяйстве. - Москва. - 2013. - № 7. - С. 30-37.
9. Рейтинги стран мира 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.7sekretov.ru/world-ranking-2014.html>.
10. Центр управления финансами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [href="http://center-yf.ru/data/stat/potrebitelskaya-korzina-2015.php"](http://center-yf.ru/data/stat/potrebitelskaya-korzina-2015.php) Потребительская корзина 2015.
11. Что входит в состав потребительской корзины в 2015 году? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bs-life.ru/makroekonomika/potrebitelskaya-korzina2013.html>.
12. Минимальный размер оплаты труда в России заморозят на год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lenta.ru/news/2011/10/04/mrot/>.
13. Зарплаты россиян в 2015 году сильно проседать не будут, возможна и их стабилизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2015/03/10/rosstat.html>.
14. Баранова, С.В. Инновационная политика российского автомобилестроения в посткризисный период [Текст]: коллективная монография / С.В.Баранова, Ю.Н.Баранов, Е.П.Лидинфа, Л.И. Малявкина и др. // Повышение конкурентоспособности инновационной экономики региона. - Орёл: ООО ПФ «Картуш». - 2012. – С. 135-154.
15. Баранов, Ю.Н. Основные тенденции инновационного развития автомобилестроения России, на примере ОАО «АВТОВАЗ»: политика и эффективность функционирования [Текст] / Ю.Н. Баранов, С.В. Баранова / Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. – Орёл: ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК». - 2013 г. - С.123-131.
16. Новиков, А.Н. Инновационная политика и экономическая составляющая развития ОАО «АВТОВАЗ» [Текст] / А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, С.В. Баранова // Экономические и гуманитарные науки. – Орёл. - 2014.- №10 (273). - С.18-28.

17. Баранова, С.В. Макроэкономический анализ ценовой ситуации в транспортном комплексе России [Текст] / С.В. Баранова; под общей редакцией А.Н. Новикова / Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2015. - С. 239-246.

18. Корчагин, В.А. Построение синхронизированной и эффективной логистической цепи поставок [Текст] / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. - № 4 (47). - 2014. - С. 139-142.

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»

Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис и ремонт машин»

E-mail: bar20062@yandex.ru

Баранова Светлана Викторовна

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», филиал

Адрес: Россия, 302029, г. Орел, ул. Гостинная, д. 2

Канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика и финансы»

E-mail:svet-svetlanabar@yandex.ru

Баранов Юрий Николаевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»

Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail:bar20062@yandex.ru

A.N. NOVIKOV, S.V. BARANOVA, YU.N. BARANOV

APPLIED STATISTICAL RESEARCH IN THE ANALYSIS OF THE PRICE SITUATION ON THE CAR MARKET OF THE RUSSIAN FEDERATION

The article presents a statistical study of the formation of a regional automotive market, summarizes information on the cost of the cars of different brands, presented in separate segments. Summarizes the issues of innovative development of the economy and assess the degree of influence on the development of economic structures of the US dollar, oil price, level of solvency of the Russian population.

Keywords: price situation on the car market, solvent demand of the population, projected change in car sales in 2016-2017.

BIBLIOGRAPHY

1. Dinamika kursa dollara SSHA [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.banki.ru/products/currency/USD/>.
2. Srednyaya zarobotnaya plata v Rossii i drugikh stranakh mira v 2014 godu [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://bs-life.ru/rabota/zarplata/srednyaya-zarplata2014>.
3. Srednyaya zarobotnaya plata v Rossii [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://statistic.su/srednyaya-zarplata-v-rossii-yanvar-2014-goda>.
4. Statistika i reytingi prodazh avtomobiley v Rossii v 2015 godu [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: http://www.icnet.ru|CarSaleAUTO_2015_Russia.HTML.
5. Rossiyskie dilery ozhidayut vosstanovleniya avtorynka v 2016-2017 gg. [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.autostat.ru/news/view/19262>.
6. Kontseptsiya dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17.11.2008 g. № 1662-r) [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru>.
7. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22.11. 2008 g. № 1734-r) [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru>.

8. Baranova, S.V. Srednedushevye dokhody naseleniya i otsnochnye kharakteristiki urovnya pokupatel'noy sposobnosti [Tekst] / S.V. Baranova, E.P. Lidinfa // Normirovanie i oplata truda v sel'skom khozyaystve. - Moskva. - 2013. - № 7. - S. 30-37.
9. Reytingi stran mira 2014 g. [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa <http://www.7sekreto.ru/world-ranking-2014.html>.
10. Tsentr upravleniya finansami [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: [href='http://center-yf.ru/data/stat/potrebitelskaya-korzina-2015.php'](http://center-yf.ru/data/stat/potrebitelskaya-korzina-2015.php)>Potrebitel'skaya korzina 2015.
11. CHto vkhodit v sostav potrebitel'skoy korziny v 2015 godu? [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://bs-life.ru/makroekonomika/potrebitelskaya-korzina2013.html>.
12. Minimal'nyy razmer oplaty truda v Rossii zamorozhat na god [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://lenta.ru/news/2011/10/04/mrot/>.
13. Zarplaty rossiyan v 2015 godu sil'no prosedat' ne budut, vozmozhna i ikh stabilizatsiya [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.rg.ru/2015/03/10/rosstat.html>.
14. Baranova, S.V. Innovatsionnaya politika rossiyskogo avtomobilestroeniya v postkrisisnyy period [Tekst]: kollektivnaya monografiya / S.V.Baranova, YU.N.Baranov, E.P.Lidinfa, L.I. Malyavkina i dr. // Povyshenie konkurentosposobnosti innovatsionnoy ekonomiki regiona. - Oriol: OOO PF "Kartush". - 2012. - S. 135-154.
15. Baranov, YU.N. Osnovnye tendentsii innovatsionnogo razvitiya avtomobilestroeniya Rossii, na primere OAO "AVTOVAZ": politika i effektivnost' funktsionirovaniya [Tekst] / YU.N. Baranov, S.V. Baranova / Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa. - Orel: FGOBU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2013 g. - S.123-131.
16. Novikov, A.N. Innovatsionnaya politika i ekonomicheskaya sostavlyayushchaya razvitiya OAO "AVTOVAZ" [Tekst] / A.N. Novikov, YU.N. Baranov, S.V. Baranova // Ekonomicheskie i gumanitarnye nauki. - Orel. - 2014.- №10 (273). - S.18-28.
17. Baranova, S.V. Makroekonomicheskiy analiz tsenovoy situatsii v transportnom komplekse Rossii [Tekst] / S.V. Baranova; pod obshchey redaktsiei A.N. Novikova / Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2015. - S. 239-246.
18. Korchagin, V.A. Postroenie sinkhronizirovannoy i effektivnoy logisticheskoy tsepi postavok [Tekst] / V.A. Korchagin, A.N. Novikov, YU.N. Rizaeva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 4 (47). - 2014. - S. 139-142.

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: Russia, 302030, g. Orel, ul. Moscow, d. 77

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. the department «Service and repair of vehicles»

E-mail: bar20062@yandex.ru

Baranova Svetlana Viktorovna

FGOBU VO «Financial University under the Government of the Russian Federation»

Address: Russia, 302029, g. Orel, ul. Living room, d. 2

Kand. ehkon. Sciences, Associate Professor of «Economics and Finance»

E-mail: svet-svetlanabar@yandex.ru

Baranov Yuri Nikolaevich

FGBOU VO «Prioksky State universiet»

Address: Russia, 302030, g. Orel, ul. Moscow, d. 77

Dr. Sc., professor of «Service and repair of machinery»

Уважаемые авторы!

Просим Вас ознакомиться с основными требованиями к оформлению научных статей.

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.
- Статьи должны быть набраны шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов, сведения об авторах обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается аннотация и перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- Сведения об авторах приводятся в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество; учреждение или организация, адрес учреждения или организации, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, электронная почта.
- В тексте статьи желательно:
 - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - не применять произвольные словообразования;
 - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.
- **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**
- **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.
- Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравниваются по центру страницы, в конце подписи точка не ставится:

Рисунок 1 – Текст подписи

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unprk.ru.

Плата с аспирантов за опубликование статей не взимается.

Адрес учредителя:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. +7(4862)420024
Факс +7(4862)416684
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302006, г.Орел, ул. Московская, 77
Тел. +7 905 856 6556
www.gu-unpk.ru
E-mail: srmostu@mail.ru

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И. В. Акимочкина

Подписано в печать 25.12.2015

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 8,9

Тираж 500 экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.