

Редакционный совет:

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

Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
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)
Пушкарев А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Ременцов А.Н. д-р пед. 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, 2016

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

Ю.В. Родионов, В.А. Мигачев, Е.А. Островская Влияние сезонных условий эксплуатации автомобилей на показатели надежности.....	3
С.В. Панин, С.Ю. Языков, Л.Р. Иванова, Л.А. Корниенко Влияние типов порошковых красок, обработанных в планетарной шаровой мельнице совместно с коллоидно-графитовым препаратом, на структуру, физико-механические и антистатические свойства композиционных покрытий.....	11
А.С. Гребенников, С.А. Гребенников, И.Ю. Куверин Динамический метод диагностирования элементов автомобиля.....	24
А.В. Селихов, В.В. Мишин, К.В. Подмастерьев, Е.В. Пахолкин Методика диагностирования двухопорного подшипникового узла электрогенератора автотранспорта.....	32
В.И. Сарбаев, Ю.В. Гармаш, С.Г. Волков Системы освещения и сигнализации автомобилей, основанные на микроконтроллере.....	42
Е.В. Агеев, И.П. Емельянов, В.Ю. Карпенко Совершенствование метода ремонта турбокомпрессора.....	49

Технологические машины

Р.Н. Поляков, С.В. Майоров, М.Э. Бондаренко, Л.А. Савин Динамика многомас-сового ротора в активных комбинированных подшипниках.....	59
Н.С. Севрюжина, Н.С. Кулева Оценка эффективности различных научных теорий в исследованиях характеристик надежности элементной базы и систем транспортных и технологических машин.....	70
В.И. Воробьев, О.В. Измеров, М.И. Борзенков, С.О. Копылов Фрикционные ав-токолебания тягового привода при внешнем возмущении.....	78

Безопасность движения и автомобильные перевозки

С.В. Кондратов, А.Н. Новиков, А.П. Трясцин Анализ и оценка риска при пере-возке опасных грузов.....	87
С.П. Озорнин, В.Г. Масленников, И.Е. Бердников Влияние состояния дорожно-го покрытия «мерзлый асфальт» на риск возникновения дорожно-транспортных происшествий.....	95
С.А. Евтюков, А.В. Чудаков Исследования механизма наезда на пешехода при блокирующем ударе.....	105
Н.В. Лобов, М.Г. Бояришинов, Д.В. Мальцев Совершенствование организации перевозочного процесса твердых бытовых отходов автомобильным транс-портом.....	112

Вопросы экологии

В.В. Васильева, А.Н. Новиков Оценка акустической эффективности шумоза-щитных сооружений на автомобильных дорогах города.....	124
---	-----

Образование и кадры

Г.В. Букалова Образовательные нормативы как средство визуализации учеб-ного материала.....	132
Ю.А. Ретинская Педагогические условия, необходимые для эффективного формирования профессиональных навыков и умений руководителей инже-нерно-технических работников с использованием обучающих игр.....	138

Экономика и управление

С.В. Баранова, Ю.Н. Баранов Малое предпринимательство на автомобильном транспорте: особенности функционирования бизнес-структур в условиях финансовой нестабильности.....	144
--	-----



The scholarly
journal
A quarterly review

№ 1(52) 2016

January - March

World transport and technological machinery

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

<p><i>Editorial Council:</i> V.A. Golenkov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> O.V. Pilipenko <i>Doc. Eng., Prof.,</i> S.Y. Radchenko <i>Doc. Eng., Prof.</i> <i>Vice-Chairman</i> P.A. Astafichev <i>Doc. Law., Prof.,</i> M.I. Borzenkov <i>Can. Eng., Prof.,</i> T.N. Ivanova <i>Doc. Eng., Prof.,</i> V.I. Kolchunov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> I.S. Konstantinov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> L.I. Popova <i>Doc. Ec., Prof.,</i> Y.S. Stepanov <i>Doc. Eng., Prof.</i></p>	<h2 style="text-align: center;">Contents</h2> <h3 style="text-align: center;">Operation, Repair, Restoration</h3> <p><i>Yu. V. Rodionov, V.A. Migachev, E.A. Ostrovskaya</i> Seasonal impact duty cars on the indicators of reliability..... 3</p> <p><i>S.V. Panin, S.Y. Yazikov, I.N. Ivanova, L.A. Kornienko</i> Influence of types of powder paints processed in a planetary ball mill association with colloid-graphite preparation, on structure, mechanical and antistatic properties of composite coatings..... 11</p> <p><i>A.S. Grebennikov, S.A. Grebennikov, I.Y. Kuverin</i> Dynamic method of diagnosing the elements of the vehicle..... 24</p> <p><i>A.V. Selihov, V.V. Mishin, K.V. Podmasterov, E.V. Pakholkin</i> Procedure of diagnosis double bearing assembly of automobile transport electric generator..... 32</p> <p><i>V.I. Sarbaev, Y.V. Garmash, S.G. Volkov</i> Preparing system of the illumination and alarm at its with micro controller unit..... 42</p> <p><i>E.V. Ageev, I.P. Emelyanov, V.Yu. Karpenko</i> Improvement of method repair of turbochargers..... 49</p>
<p><i>Editor-in-Chief</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof</i> <i>Associate Editor</i> A.A. Katunin <i>Can. Eng.</i></p>	<h3 style="text-align: center;">Technological Machinery</h3> <p><i>R.N. Polyakov, S.V. Morozov, M.E. Bondarenko, L.A. Savin</i> Multimass rotor dynamics in active combined bearings..... 59</p> <p><i>N.S. Sevruygina, N.S. Kuleva</i> Evaluation of the efficacy of various scientific theories in research the characteristics of reliability of components and systems of transport and technological machinery..... 70</p> <p><i>V.I. Vorobiev, O.V. Izmerov, M.I. Borzenkov, S.O. Kopylov</i> Self-excited frictional oscillations with external harmonious indignation in traction drive..... 78</p>
<p><i>Editorial Board:</i> E.V. Ageev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.V. Bazhinov <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.N. Baskov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> E.V. Bondarenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> U. Brannolte <i>Doc. Eng., Prof. (Germany)</i> V. Bialy <i>Doc. Eng., Prof. (Poland)</i> E.S. Vencel <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.M. Vlasov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.N. Glagolev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.B. Gorovic <i>Doc. Eng., Prof. (USA)</i> M. Demic <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> A.S. Denisov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.A. Korchagin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.V. Makarova <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.G. Martyuchenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.A. Mitusov <i>Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> V.V. Nordin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc Eng., Prof. (Russia)</i> L.A. Sivachenko <i>Doc. Eng., Prof. (Belarus)</i> R.G. Habibullin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> D.A. Yungmeyster <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i></p>	<h3 style="text-align: center;">Road safety and road transport</h3> <p><i>S.V. Kondratov, A.N. Novikov, A.P. Tryastin</i> Analysis and risk evaluation in the transport of dangerous goods..... 87</p> <p><i>S.P. Ozornin, V.G. Maslennikov, I.E. Berdnikov</i> Influence of the state of road surface «frozen asphalt» on the risk of the appearance of the road-transport incidents..... 95</p> <p><i>S.A. Evtyukov, A.V. Rudakov</i> Investigation of the mechanism hit a pedestrian with direct impact..... 105</p> <p><i>N.W. Lobov, M.G. Boyarshinov, D.V. Maltsev</i> Improvement of organization solid waste transportation process by automobile transport..... 112</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p>	<h3 style="text-align: center;">Ecological Problems</h3> <p><i>V.V. Vasil'eva, A.N. Novikov</i> Assessment of the acoustic efficiency of noise protection facilities on roads of the city..... 124</p>
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Moskovskaya Str., 77 Tel. +7 (9058) 566556 http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p>	<h3 style="text-align: center;">Education and Personnel</h3> <p><i>G.V. Bukalova</i> Educational standards as a means of imaging of educational material..... 132</p> <p><i>Yu.A. Retinskaya</i> Pedagogical conditions necessary for the effective formation of professional skills of heads of engineering and technical personnel with educational games..... 138</p>
<p>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</p>	<h3 style="text-align: center;">Economics and Management</h3> <p><i>S.V. Baranova, Yu.N. Baranov</i> Small business in road transport: peculiarities of functioning of business entities in the conditions of financial instability..... 144</p>
<p>Subscription index: 16376 in a union catalog "The Press of Russia"</p>	
<p>© State University-ESPC, 2016</p>	

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 004.023

Ю.В. РОДИОНОВ, В.А. МИГАЧЕВ, Е.А. ОСТРОВСКАЯ

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Установлено влияние показателей, характеризующих сезонные условия, на показатели надежности автомобилей. Проведен анализ основных качественных закономерностей изменения некоторых параметров надежности в зависимости от сезонных условий. Получена зависимость показателей надежности от сезонных условий эксплуатации автомобилей.

Ключевые слова: эксплуатация, сезон, условия, показатели, надежность.

При изменении сезона года меняется интенсивность и условия эксплуатации автомобилей. Следовательно, изменяются величины показателей надежности [1]. В научно - учебной литературе приводится лишь влияние отдельных климатических и сезонных факторов на некоторые частные показатели надёжности. Однако, влияние данных факторов на комплексные показатели надежности в условиях современных коммерческих перевозок малоизученно. Появилась необходимость установления влияния сезонных условий на эксплуатацию современных коммерческих грузовых автомобилей.

Под сезонными условиями понимаются параметры окружающей среды, характеризующие внешнее воздействие на автомобиль и дорожные условия [2].

Для определения влияния сезонных условий на показатели надежности установлена связь иерархического вида (рис. 1).

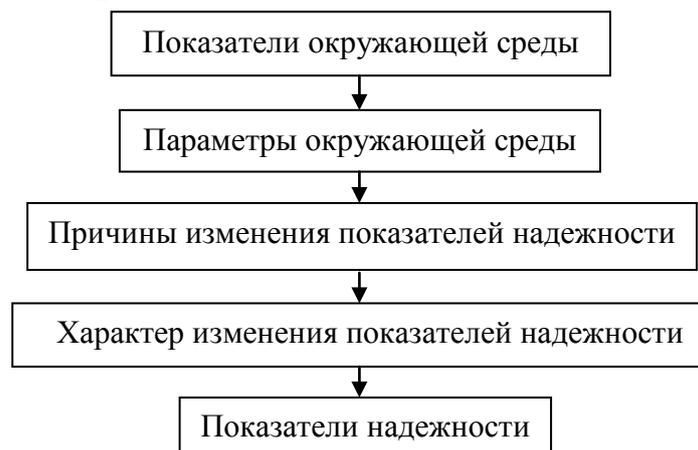


Рисунок 1 - Связь иерархического вида влияния сезонных условий на показатели надежности

Основными показателями окружающей среды, влияющими на техническое состояние автомобилей в эксплуатации, являются температура, относительная влажность, атмосферное давление, солнечное излучение и ветровая нагрузка [2, 3] (рис. 2).

Схема комплексного влияния показателей и параметров окружающей среды на показатели надежности представлена на рисунке 3. Выпадение осадков происходит в результате изменения относительной влажности воздуха, атмосферного давления и температуры окружающего воздуха и способствует коррозионному разрушению кузовов, рам, трубопроводов, элементов тормозных систем и других узлов [4]. Также изменение относительной влажности и атмосферного давления приводит к появлению туманов, которые вместе с осадками являются причиной снижения видимости в дорожных условиях, и облачности.

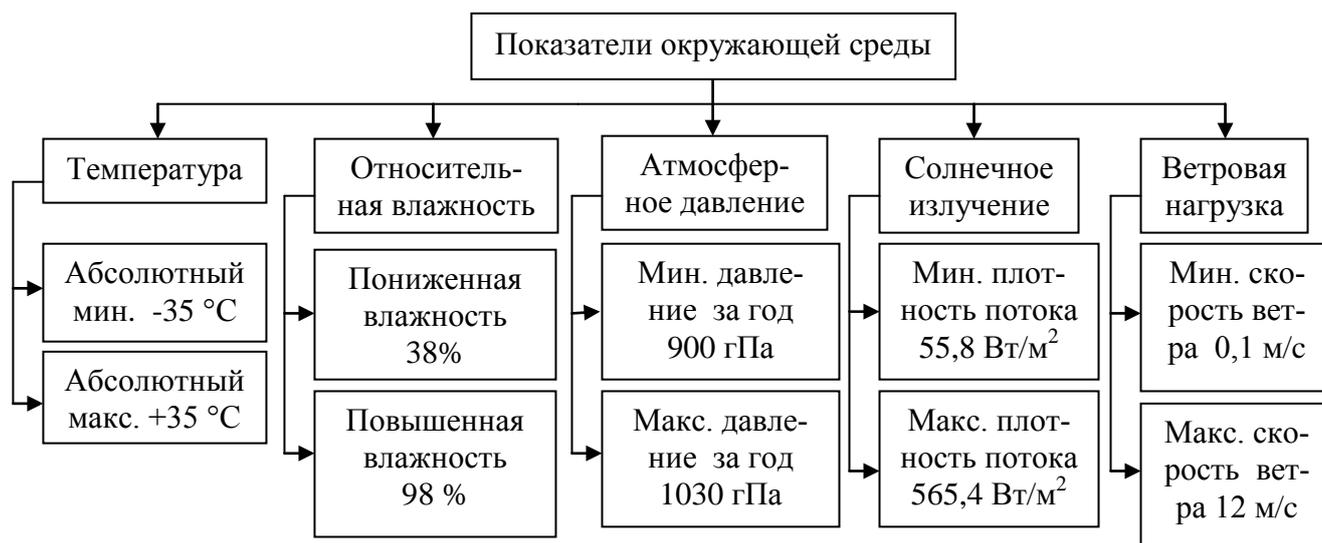


Рисунок 2 - Показатели окружающей среды для Ульяновской области

Образование снежного покрова на дорогах обуславливается низкими температурами и обильными осадками в виде снега, который препятствует свободному перемещению автомобиля на дорогах и ухудшает его управляемость. Ветровые нагрузки способствуют возникновению пылевых бурь в летнее время года, а также метелей и гололеда в зимнее время, которые также влияют на видимость в дорожных условиях, а образование гололеда оказывает отрицательное воздействие на управляемость автомобиля. Помимо ухудшения видимости на дорогах, частицы пыли во время пылевых бурь или повышенной запыленности местности засоряют воздушный фильтр, что способствует снижению мощности двигателя, увеличению нагара на деталях двигателя и расхода топлива, то есть приводят к ухудшению условий работы двигателя [5]. Возможен повышенный абразивный износ деталей цилиндра - поршневой группы, поршневых колец, шеек коленчатого вала, деталей подвески и тормозной системы и т.д. при эксплуатации автомобиля в условиях сильной запыленности воздуха (2-3 г/м³). Попадание пыли в приборы электрооборудования вызывает быстрый износ их деталей, приводит к неисправностям в системе зажигания и системе управления работой двигателя [6]. Проникновение частиц пыли в топливо приводит к частичной, а затем к полной блокировке топливного фильтра, что снижает мощность двигателя и работоспособность автомобиля вплоть до его полной остановки. Период распутицы характеризуется состоянием дорог, которые становятся труднопроходимыми в осенний и весенний периоды в результате дождей и таяния снега, начало которого определяется резким перепадом температуры окружающей воздуха и изменением относительной влажности и атмосферного давления и характеризуется отрицательным влиянием на управляемость автомобиля [7]. Распутица вызывает повышение коррозионного разрушения металлов, что является одной из главных причин, ограничивающих ресурс работы автомобиля. Так же снижение видимости и ухудшение управляемости автомобиля приводит к ДТП. Повышение коррозионной активности и нагрузки на агрегаты автомобиля является причиной естественного износа узлов и деталей. Также повышение нагрузки на агрегаты и воздействие солнечного излучения вызывает старение деталей, эксплуатационных жидкостей, различных масел и пластичных смазок [8].

Причиной возникновения пусковых отказов являются низкие температуры воздуха (ниже -20 °С). При низких температурах снижается мощность стартера, в результате чего стартер не может обеспечить достаточное усилие для того, чтобы провернуть холодный двигатель, хотя и потребляет в этот момент значительный ток; масло густеет, затрудняя вращение валов и шестерен силового агрегата и т.д. [9]. В результате пусковых отказов технически исправные автомобили выходят в линию на 1-1,5 часа позже.

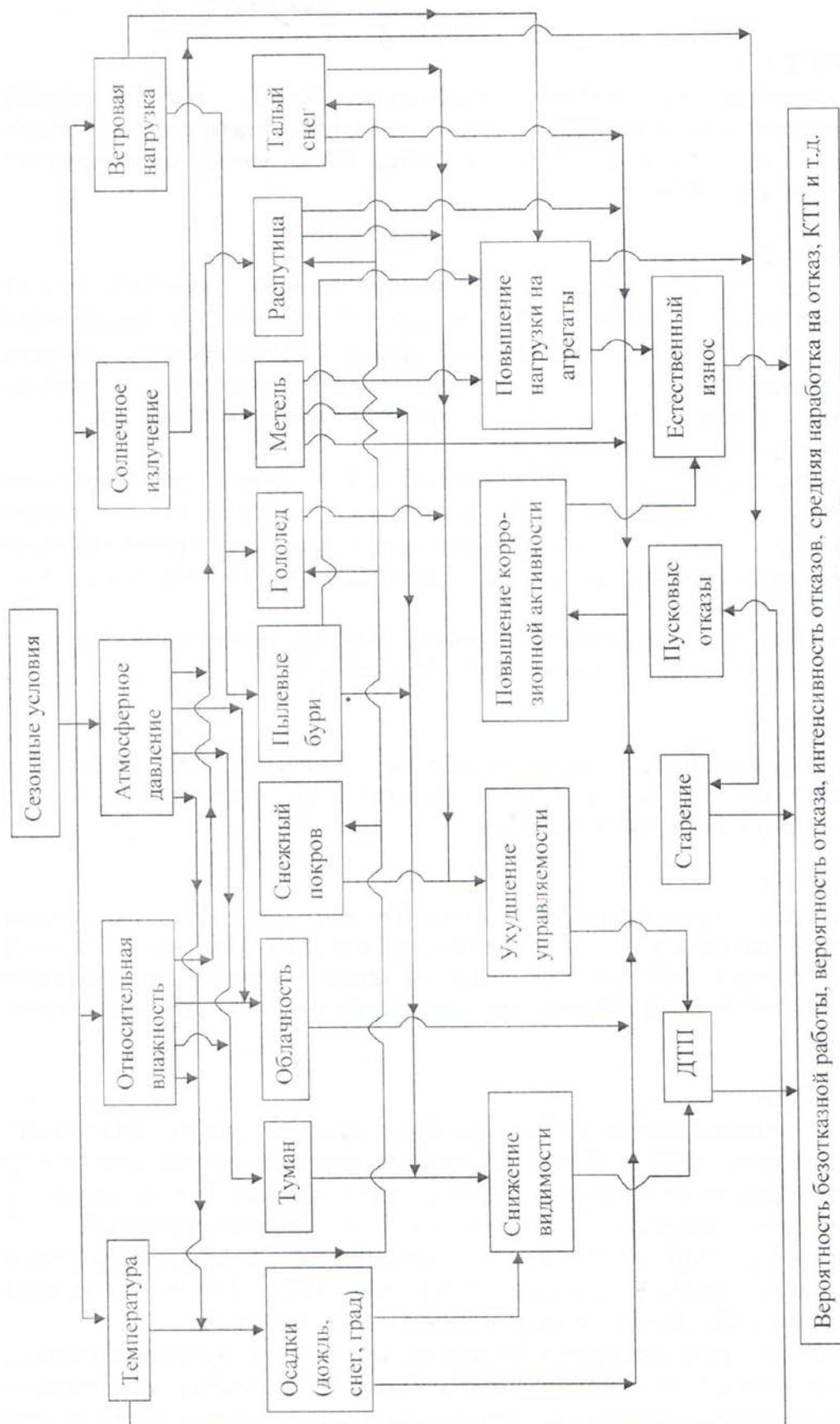


Рисунок 3 - Схема влияния сезонных условий на показатели надежности

Для определения показателей надежности, наиболее подверженных влиянию сезонных условий, проанализирована связь частных и комплексных показателей надежности и ее свойств [10]. Такими показателями являются: вероятность безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ, параметр потока отказов, средний ресурс, средний срок службы, средний срок сохраняемости и КТГ [11].

Для установления взаимосвязи сезонных условий эксплуатации и показателей надежности, проанализировано влияние сезонных условий на коэффициент технической готовности (КТГ) автомобилей модели КамАЗ. В результате анализа исследован парк автомобилей численностью 50 единиц, при этом проконтролированы показатели технической готовности парка в различных сезонных условиях.

Определена основная зависимость текущего показателя КТГ от показателей окружающей среды (1).

$$\alpha_T = e^{\Delta_i \cdot (P_o - P_i)}, \quad (1)$$

где α_T - текущий показатель коэффициента технической готовности;

e - показатель натурального логарифма;

Δ_i - степень влияния показателей окружающей среды;

P_o - оптимальный показатель окружающей среды для данного подвижного состава (должен соответствовать минимальному влиянию i -го показателя окружающей среды на КТГ);

P_i - i -й показатель окружающей среды в наиболее неблагоприятный сезон эксплуатации подвижного состава.

Снижение показателя КТГ зависит от различных факторов: изнашивания, пластической деформации, усталостного разрушения, коррозии и старения, многие из которых являются последствием неблагоприятного воздействия окружающей среды (рис. 2) [12]. В результате чего узлы и детали автомобилей быстрее изнашиваются и требуют более частых ремонтных воздействий [13].

Низкие температуры воздуха изменяют физико-механические свойства конструкционных и эксплуатационных материалов автомобилей. Результатами воздействий низких температур являются:

- увеличение вязкости топлива;
- снижение смазывающих свойств масел и густых смазок;
- застывание конденсата и охлаждающих жидкостей;
- снижение ударной вязкости нехладостойких сталей;
- отвердевание и охрупчивание резинотехнических изделий;
- уменьшение сопротивления электропроводников;
- обледенение и покрытие инеем элементов автомобилей.

Последствиями этих факторов являются ухудшение условий работы узлов трения и устройств автомобилей, снижение несущей способности элементов, ухудшение эксплуатационных свойств материалов, а также воздействие дополнительных нагрузок, что приводит к увеличению отказов автомобилей в единицу времени и снижению КТГ [14].

Однако, следует уточнить, что не все частные показатели надежности подчиняются установленной зависимости (1).

При низких температурах число отказов резко возрастает. Также увеличение числа отказов происходит и с повышением температуры окружающего воздуха. Оптимальными условиями работы для автомобилей являются условия при температуре воздуха от 5 до 10°C, при которой число отказов достигает своего минимума.

При эксплуатации автомобилей в районах с жарким сухим и очень жарким сухим климатом ухудшаются эксплуатационные качества горючего и смазочных материалов, повышаются напряженность работы и интенсивность изнашивания агрегатов, механизмов и

деталей, увеличивается количество неисправностей. В осенне-зимне-весенние периоды вследствие повышения влажности воздуха (рис. 3) отказы автомобилей возрастают [15].

Повышенная влажность воздуха отрицательно сказывается на конструкционных и защитно-отделочных материалах автомобилей, а именно приводит к изменению их веса и (или) объема, изменению электрической проводимости, изменению теплопередачи и теплоотдачи, изменению предела прочности на разрыв, изменению упругости и пластичности [16]. При высокой влажности воздуха ухудшается качество сопротивления электроизоляционных материалов, в том числе самого воздуха как электроизолятора. Это приводит к неконтролируемым отказам, прежде всего, из-за коротких замыканий [17].

Металлы на воздухе подвержены коррозии, интенсивность которой также зависит от влажности воздуха. Низкая влажность гарантирует низкую интенсивность коррозии. У железа коррозия практически отсутствует при относительной влажности 40 - 45 %. Незначительная коррозия железа начинается при повышении относительной влажности воздуха от 40 - 45 % до 60 - 70 % (критического значения влажности) [18]. Выше этого значения скорость коррозии резко увеличивается и происходит быстрое разрушение металла, при котором запрещается эксплуатация автомобилей и происходит снижение КТГ.

Солнечное излучение воздействует на агрегаты, узлы, детали и эксплуатационные материалы, в первую очередь, путем нагрева их и окружающей их среды и путем фотохимического старения автомобильных эксплуатационных материалов .

Ультрафиолетовая составляющая солнечного излучения вызывает фотохимическое старение большей части автомобильных эксплуатационных материалов. Она отрицательно воздействует на эластичность и пластичность многих масел, топлив, смазок и специальных эксплуатационных жидкостей, то есть приводит к ухудшению их свойств [19].

Автомобили должны сохранять надежность и заданные эксплуатационные характеристики в пределах изменения атмосферного давления от 505 до 1080 гПа. Верхний предел соответствует давлению, наблюдаемому на уровне моря, нижний - давлению, рассчитанному для максимальной высоты (4,6 км), на которой возможны эксплуатация и хранение АТС. Наибольшее влияние атмосферное давление оказывает на конструкционные материалы автомобилей. С ростом высоты снижается электрическая прочность воздуха. При значительном уменьшении атмосферного давления воздуха уменьшается напряжение пробоя воздушного промежутка между проводниками. вероятность пробоя увеличивается на 30 % при снижении давления с 1013 до 709 гПа (с 1 атм до 0,7 атм), что отвечает подъему на высоту около 3000 м над уровнем моря. Пониженное давление также влияет на полупроводники, вызывая ухудшение теплоотдачи и уменьшение пробивного напряжения.

В Ульяновской области в условиях умеренного климата атмосферное давление не влияет на КТГ, так как в данном климатическом районе наблюдаются незначительные перепады атмосферного давления, что соответствует оптимальным условиям эксплуатации автомобилей.

В холодное время года ветер способствует сильному охлаждению агрегатов автомобилей. При ветре 10 м/с темп охлаждения масел и жидкостей по сравнению с безветрием возрастает в 3 - 4 раза, а теплопотери двигателя возрастают на 30 - 40 %, что также оказывает отрицательное влияние на КТГ парка автомобилей [20].

По зависимости (1) проведен расчет текущих показателей КТГ в зависимости от изменения показателей окружающей среды при смене сезона года в умеренном климатическом районе.

Получен график зависимости текущих показателей КТГ от изменения показателей окружающей среды (рис. 4), из которого видно, что с увеличением перепадов температуры, скорости ветра, относительной влажности и плотности потока солнечного излучения КТГ подвижного состава снижается.

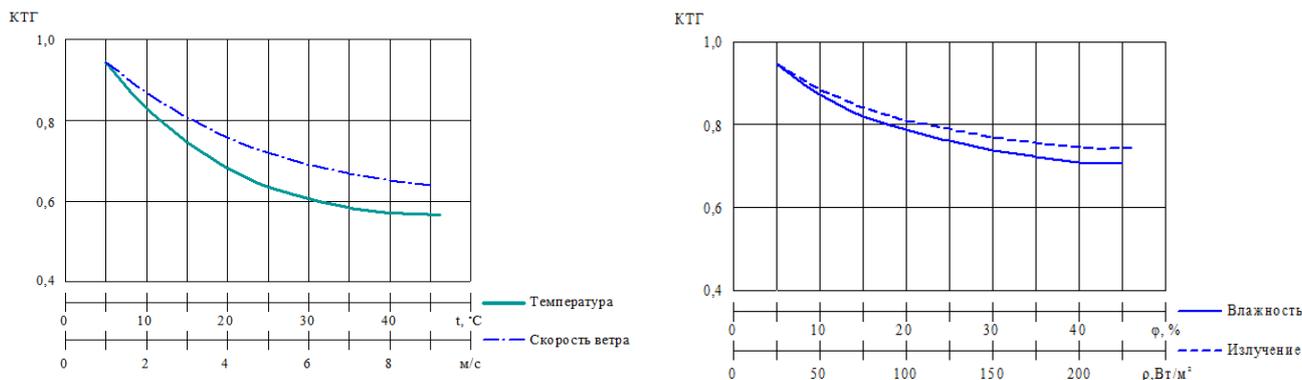


Рисунок 4 - Влияние показателей окружающей среды на изменение КТГ

В результате проведенных исследований установлено, что максимальное воздействие на КТГ оказывает температура окружающей среды (рис. 4), которая при значительных колебаниях способствует снижению КТГ до 58 %, что является недопустимым значением для эксплуатации подвижного состава.

Полученные результаты позволяют повысить эффективность эксплуатации автомобилей на действующих автотранспортных предприятиях, поскольку учитывают влияние сезонных условий, что ранее было малоизученно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Е.С. Кузнецов. - М.: Транспорт, 1991. - 413 с.
2. ГОСТ 16350-80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. - М.: Изд-во стандартов, 1981.
3. Резник, Л. Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации [Текст] / Л.Г. Резник. - М.: Транспорт, 1989.-135 с.
4. Захаров, Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук. - Тюмень, 2000. - 525 с.
5. ГОСТ 20334-81 Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Показатели эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1982.
6. Вознесенский, А. В. Влияние сезонных изменений условий на расходование ресурсов при эксплуатации автомобилей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук. - Тюмень, 2004. - 163 с.
7. ГОСТ 27.502-83. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1984.
8. Ракин, А. Н. Влияние сезонных изменений условий и интенсивности эксплуатации на поток отказов автомобилей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук. - Тюмень, 2004. - 163 с.
9. Григорьян, Т.А. Влияние сезонных условий на трудоемкость текущего ремонта автомобилей [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т.А. Григорьян. - Тюмень, 2000. - 18 с.
10. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 18 с.
11. Родионов, Ю.В. Определение эффективности использования грузовых автомобилей в различных сезонных условиях [Текст] / Ю.В. Родионов, М.Ю. Обшивалкин, В.А. Мигачев // Автотранспортное предприятие. - 2011. - № 1. - С. 45- 50. - ISSN 2076-3050.
12. Паули, Н.В. О влиянии уровня затрат на безотказность и долговечность грузовых коммерческих автомобилей [Текст] / Ю.В. Родионов, М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули // Автотранспортное предприятие. - 2012. - № 12. - С. 43-46.
13. Паули, Н.В. Исследование влияния уровня затрат на надежность и эффективность грузовых автомобилей [Текст] / М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули, Ю.В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 1. - С. 3-12.
14. Паули, Н.В. К вопросу оценки влияния условий и режимов эксплуатации автомобилей на эффективность их использования [Текст] / М.Ю. Обшивалкин, В.А. Мигачев, Н.В. Паули // Прогрессивные технологии в транспортных системах. - Оренбург: ОГУ. - 2009. - С. 72-77.
15. Паули, Н.В. Исследование накопления затрат грузовых автомобилей с наработкой [Текст] / М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули, Ю.В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 3. - С. 14-21.

16. Паули, Н.В. К вопросу моделирования процессов старения элементов автомобиля и их влияния на безотказность [Текст] / Ю.В. Родионов, М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы VI международной научно-технической конференции. - Пенза: ПГУАС. - 2010. - С. 72-77.

17. Паули, Н.В. Скрытые неисправности как фактор старения автомобиля [Текст] / М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса. - Екатеринбург: УрФУ. - 2011. - С. 43-46.

18. Паули, Н.В. О влиянии уровня затрат на техническое состояние автомобилей и их ресурс [Текст] / Н.В. Паули, М.Ю. Обшивалкин // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012. - Одесса: КУПРИЕНКО. - 2012. - Вып. 3. - Том 2. - С. 58-62.

19. Паули, Н.В. Продление эффективного ресурса автомобилей за счет усиленного контроля состояния [Текст] / М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули // Безопасность транспортных средств в эксплуатации. - Нижний Новгород: НГТУ. - 2012. - С. 156-163.

20. Паули, Н.В. Исследование изменения затрат автомобилей с наработкой [Текст] / Ю.В. Родионов, М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса. - Пенза: МНИЦ. - 2011. - С. 177-182.

21. Ломакин, Д.О. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом/А.Н. Новиков, А.С. Бодров, Д.О. Ломакин.//Бюллетень транспортной информации. -2009. -№8 (170). -с. 36-40.

22. Новиков А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами. Дисс.докт. техн. наук. -М., 1999. 270 с.

23. Ешуткин, Д. Н. Анализ проблемы экологической и дорожной безопасности автотранспортных средств в России/Д. Н. Ешуткин, М. В. Кулев//Мир транспорта и технологических машин. -2009. -№3 (26). -С. 79-82.

Родионов Юрий Владимирович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Д-р техн. наук, профессор, директор автомобильно-дорожного института

E-mail: dekauto@pguas.ru

Мигачев Виктор Анатольевич

Ульяновский государственный технический университет

Адрес: Россия, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили»

E-mail: v.migachev@ulstu.ru

Островская Елена Александровна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Магистрант кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

E-mail: lena.ostrovskaya.94@mail.ru

YU. V. RODIONOV, V.A. MIGACHEV, E.A. OSTROVSKAYA

**SEASONAL IMPACT DUTY
CARS ON THE INDICATORS OF RELIABILITY**

The influence of parameters characterizing the seasonal conditions on the reliability of cars. The analysis of the main qualitative laws change some parameters of reliability depending on seasonal conditions. The dependence of the reliability indices of the seasonal use of the vehicle.

Keywords: operation, season, conditions, performance, reliability.

BIBLIOGRAPHY

1. Kuznetsov, E.S. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley [Tekst] / E.S. Kuznetsov. - М.: Transport, 1991. - 413 s.
2. GOST 16350-80. Klimat SSSR. Rayonirovanie i statisticheskie parametry klimaticheskikh fakto-rov dlya tekhnicheskikh tseley. - М.: Izd-vo standartov, 1981.
3. Reznik, L. G. Effektivnost` ispol`zovaniya avtomobiley v razlichnykh usloviyakh ekspluatatsii [Tekst] / L.G. Reznik. - М.: Transport, 1989.-135 s.
4. Zakharov, N.S. Vliyaniye sezonnykh usloviy na protsessy izmeneniya kachestva avtomobiley [Tekst]: dis. ... d-ra tekhn. nauk. - Tyumen`, 2000. - 525 s.
5. GOST 20334-81 Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobil`noy tekhniki. Pokazate-li ekspluatatsionnoy tekhnologichnosti i remontoprigradnosti [Tekst]. - М.: Izd-vo standartov, 1982.

6. Voznesenskiy, A. V. Vliyanie sezonnykh izmeneniy usloviy na raskhodovanie resursov pri eksplua-tatsii avtomobiley [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk. - Tyumen`, 2004. - 163 s.
7. GOST 27.502-83. Nadezhnost` v tekhnike. Sistema sbora i obrabotki informatsii. Planirovanie nablyudeniy [Tekst]. - M.: Izd-vo standartov, 1984.
8. Rakitin, A. N. Vliyanie sezonnykh izmeneniy usloviy i intensivnosti ekspluatatsii na potok otka-zov avto-mobiley [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk. - Tyumen`, 2004. - 163 s.
9. Grigor`yan, T.A. Vliyanie sezonnykh usloviy na trudoemkost` tekushchego remonta avtomobiley [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / T.A. Grigoryan. - Tyumen`, 2000. - 18 s.
10. GOST 27.002-83. Nadezhnost` v tekhnike. Terminy i opredeleniya [Tekst]. - M.: Izd-vo standartov, 1984. - 18 s.
11. Rodionov, YU.V. Opredelenie effektivnosti ispol`zovaniya gruzovykh avtomobiley v razlichnykh sezon-nykh usloviyakh [Tekst] / YU.V. Rodionov, M.YU. Obshivalkin, V.A. Migachev // Avtotransportnoe predpriyatie.- 2011. ? № 1. - S. 45- 50. - ISSN 2076-3050.
12. Pauli, N.V. O vliyaniy urovnya zatrat na bezotkaznost` i dolgovechnost` gruzovykh kommercheskikh avto-mobiley [Tekst] / YU.V. Rodionov, M.YU. Obshivalkin, N.V. Pauli // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2012. - № 12. - S. 43-46.
13. Pauli, N.V. Issledovanie vliyaniya urovnya zatrat na nadezhnost` i effektivnost` gruzovykh avtomobiley [Tekst] / M.YU. Obshivalkin, N.V. Pauli, YU.V. Rodionov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 1. - S. 3-12.
14. Pauli, N.V. K voprosu otsenki vliyaniya usloviy i rezhimov ekspluatatsii avtomobiley na effektivnost` ikh ispol`zovaniya [Tekst] / M.YU. Obshivalkin, V.A. Migachev, N.V. Pauli // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh. - Orenburg: OGU. - 2009. - S. 72-77.
15. Pauli, N.V. Issledovanie nakopleniya zatrat gruzovykh avtomobiley s narabotkoy [Tekst] / M.YU. Obshi-valkin, N.V. Pauli, YU.V. Rodionov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 3. - S. 14-21.
16. Pauli, N.V. K voprosu modelirovaniya protsessov stareniya elementov avtomobilya i ikh vliyaniya na bez-otkaznost` [Tekst] / YU.V. Rodionov, M.YU. Obshivalkin, N.V. Pauli // Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotrans-портных средств: материалы VI mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Penza: PGUAS. - 2010. - S. 72-77.
17. Pauli, N.V. Skrytye neispravnosti kak faktor stareniya avtomobilya [Tekst] / M.YU. Obshivalkin, N.V. Pauli // Problemy i dostizheniya avtotransportnogo kompleksa. - Ekaterinburg: UrFU. - 2011. - S. 43-46.
18. Pauli, N.V. O vliyaniy urovnya zatrat na tekhnicheskoe sostoyanie avtomobiley i ikh resurs [Tekst] / N.V. Pauli, M.YU. Obshivalkin // Nauchnye issledovaniya i ikh prakticheskoe primenenie. Sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya 2012. - Odessa: KUPRIENKO. - 2012. - Vyp. 3. - Tom 2. - S. 58-62.
19. Pauli, N.V. Prodlenie effektivnogo resursa avtomobiley za schet usilennogo kontrolya sostoyaniya [Tekst] / M.YU. Obshivalkin, N.V. Pauli // Bezopasnost` transportnykh sredstv v ekspluatatsii. - Nizhniy Novgorod: NGTU. - 2012. - S. 156-163.
20. Pauli, N.V. Issledovanie izmeneniya zatrat avtomobiley s narabotkoy [Tekst] / YU.V. Rodionov, M.YU. Obshivalkin, N.V. Pauli // Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa. - Penza: MNITS. - 2011. - S. 177-182
21. Lomakin, D.O. Vybora faktorov, opredeljayushhih kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-celevym metodom/A.N. Novikov, A.S. Bodrov, D.O. Lomakin.//Bjulleten' transportnoj informacii. -2009. -№8 (170). -s. 36-40.
22. Novikov A.N. Tehnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detalej sel'skhozajstvennoj tekhniki iz aljuminievyyh splavov jelektrohimicheskimi sposobami. Diss.dokt. tehn. nauk. -M., 1999. 270 s.
23. Eshutkin, D. N. Analiz problemy jekologicheskoy i dorozhnoj bezopasnosti avtotransportnykh sredstv v Ros-sii/D. N. Eshutkin, M. V. Kulev//Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. -2009. -№3 (26). -S. 79-82.

Rodionov Yuri Vladimirovich

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»
Address: Russia, 440028, g. Penza, ul. Titov, 28
Dr. Sc. sciences, professor, director of the Automobile and Road Institute
E-mail: dekauto@pguas.ru

Migachev Victor Anatol'evich

Ulyanovsk State Technical University
Address: Russia, 432027, Ulyanovsk, ul. North Venice, 32
Kand. tehn. professor of «Cars»
E-mail: v.migachev@ulstu.ru

Ostrovskaya Elena Aleksandrovna

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»
Address: Russia, 440028, g. Penza, ul. Titov, 28
Master of the Department «Exploitation of road transport»
E-mail: lena.ostrovskaya.94@mail.ru

УДК 537.855

С.В. ПАНИН, С.Ю. ЯЗЫКОВ, Л.Р. ИВАНОВА, Л.А. КОРНИЕНКО

ВЛИЯНИЕ ТИПОВ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК, ОБРАБОТАННЫХ В ПЛАНЕТАРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ СОВМЕСТНО С КОЛЛОИДНО-ГРАФИТОВЫМ ПРЕПАРАТОМ, НА СТРУКТУРУ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И АНТИСТАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В работе проведено сравнение структуры и свойств покрытий, сформированных электростатическим напылением порошковых смесей трех составов на основе полиэфирной, эпоксидной порошковых красок и полиуретанового лака, наполненных коллоидно-графитовым препаратом (КГП). Смесь подвергалась предварительной совместной механообработке в планетарной шаровой мельнице (ПШМ) в течение 40 мин. Проанализировано влияние типа полимерного связующего на свойства порошковых смесей для последующего напыления, а также структуру, физико-механические и электрофизические свойства композиционных покрытий.

Ключевые слова: порошковая краска, коллоидно-графитовый препарат, планетарная шаровая мельница.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно лакокрасочные материалы (ЛКМ) применяются для защиты металлических изделий от влияния внешних агрессивных воздействий (влаги, газов, щелочей и т. д.) и приданию поверхности декоративных свойств. Эффективность их защиты оценивается сроком службы, в течение которого полимерное покрытие сохраняет заданный комплекс своих характеристик (стойкость к коррозии, износу, действию химических реагентов и пр.). Одним из современных, перспективных методов формирования защитных покрытий, в том числе на изделиях, изготовленных из магниевых сплавов, является окрашивание порошковыми красками [1-3]. Данный способ обладает рядом технологических и экономических преимуществ [4-6], а также является экологичным [7].

Одним из перспективных направлений развития материаловедения в машиностроении является применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) [8]. В качестве матрицы при создании ПКМ применяются различные типы полимеров такие как: реактопласты, термопласты, эластомеры (каучуки, резины и т.п.) [9]. Кроме того, за счет использования наполнителей [10-12], например углеродных, и их совместной обработки с порошком полимерной матрицы в планетарной шаровой мельнице, появляется возможность заметно повышать физико-механические, теплофизические, электрофизические и другие характеристики наполненного полимера.

В работе [13] исследовали полимерный композит из двухкомпонентного полиуретанового связующего, наполненного коллоидно-графитовым препаратом. Определено оптимальное содержание последнего, равное 10 мас. %, что обеспечивает максимальное повышение технологических свойств, в частности электропроводности. В случае электростатического напыления (ЭСН) введение микронаполнителей должно позволить использовать полученные композиционные покрытия для снятия статического электричества с корпусов аппаратуры космических аппаратов (например, выполненных из магниевого сплава МЛ-12) для работы в условиях открытого космоса [14,15].

В предыдущих работах авторов были проведены исследования по разработке композиционных покрытий на основе полиэфирной порошковой краски, наполненных различными типами функционализирующих частиц [16-18]. Показано, что электростатическим напылением

ныепокрyтия на основе порошковых красок, одновременно обладающие приемлемыми механическими и функциональными свойствами, могут быть сформированы, только в случае предварительной обработки композиционных порошковых смесей в планетарной шаровой мельнице (ПШМ); там же были определены оптимальное время обработки и содержание исследуемого наполнителя.

При создании полимерных композиционных материалов, как правило, полимер выполняет роль связующего, а прочностные (функциональные) свойства обеспечивают частицы наполнителя [19]. Поскольку составным этапом формирования покрытий является механообработка в ПШМ [20], а ее эффективность, в том числе определяется эластичностью и размерами частиц порошковой краски, представляет значительный интерес проварьировать тип полимерного связующего.

Целью данного исследования является сравнение влияния различных типов порошковых красок (полиэфирной, эпоксидной и полиуретанового лака), обработанных совместно с коллоидно-графитовым препаратом в ПШМ, на структуру, а также механические и функциональные свойства напыленных композиционных покрытий.

Материал и методика исследований

Для проведения исследований использовали следующие полимерные связующие: а) полиэфирная порошковая краска ОХТЭК-1, далее ПЭК (ООО «Технос-Охтэк», г. Санкт-Петербург), б) эпоксидная порошковая краска П-ЭП 7150, далее ЭПК и в) порошковый полиуретановый лак, далее ПУЛ (ООО «Ярославский завод порошковых красок»). Свойства исследуемых порошковых красок, заявленные производителем, представлены в таблице 1. В качестве наполнителя использовали порошок коллоидно-графитового препарата (КГП) марки С-1 (далее КГП) (средний размер частиц не превышал 4 мкм, рис. 1; насыпная плотность 0,24 г/см³; удельное объемное электрическое сопротивление при плотности 0,5 г/см³ 1,59 ± 0,06 Ом·м; производитель ЗАО «Графитсервис», г. Челябинск).

Таблица 1 - Свойства ненаполненных порошковых красок и покрытий на их основе

Наименование показателя	ПЭК	ЭПК	ПУЛ
Внешний вид краски	Тонкодисперсный порошок однотонный по цвету		
Внешний вид покрытия	Ровная однотонная поверхность без механических включений, кратеров, пор, оспин		
Адгезия (метод решетчатых надрезов) баллы, не более	0	0	0
Эластичность пленки при изгибе, мм, не менее	1	3	1
Прочность покрытия при ударе, см, не менее	50	70	70
Параметры (режим) отверждения	180 °С - 15 мин	180 °С - 15 мин	180 °С - 15 мин

Обработку порошковых смесей проводили с помощью планетарной шаровой мельницы МП 4/0,5 (ООО Техноцентр, г. Рыбинск) при суммарной частоте вращения стаканов 800 об/мин. Соотношение массы шаров и порошка составляло 40:1. Коллоидно-графитовый препарат, порошковую краску и мелющие тела - шары из стали ШХ15 диаметром 8 мм в необходимых количествах загружали в стаканы из нержавеющей стали, где происходила их совместная механическая обработка (МО) в течение 40 мин [16-18]. Влияние времени механического воздействия на свойства порошковой смеси оценивали по данным измерения насыпной плотности. Измерения проводили на весах ЛВР-210-А (ТУ 4274-012-13173535-2004, класс точности по ГОСТ 24104 - специальный 1).

Для удаления крупных агломератов частиц, образовавшихся в процессе МО порошковой смеси, использовали вибросито с ячейей 160 мкм. Для напыления покрытия использовали фракцию смеси дисперсностью менее 50 мкм, также выделенную последующим ситовым

анализом. Таким образом, как частицы краски, так и наполнителя в составе электростатическинапыляемой шихты могли иметь размер только менее 50 мкм.

Удельное объемное электрическое сопротивление (УОЭС) порошковых смесей в состоянии насыпной плотности измеряли в пластиковом цилиндре диаметром 5 мм и длиной 30 мм, на торцах которого были установлены два металлических электрода. Использовали цифровой омметр Щ-34 (ПО «Краснодарский завод измерительных приборов»).

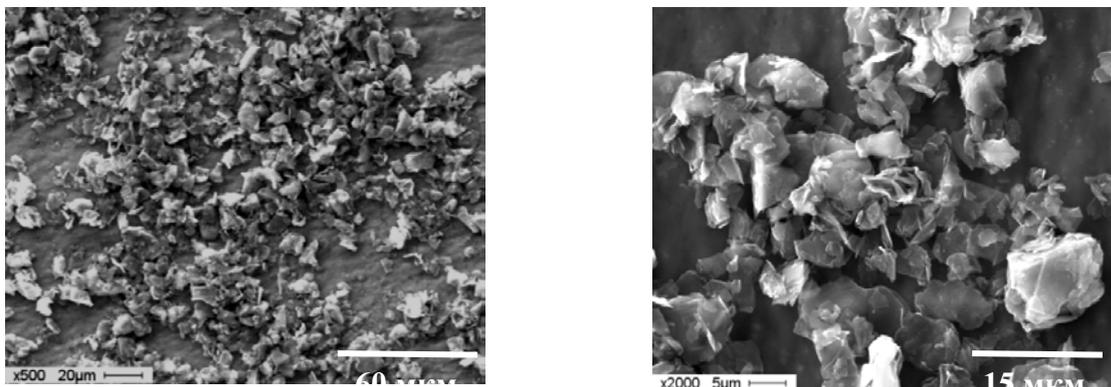


Рисунок 1 - РЭМ-микроизображения частиц коллоидно-графитового препарата С-1при разном увеличении

Изготовленные порошковые композиции напыляли электростатическим способом с помощью установки «Старт-50»(ООО «Радар», г. Казань) на подложки из магниевого сплава МЛ-12 с оксихроматным подслоем (покрытием), предварительно нанесенным гальваническим методом. Дополнительно, для измерения удельного объемного электрического сопротивления с использованием прижимных или вклеенных медных электродов и омметра Щ-34покрытия наносили на стеклянные подложки (пластинки, изготовленные по ГОСТ 683-75).

Величину адгезии покрытий на подложках из сплава МЛ-12 измеряли методом решетчатого надреза (ГОСТ 15140-78). Структуру покрытий исследовали с помощью растрового электронного микроскопа на Quanta 200 3D (FEI, США) и LEOEVO 50 (CarlZeiss, Германия). Для анализа морфологии делали поперечный скол покрытий, нанесенных на фторопластовую подложку с их последующим отслоением.

РЕЗУЛЬТАТЫ. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ

Целью совместной обработки порошковых красок и порошка наполнителя (коллоидно-графитового препарата) в планетарной шаровой мельнице является придание покрытию антистатических свойств с одновременным сохранением адгезии на уровне не менее 1 балла (по методу решетчатых надрезов). В соответствии с данными предыдущих исследований содержание частиц наполнителя в смеси было выбрано равным 12 вес. %. [16-18]. Также, на основании ранее полученных результатов, время обработки в планетарной шаровой мельнице (для всех типов полимерных матриц) было выбрано равным 40 мин.

Эффективность механообработки оценивали по изменению насыпной плотности исходных и обработанных порошковых смесей (рис. 2). Видно, что среди исследованных неполненных полимерных связующих (исходные порошковые краски) наименьшую насыпную плотность имеет ПУЛр=0.52 г/см³ (рис. 2, колонка № 3), а наибольшую - ЭПКр=0.68 г/см³ (рис. 2, колонка № 2). Подобная тенденция в распределении насыпной плотности сохраняется и после изготовления порошковых смесей, как до, так и после их обработки в ПШМ. Несмотря на то, что авторы пытались через измерение насыпной плотности оценить эффективность обработки порошковых смесей (прежде всего возможного измельчения частиц в процессе МО), полученные данные не позволяют сделать однозначной оценки. Это связано с тем, что измеряемый параметр может меняться как вследствие разной эффективности влияния обработки в шаровой мельнице на разные типы порошков полимерной матрицы,

прежде всего из-за разной эластичности полимеров, так и по причине возможной агломерации за счет нагрева, накопления заряда, механического перемешивания компонентов смеси и т. п. Несмотря на это, на основании полученных данных можно констатировать, что, в результате обработки в ПШМ насыпная плотность всех типов композитов на основе порошковых красок снизилась примерно на 20 % относительно исходных (необработанных) смесей.

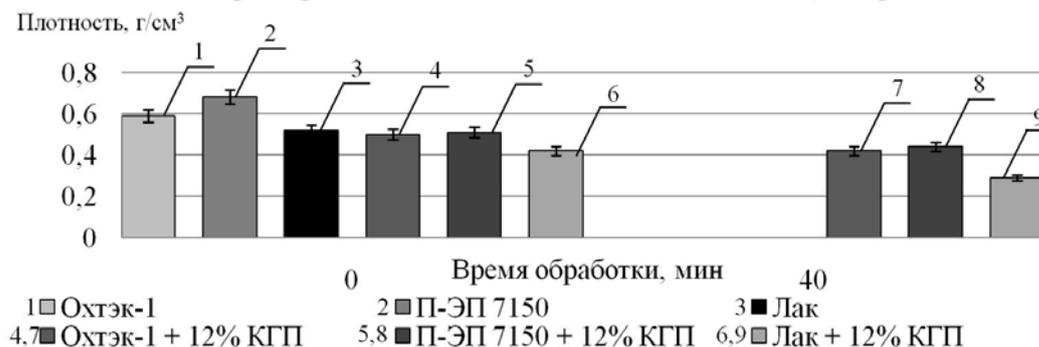


Рисунок 2 - Насыпная плотность исходных порошковых красок и изготовленных на их основе композиционных смесей до и после обработки в ПШМ в течение 40 минут

Для оценки влияния механообработки в ПШМ на измельчение частиц в составе порошковых смесей был проведен ситовой анализ. Данные измерений представлены в виде гистограммы на рисунке 3. Видно, что ключевым эффектом, наблюдаемым при МО порошковых смесей, является существенное измельчение частиц смеси на основе полиэфирной краски (рис. 3, колонки №1, №4). Доля фракции размером менее 50 мкм для этого связующего изначально составляла порядка 49 % (рис. 3, колонка №4, «<50 мкм») и после проведения обработки увеличилась до 85 % (рис. 3, колонка №1, «<50 мкм»). Это может быть обусловлено тем, что ПЭПК вследствие большей хрупкости (меньшей эластичности) сильнее измельчалась по сравнению с ЭПК и ПУЛ, в которых количество частиц дисперсностью менее 50 мкм, наоборот, уменьшилось (рис. 3, колонка №5, №6, «<50 мкм», и, соответственно рис. 3, колонка №2, №3, «<50 мкм»). Одновременно наблюдается появление крупных агломерированных частиц (рис. 3, колонка №1, «больше 160 мкм» и «160-100 мкм»), которых не было в исходной порошковой краске (рис. 3, колонка №4, «больше 160 мкм» и «160-100 мкм»). Для двух других типов порошковых красок также проявляется подобный эффект. Данный результат имеет и важное практическое значение, поскольку для ЭСН используются частицы дисперсностью менее 50 мкм. Поэтому «выход» годной для напыления фракции после ПШМ возрастает.

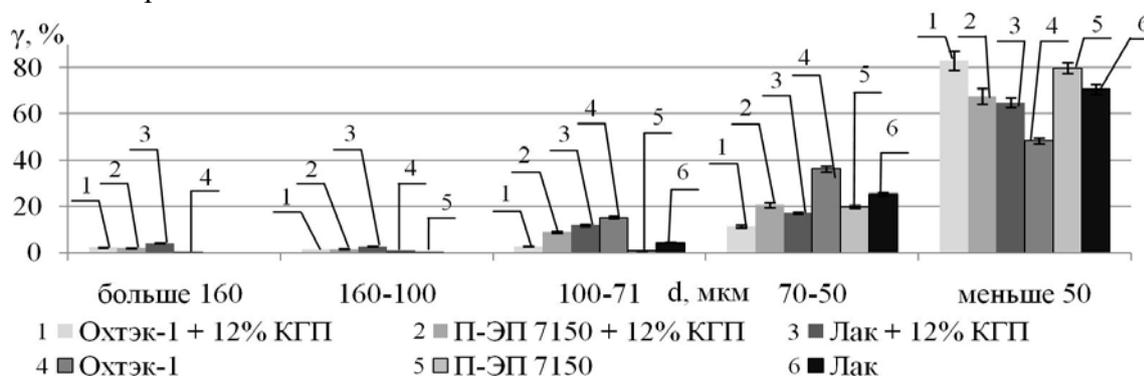


Рисунок 3 - Распределение частиц порошковых смесей по размеру на основе данных ситового анализа

По представленным данным на рисунке 3 можно сделать следующие обобщения:

а) все использованные порошковые краски (связующие) отличаются друг от друга по гранулометрическому составу. Так, доля частиц, имеющих размер менее 50 мкм, для ПЭПК

составляет 49 % (рис. 3, колонка 4, «<50 мкм»), в то время как в ПУЛ - 70 % (рис. 3, колонка №6, «>50 мкм»), а в ЭПК-80 % (рис. 3, колонка №5, «<50 мкм»);

б) картина такого распределения меняется после обработки смесей в ПШМ. По мнению авторов, это вызвано тем, что частицы полиэфирной краски в результате обработки измельчаются наиболее эффективно. С другой стороны в более эластичных связующих (эпоксидная краска и полиуретановый лак) проявляются эффекты агломерации;

в) для всех типов композиционных смесей после обработки в ПШМ формируются частицы размером более 100 мкм, которые отсутствовали в исходных компонентах, а их количество достигает 5 %. Вероятнее всего, это связано с формированием агломерированных частиц полимера и наполнителя, причем это проявляется в максимальной степени для смеси на основе ПУЛ: $\gamma \sim 11,7$ % (рис. 3, колонка №3, «100-71 мкм»).

Для характеристики порошковых смесей перед последующим ЭСН проведено наблюдение в растровом электронном микроскопе в режиме отраженных и дифракции обратно-рассеянных электронов (EBSD Electron back scattering diffraction) (рис. 4). Следует отметить, что все исходные порошковые краски, которые по определению являются электропроводящими, наблюдать в колонне РЭМ без напыления тонкого проводящего, например серебряного, слоя практически невозможно. После совместной обработки краски и КГП порошковая смесь приобретает свойство электропроводности, и ее можно было наблюдать без напыления проводящего слоя.

На рисунке 4 приведены РЭМ-фотографии частиц смесей, полученных просеиванием через сито с ячейей < 50 мкм. Видно, что порошковые смеси на основе ПЭПК и ПУЛ (рис. 4, а и г) содержат агрегированные частицы чешуйчатой формы, имеющие плоскую грань вследствие налипания к шарам или стенкам стаканов (в процессе механической обработки в ПШМ) со средним размером 10...20 мкм; что подтверждается данными представленными на рисунке 3 (колонка №4, «< 50 мкм»). В то же время порошковые смеси на основе ЭПК содержат частицы округлой формы размером 10...20 мкм (рис. 4, в), что, по всей видимости, связано с их более высокой эластичностью и изначально более мелким размером частиц (фракцией менее 50 мкм) в исходных полимерных связующих данных смесей (рис. 3, колонки №5 и №6, «< 50 мкм»).

Проведены измерения УОЭС (рис. 5) порошковых смесей: а) после обработки композиционных смесей в ПШМ; б) после отсева фракции < 50 мкм (для дальнейшего ЭС-напыления). Полученные результаты показывают, что наполненные и обработанные в ПШМ порошковые смеси приобрели электропроводность, величина которой составляет (до отсева) для ПЭПК $\rho_v = 11 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (рис. 5, колонка № 1), ЭПК - $\rho_v = 182 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (рис. 5, колонка № 2), ПУЛ - $\rho_v = 52 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (рис. 5, колонка № 3). При этом сам КГП имеет минимальную величину этого параметра $\rho_v = 5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Также заметим, что смесь на основе эпоксидной порошковой краски имеет самую большую насыпную плотность (рис. 2, столбец 9), обладая при этом наиболее высоким электросопротивлением ($\rho_v = 182 \text{ Ом} \cdot \text{м}$). После дальнейшего отсева УОЭС данной смеси (на основе П-ЭП 7150) снижается до значения $\rho_v = 43 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (рис. 5, колонка № 5), в то время как величина данного параметра для полиуретанового лака практически не изменилась $\rho_v = 51 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (рис. 5, колонка № 6), а для полиэфирной краски произошло даже повышение сопротивления почти в 2 раза $\rho_v = 20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (рис. 5, колонка № 4). Указанные изменения, наиболее вероятно связаны с различной эффективностью механического смешения (соединения) частиц наполнителя с полимерным связующим в ПШМ и возможным отсевом части проводящих либо непроводящих частиц при ситовом анализе на фракцию >50 мкм.

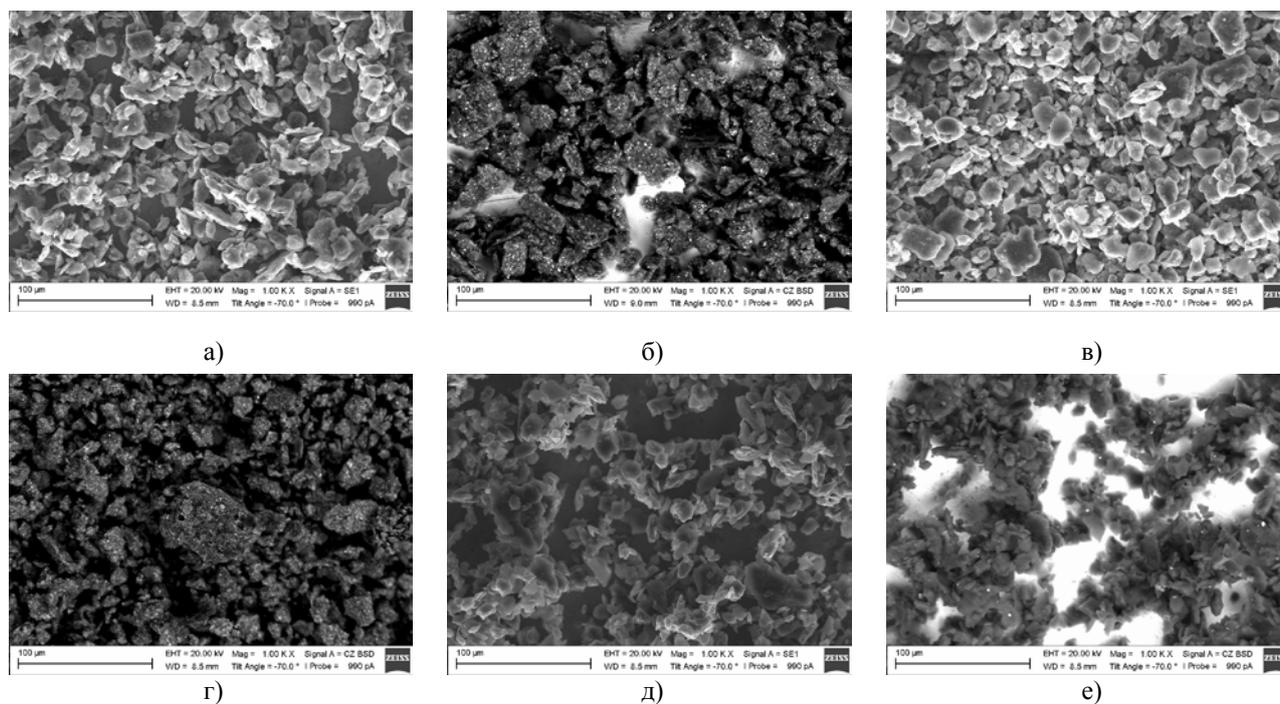


Рисунок 4 - РЭМ - изображения порошков смесей при разном увеличении (порошковая краска совместно с КГП), обработанных в ПШМ в течение 40 мин:

а) полиэфирная ПК; в) эпоксидная ПК; д) полиуретановая ПК; РЭМ - изображения полученные в режиме дифракции обратно-рассеянных электронов: б) полиэфирная ПК; г) эпоксидная ПК; е) полиуретановая ПК

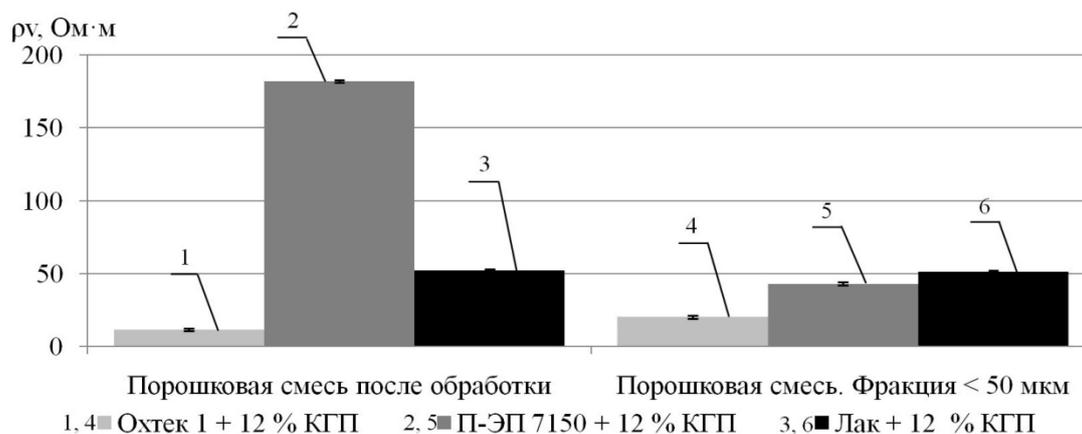


Рисунок 5 - Электрическое сопротивление порошковых смесей

Поскольку свойства сформированных (напыленных и «запеченных») покрытий, прежде всего, определяются дисперсностью и проводимостью порошковых смесей, при последующих исследованиях одновременно учитывались полученные данные об их насыпной плотности (рис. 2) и УОЭС (рис. 5).

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ

Как было отмечено выше, из приготовленных и обработанных в ПШМ порошковых смесей была отсеева фракция дисперсностью менее 50 мкм, которую напыляли на подложки из магния, стекла и фторопласта. Степень придания покрытиям функциональных свойств оценивали путем измерения УОЭС (рис. 6). Анализ полученных результатов показал, что:

1) после электростатического напыления УОЭС покрытий по сравнению с порошковыми смесями «инвертировалось»: если величина ρ_v для покрытия на основе ПУЛ имеет минимальное значение 3 Ом*м (рис. 6, колонка №6), то для порошковой смеси она было максимальной - 52 Ом*м (рис. 6, колонка №3). И, наоборот, для ПЭПК ρ_v покрытия

имело максимальное значение среди трех исследованных композиций - 12 Ом*м (рис. 6, колонка №4), в то время как для порошковой смеси она была минимальной - 20 Ом*м (рис. 6, колонка №1);

2) максимальная величина УЭОС (12 Ом*м) характерна для композиционного покрытия на основе полиэфирной порошковой краски (рис. 6, колонка №4), в то время как для эпоксидной краски и полиуретанового лака параметр УЭОС в 3-4 раза ниже 4 и 3 Ом*м соответственно (рис. 6, колонки №5 и №6).

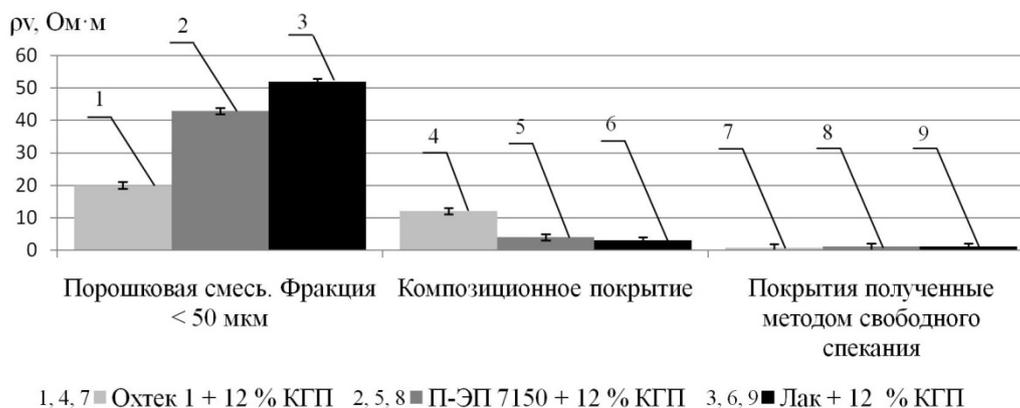


Рисунок 6 - УОЭС: группа а) порошковые смеси (фракция менее 50 мкм после отсева) (1-3); группа б) покрытия, полученные ЭСН (4-6); группа в) свободное спекание порошка (7-9). 1,4,7 - ПЭПК, 2,5,8 - ЭПК, 3,6,9 - ПУЛ

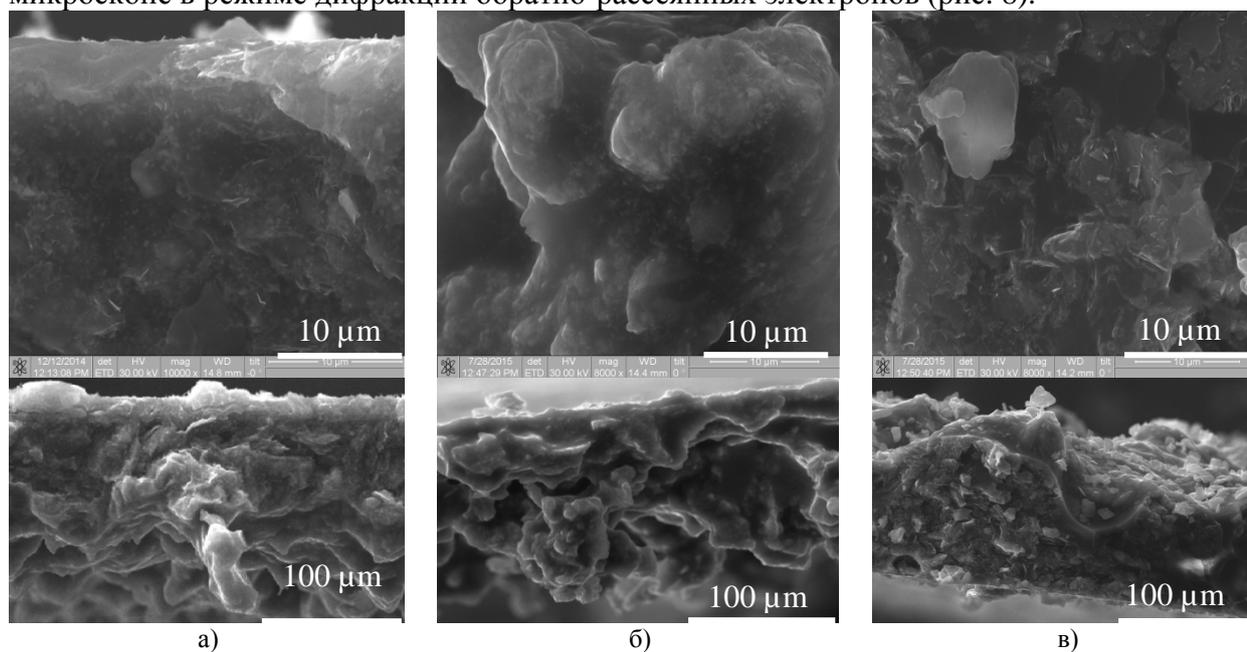
Таким образом, в процессе напыления композиционных покрытий существенно изменяется их сопротивление, что требует дополнительных исследований.

Для понимания наблюдаемого эффекта проведены измерения УОЭС пленок, полученных путем свободного спекания порошковых смесей на стеклянной подложке (без напыления). Выявлено, что сопротивление для всех типов связующих примерно равно и изменяется в небольших пределах от 0,8 до 1,2 Ом*м (рис. 6, колонки №7, №8, №9). Это свидетельствует о том, что содержание токопроводящего наполнителя (КГП) для всех типов связующих примерно одинаково. С учетом этого результата становится понятно, что различие в УОЭС наполненных порошковых смесей (до ЭСН) и покрытий, сформированных свободным спеканием, обусловлено тем, что при растекании расплавленных порошинок они образуют плотную (малопористую) пленку с однородным распределением частиц наполнителя в ней. Именно по этой причине наблюдаемое изменение УОЭС покрытий (относительно исходных порошковых смесей) связано с изменением содержания КГП в их составе, что происходит в процессе напыления порошковой смеси на подложку до того момента, как покрытие подвергается «запеканию» в печи.

В плане обсуждения полученных результатов отметим следующее. При обработке в ПШМ только часть частиц КГП оказывается механически связанными с частицами краски. В процессе напыления данной смеси электростатическим способом свободные частицы КГП (не связанные с ними) не осаждаются на подложке (поскольку они не могут накапливать статический заряд подобно частицам порошковой краски, что является основой данного способа формирования покрытий). Поскольку выявлено, что УОЭС покрытия на основе полиэфирной краски, сформированного ЭСН, значительно выше, чем в двух других типах покрытий, можно предположить, что наибольшее количество несвязанных частиц КГП (не осаждающихся на подложке, и, соответственно, не входящих в состав запеченного покрытия) находится в смеси на основе именно этой краски. Таким образом, выявленный эффект различия УОЭС покрытий с матрицей различного состава, связан именно с разным количеством функционализирующего наполнителя, содержащегося в составе покрытия.

Последнее утверждение было подтверждено в ходе электронно-микроскопических исследований в предположении о том, что большее количество наполнителя (КГП) должно обуславливать и большую структурную неоднородность напыленного покрытия в силу сдерживания первым процесса однородного пленкообразования при запекании (рис. 7). Видно, что покрытия на основе полиуретанового лака (рис. 7, в) и эпоксидной краски (рис. 7, б) имеют более высокую степень неоднородности. Кроме того, большая структурная неоднородность подтверждается и данными измерения шероховатостинапыленных покрытий, которая составляет для полиэфирной краски $Rz - 30,6$ мкм (максимальное УОЭС); для эпоксидной краски $Rz - 38,8$ мкм и полиуретанового лака $Rz - 45,2$ мкм (минимальное УОЭС).

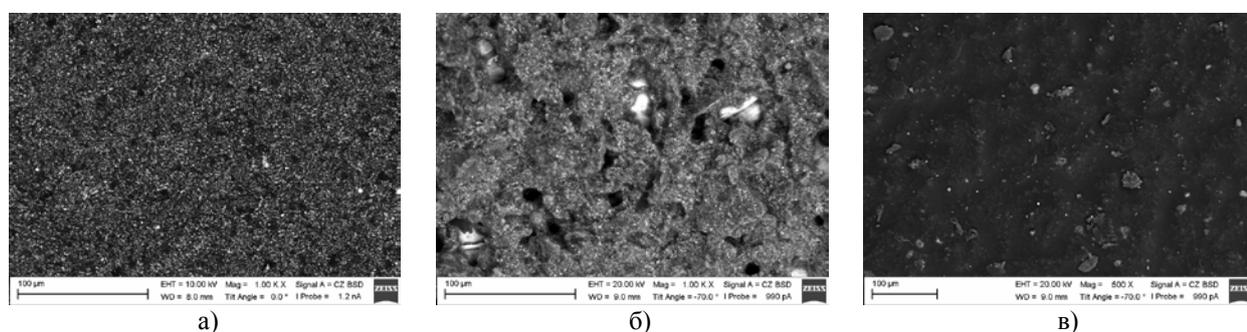
С целью анализа характера распределения частиц КГП в пленке полимерного связующего были проведены дополнительные исследования на растровом электронном микроскопе в режиме дифракции обратно-рассеянных электронов (рис. 8).



а) б) в)

Рисунок 7 - РЭМ - изображения сколов покрытий при разном увеличении:

а) полиэфирная краска Охтэк-1 + 12вес. % КГП, б) эпоксидная краска П-ЭП 7150 + 12вес. % КГП, в) полиуретановый лак + 12 вес. % КГП



а) б) в)

Рисунок 8 - РЭМ-изображение пленки композиционного покрытия:

а) «ПЭПК + КГП», б) «ЭПК + КГП», в) «ПУЛ + КГП» при разном увеличении

На всех приведенных микроизображениях видно, что: 1) во всех покрытиях, сформированных из смесей, полученных путем обработки в ПШМ, частицы КГП равномерно распределены в пленке полимерного связующего (агломерация отсутствует); 2) покрытие, сформированное из смеси, содержащей «ЭПК+ КГП» (рис. 8, б), хуже растекается по подложке (по сравнению с покрытием, сформированным из смеси «ПЭПК + КГП» и «ПУЛ + КГП» (рис. 8, а, в), что проявляется в формировании пленки с более высокой пористостью и

неоднородностью; 3) покрытие, сформированное из смеси «ПУЛ + КГП», выглядит как гладкая пленка с достаточно равномерным распределением частиц в ней (рис. 8, в).

Другим важным полученным результатом являются проведенные измерения толщины напыленных композиционных покрытий (на подложках из магниевого сплава МЛ-12), опять же в предположении о том, что большее количество наполнителя в порошковой смеси препятствует формированию толстого однородного покрытия. Показано, что для покрытия на основе ПЭПК средняя толщина составляет 85,8 мкм, в то время как для ЭПК- 18,2 мкм, а для ПУЛ- 24,4 мкм. Это, наиболее вероятно, связано с тем, что содержание большего количества частиц КГП в порошковой краске препятствует накоплению статического заряда напыляемыми частицами, поэтому количество удерживаемых подложкой за счет электростатических сил частиц меньше. Именно по этой причине композиционное покрытие на основе ПЭПК, имеющее меньшее содержание частиц КГП, имеет в 4 раза большую толщину по сравнению с двумя другими типами покрытий (одновременно его УОЭС оказывается в ~4 раза выше).

Несмотря на выявленную значительную разницу в толщине покрытий, величина их адгезии к подложке из магниевого сплава МЛ-12, измеренная методом решетчатого надреза, на всех образцах соответствовала 1 баллу (рис. 9).

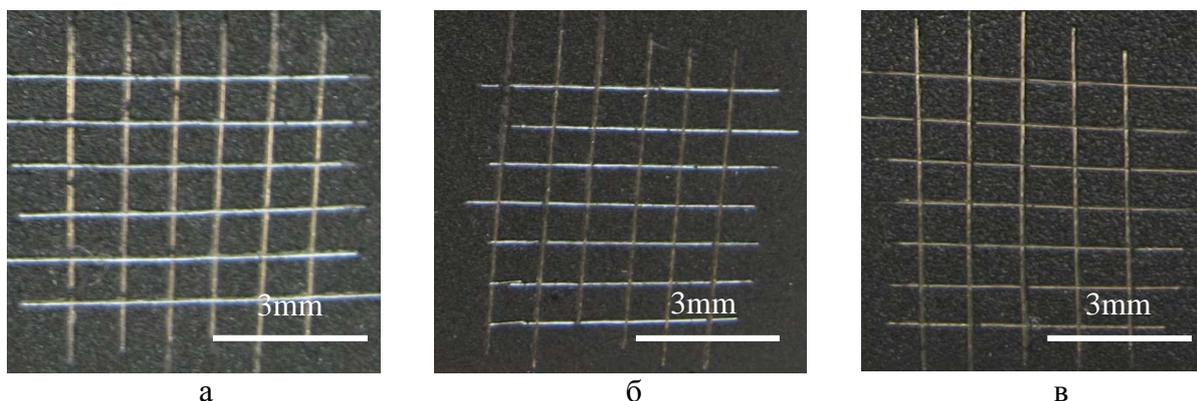


Рисунок 9 - Оптическое изображение покрытий на образцах из магниевого сплава МЛ-12:
 а) полиэфирная краска Охтэк-1 + 12 вес. % КГП; б) эпоксидная краска П-ЭП 7150 + 12 вес. % КГП;
 в) полиуретановый лак + 12 вес. % КГП

Таким образом, на основании проведенных исследований можно констатировать, что вопрос выбора полимерного связующего должен решаться с позиции выполнения двух взаимоисключающих условий. С одной стороны, в композиционном покрытии с меньшим количеством частиц КГП (в частности, на основе полиэфирной краски) наблюдается снижение УОЭС до 4- раз (по сравнению, например с наполненным ПУ-лаком). С другой стороны, меньшее количество наполнителя позволяет сформировать значительно более толстое покрытие (~85 мкм за один цикл нанесения), имеющее более однородную структуру (см. также данные измерения шероховатости поверхности).

Кроме того, формирование покрытий толщиной более 70 мкм является важнейшим требованием для обеспечения защиты изделий из магниевых сплавов от влияния внешних вредных факторов (прежде всего, коррозии). Проведенные климатические испытания покрытий, напыленных на образцы из магниевого сплава МЛ-12, показали, что при соблюдении регламентированного режима напыления и толщине покрытия не менее 70 мкм признаков развития коррозии в покрытии на основе полиэфирной краски не наблюдалось.

ВЫВОДЫ

1. При обработке порошковых смесей в планетарной шаровой мельнице максимальное измельчение частиц наблюдается в порошковой смеси «полиэфирная краска + 12 вес.% КГП»; доля фракции размером менее 50 мкм повышается с 49 % до 85 %. Это обусловлено ее большей хрупкостью, в то время как в более эластичных порошках эпоксидной краски и полиуретанового лака количество частиц дисперсностью менее 50 мкм, наоборот, уменьшается.

2. Различная величина УОЭС покрытий, сформированных методом ЭС-напыления, существенно отличается от УОЭС напыляемых порошковых смесей, что связано с изменением содержания КГП в составе покрытий, вследствие слабой связи между компонентами порошковой смеси (при их совместной обработке в планетарной шаровой мельнице) и «непопаданием» части проводящих частиц в состав композиционного покрытия.

3. Четырехкратное различие толщины покрытия на основе полиэфирной краски (85,8 мкм) от таковой для эпоксидной (18,2 мкм) и для полиуретанового лака (24,4 мкм) связано с различным содержанием частиц КГП, поскольку наличие последних в составе напыляемой порошковой смеси препятствует накоплению статического заряда и снижает количество частиц, удерживаемых подложкой за счет электростатических сил. По этой причине композиционное покрытие на основе полиэфирной краски, содержащее меньшее содержание частиц КГП, имеет в 4 раза большее УОЭС по сравнению с двумя другими типами композиционных покрытий.

4. Композиционное покрытие на основе полиэфирной порошковой краски обеспечивает приемлемый (для обеспечения стекания статического заряда) уровень УОЭС, позволяет сформировать значительно более толстое (~85 мкм за один цикл нанесения) и однородное по структуре покрытие (при минимальной из трех исследованных типов полимерных связующих шероховатости поверхности), что позволяет ему выполнять другую основную (защитную) функцию, что является важнейшим требованием для обеспечения защиты магниевых сплавов от коррозии.

5. На основании результатов проведенных исследований и данных коррозионных тестов авторы рекомендуют методику, основанную на использовании полиэфирной краски в сочетании с введением КГП и совместной обработкой композиционной порошковой смеси в планетарной шаровой мельнице для электростатического формирования защитных антистатических покрытий на изделиях из магниевых сплавов.

Благодарности. Работа выполнена в рамках проектов фундаментальных исследований Государственных академий наук (2013-2020 гг.), а также при частичной поддержке гранта РФФИ № 13-08-98068_r_Сибирь_a. РЭМ микроскопия порошковых смесей и напыленных покрытий проведена в ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов, В.В. Стратегия развития титановых, магниевых, бериллиевых и алюминиевых сплавов [Текст] / В.В. Антипов // *Авиационные материалы и технологии*. - М.: ВИАМ. - 2012. - С. 157-167.
2. Корнышев, И.С. Перспективы применения магниевых и литейных алюминиевых сплавов [Текст] / И.С. Корнышева, Е.Ф. Волкова, Е.С. Гончаренко и др. // *Авиационные материалы и технологии*. - М.: ВИАМ. - 2012. - С. 212-222.
3. Каблов, Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года [Текст] / Е.Н. Каблов // *Авиационные материалы и технологии*. - М.: ВИАМ. - 2012. - С. 7-17.
4. Недолужко, В.В. Ремонтное окрашивание автомобилей порошковыми красками [Текст] / В.В. Недолужко, А.Н. Новиков // *Мир транспорта и технологических машин*. - Орел.: ФГОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2011. - №1(32). - С. 31-36.
5. Недолужко, В.В. Перспективы применения порошковых красок при окрашивании автомобилей [Текст] / В.В. Недолужко // *Мир транспорта и технологических машин*. - Орел: Известия ОрелГТУ. - 2009. - № 2/25(557). - С. 50-54.

6. Недолужко, В.В. Влияние способа подготовки поверхности на адгезию лакокрасочной пленки [Текст] / В.В. Недолужко, А.С. Бодров // Мир транспорта и технологических машин. - Орел.: ГОУ ВПО «ОрелГТУ». - 2010. - №3(30). - С. 3-7.
7. Порошковые краски. Технология покрытий [Текст] / Под ред. проф. А.Д. Яковлева. - Пер. с англ. - СПб.: Химиздат, 2001. - 256 с.
8. Васильев, В.В. Композиционные материалы [Текст]: справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; под общ.ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990. - 512 с; ил. - ISBN 5-217-01113-0.
9. Кербер, М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технологии: [Текст]: учебное пособие / М.Л. Кербер и др.; под ред. А.А. Берлина. - 3-е испр. изд. - СПб.: Профессия, 2011. - 560 с.
10. Тагер, А.А. Физико-химия полимеров [Текст]: учебное пособие для хим. фак. ун-тов / А.А. Тагер; под ред. А.А. Аскадского. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Научный мир, 2007. - 573 с.
11. Larry, W.B. Electrostatic powder coating of electrically non-conducting substrates [Text] / W.B. Larry, R. Srinii, A. Mc Ginnis, A. L. James. - Patent US. - No. 6,270.853, 2001.
12. Peter, G. Antistatic powder coating compositions and their use [Text] / G. Peter, S. Zbigniew, M. Strid. - Patent Us. - No 6,743.379, 2004.
13. Малиновская, Т.Д. Электрофизические и теплофизические характеристики полифункционального композиционного материала на основе полиуретана [Текст] / Т.Д. Малиновская, В.И. Суслыев, С.В. Мелентьев, К.В. Дорожкин // Известия вузов. Физика. - 2014. - Т. 57. - №5. - С. 80-83.
14. Щибря, Н.Г. Антистатические декоративные покрытия на основе порошкового покрытия [Текст] / Н. Г. Щибря и др. // Лакокрасочные материалы и их применение. - 1996. - № 12. - С. 19-20.
15. Гуль, В.Е. Электропроводящие полимерные композиции [Текст] / В.Е. Гуль, Л.З. Шенфиль. - М.: Химия, 1985. - 240 с.
16. Языков, С.Ю. Антистатические композиционные покрытия для защиты магниевых сплавов на основе порошковых красок, обработанных в планетарной шаровой мельнице [Текст] / С.Ю. Языков, В.Х. Даммер, С.В. Панин, Б.Б. Овечкин // Известия Томского политехнического университета. - 2014. - Т. 325. - № 2. - С. 105-113.
17. Panin, S.V. Functionalized composite coatings based on filled powder paint processed in planetary ball mill [Text] / S.V. Panin, S.Yu. Yazykov, V.Kh. Dammer. Applied Mechanics and Materials. - Vol 770. - 2015. P. 93-98. - DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.770.93.
18. Panin, S.V. Dorozhkin. Application of planetary ball mill for manufacturing of shielding composite coatings based on polyester powder paints and carbon fillers [Text] / S.V. Panin, S.Yu. Yazykov, V.I. Suslyaev and K.V. Dorozhkin // Materials Science and Engineering 93 012052. - 2015. - doi:10.1088/1757-899X/93/1/012052.
19. Ваганов, Г.В. Эпоксидные порошковые композиции с силикатными наночастицами различной морфологии [Текст] / Г.В. Ваганов, В.Е. Юдин, Л.Н. Машляковский и др. // Лакокрасочные материалы и их применение. - 2011. - № 11. - С. 37-41.
20. Григорьев, М.В. Влияние механической обработки на структуру и свойства порошка нестехиометрического карбида титана [Текст] / М.В. Григорьев, Л.М. Молчунова, С.П. Буякова и др. // Известия вузов. Физика. - 2013. - Т. 56. - № 7/2. - С. 206-210.
21. Новиков, А.Н. Окраска автомобилей при ремонте [Текст]: монография / А.Н. Новиков, А.С. Бодров. - Орел: ОрелГТУ, 2008. -127 с.
22. Ломакин, Д.О. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров, Д.О. Ломакин // Бюллетень транспортной информации. - 2009. - №8 (170). - С. 36-40.
23. Бодров, А.С. Влияние способа подготовки поверхности на адгезию лакокрасочной пленки [Текст] / А.С. Бодров, В.В. Недолужко // Мир транспорта и технологических машин. - Орел.: ФГОУ ВПО «ОрелГТУ», 2010. - №3(30). С. 3-7.
24. Бодров, А.С. Особенности применения порошковых красок при ремонтном окрашивании автомобилей [Текст] / А.С. Бодров // Объединённый научный журнал. - №11. - 2006. - С. 69 -71.

Панин Сергей Викторович

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Адрес: 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, д. 30

Заместитель директора по научной работе, д-р техн. наук, профессор кафедры «Материаловедение в машиностроении»

E-mail: svp@ispms.tsc.ru

Языков Сергей Юрьевич

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, д. 30

Аспирант
E-mail: yazikov.sergey@gmail.com

Иванова Лариса Рюриковна

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
Ведущий технолог лаборатории механики композиционных полимерных материалов
E-mail: lir1952@mail.ru

Корниенко Людмила Александровна

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4
Канд. ф.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории механики композиционных полимерных материалов
E-mail: rosmc@ispms.tsc.ru

S.V. PANIN, S.Y. YAZIKOV, L.N. IVANOVA, L.A. KORNIENKO

INFLUENCE OF TYPES OF POWDER PAINTS PROCESSED IN A PLANETARY BALL MILL ASSOCIATION WITH COLLOID-GRAPHITE PREPARATION, ON STRUCTURE, MECHANICAL AND ANTISTATIC PROPERTIES OF COMPOSITE COATINGS

The paper reports on results of comparative study of structure and properties of composite coating deposited by electrostatic spraying of powder blends made of three compositions based on polyester and epoxy powder paints as well as polyurethane varnish mixed with colloidal graphite aggregate (CGA). The mixtures were preliminary mechanically treated in a planetary ball mill during 40 minutes. The influence of type of polymeric binder onto properties of powder mixtures for subsequent spraying as well as structure, physical-mechanical and electro-physical properties were studied and discussed.

Keywords: Powder paint, colloidal graphite preparation, planetary ball mill.

BIBLIOGRAPHY

1. Antipov, V.V. Strategiya razvitiya titanovykh, magnievykh, berillievykh i alyuminievykh spлавov [Tekst] / V.V. Antipov // Aviatsionnye materialy i tekhnologii. - M.: VIAM. - 2012. - S. 157-167.
2. Kornyshev, I.S. Perspektivy primeneniya magnievykh i liteynykh alyuminievykh spлавov [Tekst] / I.S. Kornysheva, E.F. Volkova, E.S. Goncharenko i dr. // Aviatsionnye materialy i tekhnologii. - M.: VIAM. - 2012. - S. 212-222.
3. Kablov, E.N. Strategicheskie napravleniya razvitiya materialov i tekhnologiy ikh pererabotki na period do 2030 goda [Tekst] / E.N. Kablov // Aviatsionnye materialy i tekhnologii. - M.: VIAM. - 2012. - S. 7-17.
4. Nedoluzhko, V.V. Remontnoe okrashivanie avtomobiley poroshkovymi kraskami [Tekst] / V.V. Nedoluzhko, A.N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel.: FGOU VPO «Gosuniversitet - UNPK», 2011. - №1(32). - S. 31-36.
5. Nedoluzhko, V.V. Perspektivy primeneniya poroshkovykh krasok pri okrashivanii avtomobiley [Tekst] / V.V. Nedoluzhko // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel.: Izvestiya OrelGTU. - 2009. - № 2/25(557). - S. 50-54.
6. Nedoluzhko, V.V. Vliyanie sposoba podgotovki poverkhnosti na adgeziyu lakokrasochnoy plenki [Tekst] / V.V. Nedoluzhko, A.S. Bodrov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel.: GOU VPO «OrelGTU». - 2010. - №3(30). - S. 3-7.
7. Poroshkovye kraski. Tekhnologiya pokrytiy [Tekst] / Pod red. prof. A.D. YAkovleva. - Per. s angl. - SPb.: Himizdat, 2001. - 256 s.
8. Vasil'ev, V.V. Kompozitsionnye materialy [Tekst]: spravochnik / V.V. Vasil'ev, V.D. Protasov, V.V. Bolotin i dr.; pod obshch.red. V.V. Vasil'eva, YU.M. Tarnopol'skogo. - M.: Mashinostroenie, 1990. - 512 s; il. - ISBN 5-217-01113-0.
9. Kerber, M.L. Polimernye kompozitsionnye materialy: struktura, svoystva, tekhnologii: [Tekst]: uchebnoe posobie / M.L. Kerber i dr.; pod red. A.A. Berlina. - 3-e ispr. izd. - SPb.: Professiya, 2011. - 560 s.
10. Tager, A.A. Fiziko-khimiya polimerov [Tekst]: uchebnoe posobie dlya khim. fak. un-tov / A.A. Tager; pod red. A.A. Askad'skogo. - 4-e izd., pererab. i dop. - M.: Nauchnyy mir, 2007. - 573 s.
11. Larry W. Brown, Sriniraghavan, Arthur McGinnis, James A. Leal. Electrostatic powder coating of electrically non-conducting substrates. Patent US, No. 6,270,853, 2001.

12. Peter Gottschling, Zbigniew Stacyra, Maria Strid. Antistatic powder coating compositions and their use Patent Us, No 6,743.379, 2004.
13. Malinovskaya, T.D. Elektrofizicheskie i teplofizicheskie kharakteristiki polifunktional'nogo kompozitsionnogo materiala na osnove poliuretana [Tekst] / T.D. Malinovskaya, V.I. Suslyayev, S.V. Melent'ev, K.V. Dorozhkin // Izvestiya vuzov. Fizika. - 2014. - T. 57. - №5. - S. 80-83.
14. Shchibrya, N.G. Antistaticheskie dekorativnye pokrytiya na osnove poroshkovogo pokrytiya [Tekst] / N. G. Shchibrya i dr. // Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie. - 1996. - № 12. - S. 19-20.
15. Gul', V.E. Elektroprovodyashchie polimernye kompozitsii [Tekst] / V.E. Gul', L.Z. Shenfil'. - M.: Himiya, 1985. - 240 c.
16. Yazykov, S.YU. Antistaticheskie kompozitsionnye pokrytiya dlya zashchity magnievykh splavov na osnove poroshkovykh krasok, obrabotannykh v planetarnoy sharovoy mel'nitse [Tekst] / S.YU. Yazykov, V.H. Dammer, S.V. Panin, B.B. Ovechkin // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. - 2014. - T. 325. - № 2. - S. 105-113.
17. Panin, S.V. Functionalized composite coatings based on filled powder paint processed in planetary ball mill [Text] / S.V. Panin, S.Yu. Yazykov, V.Kh. Dammer. Applied Mechanics and Materials. - Vol 770. - 2015. R. 93-98. - DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.770.93.
18. Panin, S.V. Dorozhkin. Application of planetary ball mill for manufacturing of shielding composite coatings based on polyester powder paints and carbon fillers [Text] / S.V. Panin, S.Yu. Yazykov, V.I. Suslyayev and K.V. Dorozhkin // Materials Science and Engineering 93 012052. - 2015. - doi:10.1088/1757-899X/93/1/012052.
19. Vaganov, G.V. Epoksidnye poroshkovye kompozitsii s silikatnyminanochastitsami razlichnoy morfologii /G.V. Vaganov, V. E. Yudin, L.N. Mashlyakovskiy i dr. // Lakokrasochnye materialy i ikh primeneniye. - 2011. - № 11. - S. 37-41.
20. Grigor'ev, M.V. Vliyanie mekhanicheskoy obrabotki na strukturu i svoystva poroshka nestekhiometricheskogo karbida titana [Tekst] / M.V. Grigor'ev, L.M. Molchunova, S.P. Buyakova i dr. // Izvestiya vuzov. Fizika. - 2013. - T. 56. - № 7/2. - S. 206-210.
21. Novikov, A.N. Okraska avtomobilej pri remonte: monografija/A.N. Novikov, A.S. Bodrov. -Orel: OrelGTU, 2008. -127s.
22. Lomakin, D.O. Vybora faktorov, opredeljayushhih kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-celevym metodom/A.N. Novikov, A.S. Bodrov, D.O. Lomakin.//Bjulleten' transportnoj informacii. -2009. -№8 (170). -s. 36-40.
23. Bodrov A.S. Vliyanie sposoba podgotovki poverhnosti na adgeziju lakokrasochnoj plenki /A.S. Bodrov, V.V. Nedoluzhko//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. -Orel.: GOU VPO «OrelGTU», 2010. -№3(30). S. 3-7.
24. Bodrov A.S. Osobennosti primeneniya poroshkovykh krasok pri remontnom okrashivani avtomobilej/A.S. Bodrov//Ob#edinjonnyj nauchnyj zhurnal. -№11. -2006g. -C. 69 -71.

Panin Sergey Viktorovich

FGAOU VO «National Research Tomsk Polytechnic University»

Address: 634050, Russia, Tomsk, Lenina, d 30

Deputy Director for Science, Doctor of Engineering. Sciences, Professor of the Department «Materials Science in Mechanical Engineering»

E mail: svp@ispms.tsc.ru

Yazykov Sergey Yur'evich

FGAOU VO «National Research Tomsk Polytechnic University»

Address: 634050, Russia, Tomsk, Lenina, d 30

Graduate student

E mail: yazykov.sergey@gmail.com

Ryurikovna Larisa Ivanova

Institute of Strength Physics and Materials Science, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 634050, Russia, Tomsk, etc. Academic, 2/4

Lead Technologist Laboratory mechanics of composite polymeric materials

E mail: lir1952@mail.ru

Kornienko Ludmila Aleksandrovna

Institute of Strength Physics and Materials Science, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Address: 634050, Russia, Tomsk, etc. Academic, 2/4.

Kand. AF-mat. Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Mechanics of composite polymeric materials

E mail: rosmc@ispms.tsc.ru

А.С. ГРЕБЕННИКОВ, С.А. ГРЕБЕННИКОВ, И.Ю. КУВЕРИН

ДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЯ

Показано влияние изменения технического состояния элементов автомобиля, таких как: увеличенных зазоров вследствие износа деталей, диссипативных изменений в механических системах, отклонений в пространственной ориентации сопряжений на изменения значений внутрицикловой угловой скорости вращающихся деталей по углу их поворота при диагностировании и оценке качества регулировки его систем и механизмов.

Ключевые слова: износ, автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, неравномерность угловой скорости вала, мгновенная угловая скорость, динамический метод, диагностирование.

Конструктивная особенность кривошипно-шатунного механизма (КШМ) поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) приводит к непрерывному изменению значений угловой скорости коленчатого вала (УСКВ) в пределах рабочего цикла даже при работе ДВС на установившемся скоростном режиме. Причина - различное сочетание действующих сил и моментов по углу поворота коленчатого вала от инерционных масс вращающихся деталей КШМ с маховиком и движущихся возвратно-поступательно (поршневая группа, верхняя головка и средняя часть шатуна).

Реальные рабочие процессы в цилиндрах с нарушенными газодинамическими, топливоподающими характеристиками формирования рабочей смеси, значениями структурных параметров в одноименных сопряжениях двигателя, приводят к дополнительной внутрицикловой неравномерности угловой скорости (ВНУС) коленчатого вала (КВ), которая является источником информации о техническом состоянии систем и механизмов ДВС.

Изменения структурных параметров, пространственной ориентации вращающихся элементов трансмиссии, тормозной системы, рулевого управления при фиксированных режимах испытания также отражается на показателях неравномерности угловой скорости,

В общем случае неравномерность угловой скорости коленчатого вала ДВС и других вращающихся элементов автомобиля оценивается коэффициентом δ - отношением разности значений максимальной ω_{max} и минимальной ω_{min} угловых скоростей к среднему её значению за рабочий или кинематический циклы [6]

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\bar{\omega}}. \quad (1)$$

Считается, что значение коэффициента δ уменьшается по близкой к квадратичной степенной зависимости с увеличением средней частоты вращения ДВС и увеличивается пропорционально его нагрузке. Выполненные экспериментальные исследования на 4, 6 и 8-ми цилиндрических ДВС [2] подтверждают эту зависимость в диапазоне малых и средних частот вращения, где проявления крутильных колебаний КВ незначительны. Именно эти режимы работы являются наиболее информативными для целей диагностирования, поскольку имеют значительные различия коэффициента δ в зависимости от технического состояния элементов автомобиля. Например, при осуществлении рабочих процессов в цилиндрах технически исправного ДВС 4Ч 9,2/9,2 в диапазоне $n = 600 \dots 1500 \text{ мин}^{-1}$ на режиме холостого хода δ изменяется от 0,041 до 0,021. На тех же режимах работы ДВС наличие отклонений в техническом состоянии систем питания, зажигания, элементов газораспределения (МГР) и КШМ вызывает увеличение нормативных значений δ на 50% и более, что и является основным доводом для использования показателей ВНУСКВ в качестве диагностических. Сказанное также относится и к последовательно связанным с ДВС элементам трансмиссии, ухудшение технического состояния которых приводит к увеличению коэффициента неравномерности δ в их промежуточных сопряжениях и конечном элементе - ведущих колёсах [2, 5, 16].

Для обоснованного выбора диагностических параметров и количественной оценки взаимосвязи показателей ВНУСКВ двигателя с эффективными, индикаторными показателями работы цилиндров и техническим состоянием различных элементов ДВС авторами разработана математическая модель [3] на основе уравнений динамики ДВС (принципа Даламбера) и термодинамической теории рабочего процесса двигателя. Модель представляет систему уравнений, описывающих составляющие баланса моментов ДВС $M_{кр}$ в функциях угла поворота φ и угловой скорости ω коленчатого вала

$$M_{кр} = J\omega \frac{d\omega}{d\varphi} = M_z(\varphi) + M_j(\omega, \varphi) - M_c(\omega, \varphi), \quad (2)$$

где J - приведенный момент инерции вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс двигателя;

$M_z(\varphi)$ - момент от сил давления газов;

$M_j(\omega, \varphi)$ - момент от сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс;

$M_c(\omega, \varphi)$ - момент сопротивления на коленчатом вале двигателя.

При определении момента $M_z(\varphi)$ в уравнении (2) давление газов в цилиндре представлено в виде термодинамической модели рабочего процесса, учитывающей возможность её использования как на установившихся (УР), так и на неустановившихся режимах (НУР) холостого хода, допуская введение в исходные данные изменений эксплуатационных факторов технического состояния ДВС через параметры рабочего процесса по каждому цилиндру [3]. Моделирование показало, что с увеличением зазоров вследствие износа деталей, диссипативных изменений в механических системах, отклонений в пространственной ориентации сопряженных деталей ДВС происходит трансформация составляющих зависимости (2) и показателей ВНУСКВ при использовании одного и того же режима тестовых испытаний при среднем значении $\bar{\omega} = const$.

К основным показателям ВНУСКВ (они же являются диагностическими) относят коэффициент δ , а также следующие значения, измеренные в интервале углов поворота КВ, соответствующих рабочим тактам в каждом цилиндре: экстремальных (минимальных ω_{min} и максимальных ω_{max}) угловых скоростей и их фазовых положений $\varphi_{\omega_{min}}$, $\varphi_{\omega_{max}}$; амплитуд $A_\omega = \omega_{max} - \omega_{min}$ и их отклонений по цилиндрам $\Delta\omega$; ускорений ε_b , ε_p - соответственно на участках выбега и разгона угловой скорости; затраченной работы инерционными массами двигателя на участках выбега A_b или приобретенной на участках разгона A_p и их соотношения A_b/A_p по отдельным цилиндрам (рис. 1).

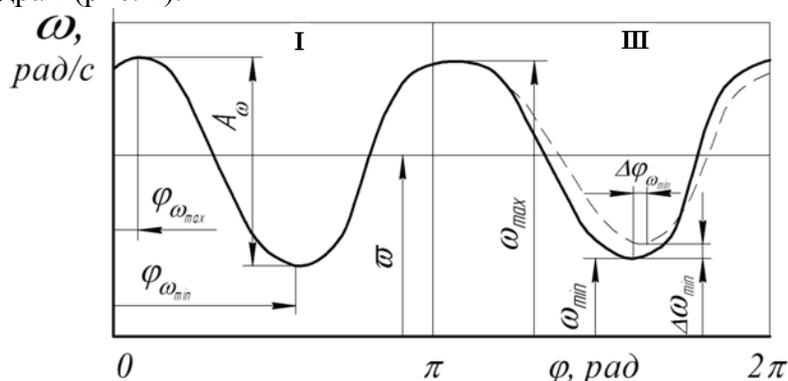


Рисунок 1 - Количественные показатели изменения угловой скорости ω по углу поворота φ коленчатого вала 4-х цилиндрового ДВС:

I, III - периоды рабочих тактов в соответствующих цилиндрах

Аналогичные показатели ВНУС применимы и к другим диагностируемым элементам автомобиля, в которых имеются детали с вращательным движением или возвратно-поступательными колебаниями.

Использование показателей ВНУСКВ позволило повысить точность и существенно расширить область применения динамического метода диагностирования ДВС, разработанного в СибИМЭ [1, 17, 18] и используемого для многих технологических процессов ТО автомобилей [7 - 11, 19, 20] суть которого состоит в анализе изменений межцилиндровых значений угловой скорости и ускорений КВ на НУР.

Именно за счет введения новых признаков функционального состояния ДВС, использования как неустановившихся, так и установившихся режимов испытания, стало возможным по показателям ВНУС (рис. 2) оценить техническое состояние наиболее важных элементов системы ДВС - трансмиссия, тормозной системы, рулевого управления и подвески автомобиля, повысить эффективность и адаптивность электронных систем управления ДВС (ЭСУД).

Выбор функционального состояния ДВС (наличие или отсутствие рабочих процессов в конкретных цилиндрах) направлен на повышение чувствительности и информативности показателей ВНУСКВ при диагностировании и адаптивном управлении системами ДВС.

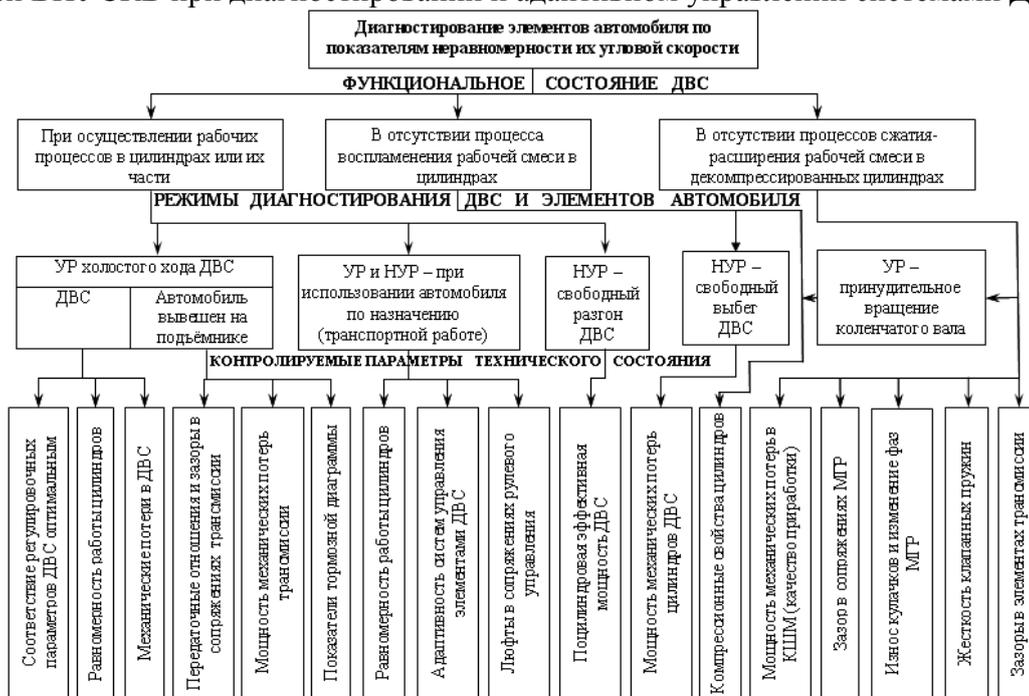


Рисунок 2 - Режимные признаки диагностирования элементов автомобиля динамическим методом

При определении качества рабочего процесса, его оптимизации, а также определении технического состояния систем питания, зажигания, МГР, влияющего на показатели эффективности рабочих процессов, испытания проводят при нормальном функционировании ДВС - наличии процессов сгорания рабочей смеси в цилиндрах, как в процессе выполнения автомобилем транспортной работы, так и путём использования диагностических тестовых режимов. При этом интегральным показателем эффективности работы ДВС на любом его режиме является коэффициент δ ВНУСКВ; он же отвечает требованию критерия оптимальности для адаптивных систем управления подачей топлива, углом опережения зажигания (впрыска) топлива и фазами газораспределения ДВС [2]. При оптимальных и равномерных рабочих процессах в цилиндрах двигателя коэффициент δ имеет минимально возможную величину для сложившегося технического состояния ДВС, поскольку характер изменения крутящего момента и ВНУСКВ в пределах углов поворота, соответствующих рабочим тактам всех цилиндров, будет близок к идентичному (на рисунке 1 показан сплошной линией).

При нарушенных значениях регулировочных параметров элементов ДВС, когда коэффициент δ превышает нормативы, конкретизация «отстающего» цилиндра осуществляется по значениям амплитуд A_{ω} колебаний УС в пределах углов поворота КВ, соответствующих рабочим тактам цилиндров (на рисунке 1 - $0 \dots \pi$; $\pi \dots 2\pi$).

При диагностировании нерегулируемых параметров технического состояния одноименных элементов ДВС (герметичности надпоршневых пространств цилиндров, зазоров в сопряжениях КШМ, ЦПГ, МГР) предпочтительней второй вариант - испытание в отсутствие сгорания рабочей смеси в цилиндрах двигателя. При этом используется режимы прокрутки КВ стартером или выбега ДВС путем выключения подачи топлива (зажигания) во все или отдельные его цилиндры. Диагностическим параметром компрессионных свойств цилиндров при этом являются работа сил инерции A_p на участках нарастания угловой скорости в угловых интервалах, соответствующих тактам расширения в конкретных цилиндрах

$$A_p = J \frac{(\omega_{\max}^2 - \omega_{\min}^2)}{2} \quad (3)$$

Определение технического состояния элементов МГР осуществляют при декомпресированных цилиндрах в режиме прокрутки КВ стартером [13] или работе ДВС на одном цилиндре [14]. В качестве оценочных диагностических показателей состояния элементов МГР служат отклонения экстремальных значений УС $\Delta\omega_{\max}$, $\Delta\omega_{\min}$ и их фазовых положений $\Delta\varphi_{\omega_{\max}}$, $\Delta\varphi_{\omega_{\min}}$ относительно ВМТ (на рисунке 1 - пунктирной линией), которые сравниваются с нормативными.

Эффективную мощность и мощность механических потерь ДВС оценивают при использовании динамических режимов диагностирования на холостом ходу - разгона при полной подаче топлива или свободного выбега [2, 12] - по значениям ускорений на участках разгона ϵ_p или выбега ϵ_b в пределах нескольких циклов работы ДВС в нормативном диапазоне средней УСКВ ϖ . При отклонениях значений мощностных параметров от нормативных, причину конкретизируют путем определения мощности механических потерь ДВС на УР при последовательном выключении из работы одного из цилиндров по способу [12].

Диагностирование трансмиссии и тормозной системы осуществляется при вывешенном на подъёмнике автомобиле с установкой на сочленениях карданного вала и колёсах датчиков угловых перемещений. Их эквивалентная динамическая система для автомобиля «ГАЗель» представлена на рисунке 3.

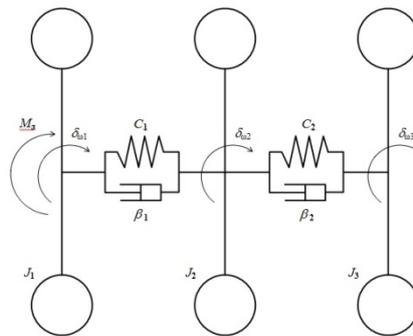


Рисунок 3 - Эквивалентная динамическая модель системы «ДВС - трансмиссия» автомобиля ГАЗель - 322132:

M_d - переменный по углу поворота КВ момент двигателя; $J_1 = 0,32$, $J_2 = 0,23$ и $J_3 = 16,5$ - моменты инерции соответственно двигателя, трансмиссии и ведущих колес, кг·м²; $C_1 = 2400$ и $C_2 = 753000$ - жесткости связей двигателя с трансмиссией и трансмиссии с ведущими колесами, Н·м/рад; $\beta_1 = 8$, $\beta_2 = 14$ - коэффициенты демпфирования крутильных колебаний, Н·с·м/рад; $\delta_{\omega 1}$, $\delta_{\omega 2}$ и $\delta_{\omega 3}$ - значения коэффициентов неравномерности УС вращения соответственно двигателя, трансмиссии и ведущих колес

При диагностировании элементов трансмиссии, вывешенные ведущие колеса одной стороны автомобиля фиксируются в неподвижном состоянии, а её прокручивание осуществляется двигателем в диапазоне средней УСКВ $\varpi = 90 \dots 100$ рад/с, или стартером. Об общем техническом состоянии трансмиссии судят по значениям мощности механических потерь и суммарного углового зазора в её сопряжениях. Мощность механических потерь

$$N_m = J_{\Sigma} \cdot \varpi_k \cdot \frac{\omega_k - \omega_n}{\tau}, \quad (4)$$

где J_{Σ} - сумма приведенных моментов инерции вращающихся масс ДВС, трансмиссии и вращающихся колёс (рис. 3);

ω_n, ω_k - мгновенные значения УС в начале и конце одного (двух) полных оборотов выбега колес(а) за время τ .

Суммарный зазор в трансмиссии определяется по разности значений полного поворота ведущего колеса (360°) и приведенного к нему угла поворота КВ (с учетом передаточного числа трансмиссии).

При отрицательном результате поэлементное диагностирование трансмиссии осуществляется в режиме прокручивания системы «ДВС - трансмиссия» стартером или ДВС на УР. При этом датчики угловой скорости приводятся в контакт с карданным(и) валом (валами). Диагноз осуществляют по значениям коэффициентов неравномерности ($\delta_{\omega 1}, \delta_{\omega 2}$ и $\delta_{\omega 3}$ на рисунке 3) и фазовых сдвигов экстремумов УС в последовательно соединенных сопряжениях трансмиссии, которые сравниваются с номинальными. Считаем, что коэффициенты демпфирования элементов трансмиссии β_1 и β_2 (рис. 3) на холостом ходу её прокрутки от ДВС или стартера близки к нулю.

Суммарный зазор в трансмиссии определяется по разности значений приведенных углов поворота ведущего колеса и коленчатого вала, с учетом передаточного числа трансмиссии.

Диагностирование тормозной системы ведущих колес осуществляется при их вращении от ДВС с линейной скоростью 60 или 90 км/ч (в зависимости от инерционных масс колёс) - путём однократного нормированного по усилию и темпу нажатия на педаль управления рабочим тормозом с помощью автоматического устройства с пневматическим приводом - «пневмоноги». Вращение ведомых колес автомобиля осуществляется от приводного устройства мобильного типа.

В качестве диагностических параметров используются значения времени запаздывания и срабатывания привода тормозной системы; неравномерности замедления и угла поворота каждого из колёс в процессе торможения. Основное преимущество данного способа - отсутствие влияния на результаты диагностирования сил сцепления в контакте шин колёс с опорной поверхностью роликов тормозного стенда или дороги.

Техническое состояние рулевого управления и углов установки управляемых колёс оценивается по значениям неравномерности углов и угловой скорости перемещений рулевого колеса относительно его нейтрального положения при движении автомобиля по прямолинейному участку дороги или при вращении управляемых колёс на роликовом стенде.

Приведенная методология бестормозного диагностирования элементов автомобиля динамическим методом использует непосредственно измеренные мгновенные значения угловой скорости по углу поворота вращающихся частей в нескольких кинематических циклах. Обработка диаграмм угловой скорости по углу поворота коленчатого вала или других вращающихся частей автомобиля и постановка диагноза осуществляется в соответствии с алгоритмом, использующего методы наименьших квадратов, скользящих медиан и спектрального анализа [21].

Для измерения внутрицикловых мгновенных значений угловых скоростей вращающихся деталей ДВС и автомобиля разработано цифровое электронное устройство с датчиком угловых перемещений ВЕ-178А (ЛиР-158Б). Метрологические свойства устройства (абсолютная погрешность менее 0,01 рад/с, дискретность шага измерений $\Delta\varphi < 1^\circ$, отличие скоростного режима ДВС от нормативного его значения в момент измерений по ϖ не более ± 1 рад/с) позволяют определить рассмотренные диагностические параметры в автоматическом режиме с необходимой точностью для оценки технического состояния элементов автомобиля.

Представленная концепция и способы диагностирования систем и механизмов автомобиля динамическим методом, использующих показатели ВНУС деталей, имеющих враща-

тельное или возвратно-поступательное движение, обоснована теоретическими и экспериментальными исследованиями авторами с учетом известных работ в данной области [1, 9, 10, 18]. Её эффективность обеспечивается высокой помехоустойчивостью и информативностью измеряемого параметра - угловой скорости, многофункциональностью использования, оперативностью и малой стоимостью практической реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альт, В.В. Информационное обеспечение экспертизы состояния двигателей [Текст] / В. В. Альт, И. П. Добролюбов, О. Ф. Савченко; под ред. В. В. Альт. - Новосибирск: СибФТИ, 2001. - 223 с.
2. Гребенников, А. С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическим методом [Текст] / А. С. Гребенников. - Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2002. - 196 с.
3. Гребенников, А.С. Математическая модель внутрициклового изменения угловой скорости коленчатого вала дизеля на холостом ходу [Текст] / А.С. Гребенников, С.А. Гребенников, А.В. Никитин // Известия ВолгГТУ. - 2013. - №12(115). - С.42-46.
4. Гребенников, А. С. Развитие методологии диагностирования ДВС по показателям изменения угловой скорости коленчатого вала [Текст]: матер. междунар. научн.-практ. конфер / А.С. Гребенников, С.А. Гребенников, И.Ю. Куверин, А.Б. Попков // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». - 2015. - С. 78-84.
5. Девянин, С.Н. Неравномерность крутящего момента ДВС и тяговые качества мобильной машины [Текст] / С.Н. Девянин, А.А. Савастенко, И.А. Никишин // Автомобильная промышленность. - 2010. - №6. - С. 5-8.
6. Двигатели внутреннего сгорания [Текст]: в 3 кн. - кн. 1. Теория рабочих процессов / Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. - М.: Высшая школа, 2007. - 479 с.
7. Ананьин, А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин [Текст] / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 432 с.
8. Кривцов, С.Н. Динамический метод диагностирования автомобильных дизелей, оснащенных аккумуляторной топливopодающей системой [Текст] / С.Н. Кривцов // Автомобильная промышленность. - 2015. - №9. - С. 26-29.
9. Лянденбургский, В.В. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем [Текст] / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, С.А. Кривобок // Автотранспортное предприятие. - 2012. - № 11. - С. 45-48.
10. Марусин, А. В. Моделирование процессов встроенной системы технической диагностики транспортного средства [Текст] / А. В. Марусин, А. М. Сычев, И. К. Данилов // Вестник Саратовского государственного технического университета. - Саратов: ГТУ. - 2013. - № 71. - С.53-56 .
11. Мороз, С.М. Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств [Текст] / С.М. Мороз. - М.: МАДИ, 2015. - 204 с.
12. Пат. 2 454 643 Российская Федерация. Способ определения мощности механических потерь ДВС [Текст] / Гребенников А.С., Гребенников С.А., Федоров Д.В. - Бюл. №18, 2012.
13. Пат. 2386941 Российская Федерация. Способ определения составляющих суммарного момента механических потерь ДВС [Текст] / Гребенников А.С., Гребенников С.А., Петров М.Г., В.В. Фокин, Косарева А.В. - Бюл. № 11, 2010.
14. Пат. 2458330 Российская Федерация. Способ диагностирования механизма газораспределения двигателя внутреннего сгорания [Текст] / Гребенников А.С., Гребенников С.А., Петров М., Федоров Д.В. - Бюл. № 22, 2012.
15. Родионов, Ю.В. Варианты модулей для реализации бестормозной обкатки дизелей [Текст] / Ю.В. Родионов, Р.Л. Дулатов // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2015. - №2(49). - С.10-17.
16. Румянцев, П.Г. Расчет неравномерности вращения коленчатого вала двигателя с учетом упругости трансмиссии [Текст] / П.Г. Румянцев, Б.Я. Черняк // Двигателестроение. - 1986. - №4. - С. 18-20.
17. Савченко, О.Ф. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей [Текст] / О.Ф. Савченко, И.П. Добролюбов, В.В. Альт, С.Н. Ольшевский. - Новосибирск: ГНУ СибФТИ, 2006. - 272 с.
18. Альт, В.В. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК [Текст] / В.В. Альт, И.П. Добролюбов, О.Ф. Савченко, С.Н. Ольшевский; под ред. В.В.Альта. - Новосибирск: ГНУ СибФТИ, 2013. - 523 с.
19. Тимохин, С.В. Современные технологии обкатки автотракторных двигателей [Текст]: монография / С.В. Тимохин, Ю.В. Родионов. - Пенза: ПГУАС, 2013. - 284 с.
20. Федотов, А.И. Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. образования [Текст] / А.И.Федотов. - М.: Издательский центр «Академия», 2015. - 352 с.

21. Шаповалов, В.В. Применение методов физико-математического моделирования и трибоспектральной идентификации для мониторинга фрикционных механических систем [Текст] / В.В. Шаповалов, А.Л. Озябкин, П.В. Харламов // Вестник машиностроения. - 2009. - №5. - С.49 - 57.

22. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. - Орел: Изд. ОрелГТУ, 2006. - 332 с.

23. Новиков, А.Н. Ремонт деталей из алюминия и его сплавов [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков. - Орел: ОГСХА, 1997. - 57 с.

24. Ломакин, Д.О. Комплексная оценка уровня качества услуг предприятий автосервиса [Текст]: монография / Д.О. Ломакин. - Орел: Госуниверситет-УНПК, 2011. - 84 с.

25. Севрюгина, Н.С. Ресурсная модернизация самоходных машин [Текст] / Н.С. Севрюгина, В.М. Бабин // Строительные и дорожные машины. - 2007. - № 09. - С. 49-52.

Гребенников Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»

E-mail: asg@sstu.ru

Гребенников Сергей Александрович

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Канд. техн. наук, доцент

E-mail: asg@sstu.ru

Куверин Игорь Юрьевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Канд. техн. наук, доцент

E-mail: asg@sstu.ru

A.S. GREBENNIKOV, S.A. GREBENNIKOV, I.Y. KUYERIN

**DYNAMIC METHOD OF DIAGNOSING THE ELEMENTS
OF THE VEHICLE**

Shows the effect of changes in the technical condition of vehicle components, such as: increased clearances due to wear and tear, changes in dissipative mechanical systems, variations in the spatial-orientation of the mating parts to change the values intracyclic angular velocity of the shaft on the corner of his turn in the diagnosis and evaluation of the quality adjustment systems and mechanisms for vehicle and internal combustion engines.

Keywords: wear, vehicle, the internal combustion engine angular velocity unevenness of the shaft instantaneous angular speed, the dynamic method, diagnosis.

BIBLIOGRAPHY

1. Алт, В.В. Информационное обеспечение экспертизы состояния двигателей [Текст] / В. В. Алт, И. П. Добрылюбов, О. Ф. Савченко; под ред. В. В. Алт. - Новосибирск: SibFTI, 2001. - 223 с.

2. Grebennikov, A. S. Diagnostirovanie avtotraktornykh dvigateley dinamicheskim metodom [Текст] / A. S. Grebennikov. - Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t, 2002. - 196 с.

3. Grebennikov, A.S. Matematicheskaya model` vnutritsiklovogo izmeneniya uglovoy skorosti kolenchatogo vala dizelya na kholostom khodu [Текст] / A.S. Grebennikov, S.A. Grebennikov, A.V. Nikitin // Izvestiya VolgGTU. - 2013. - №12(115). - S.42-46.

4. Grebennikov, A. S. Razvitie metodologii diagnostirovaniya DVS po pokazatelyam izmeneniya uglovoy skorosti kolenchatogo vala [Текст]: mater. mezhdunar. nauchn.-prakt. konfer / A.S. Grebennikov, S.A. Grebennikov, I.YU. Kuverin, A.B. Popkov // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Орел: FGBOU VPO «Gosuniversitet-UNPK». - 2015. - S. 78-84.

5. Devyanin, S.N. Neravnomernost` krutyashchego momenta DVS i tyagovye kachestva mobil`noy mashiny [Текст] / S.N. Devyanin, A.A. Savastenko, I.A. Nikishin // Avtomobil`naya promyshlennost`. - 2010. - №6. - S. 5-8.

6. Dvigateli vnutrennego sgoraniya [Текст]: в 3 kn. - kn. 1. Teoriya rabochikh protsessov / Pod red. V.N. Lukanina i M.G. Shatrova. - M.: Vysshaya shkola, 2007. - 479 с.

7. Anan`in, A.D. Diagnostika i tekhnicheskoe obsluzhivanie mashin [Tekst] / A.D. Anan`in, V.M. Mikhlin, I.I. Gabitov i dr. - M.: Izdatel`skiy tsentr «Akademiya», 2008. - 432 s.
8. Krivtsov, S.N. Dinamicheskij metod diagnostirovaniya avtomobil`nykh dizeley, osnashchennykh akkumulyatornoy toplivopoddayushchey sistemoy [Tekst] / S.N. Krivtsov // Avtomobil`naya promyshlennost`. - 2015. - №9. - S. 26-29.
9. Lyandenburskiy, V.V. Vstroennaya sistema diagnostirovaniya avtomobiley s dizel`nym dvigatelem [Tekst] / V.V. Lyandenburskiy, YU.V. Rodionov, S.A. Krivobok // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2012. - № 11. - S. 45-48.
10. Marusin, A. V. Modelirovanie protsessov vstroennoy sistemy tekhnicheskoy diagnostiki transport-nogo sredstva [Tekst] / A. V. Marusin, A. M. Sychev, I. K. Danilov // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Saratov: GTU. - 2013. - № 71. - S.53-56 .
11. Moroz, S.M. Metody obespecheniya rabotosposobnogo tekhnicheskogo sostoyaniya avtotransportnykh sredstv [Tekst] / S.M. Moroz. - M.: MADI, 2015. - 204 s.
12. Pat. 2 454 643 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob opredeleniya moshchnosti mekhanicheskikh poter` DVS [Tekst] / Grebennikov A.S., Grebennikov S.A., Fedorov D.V. - Byul. №18, 2012.
13. Pat. 2386941 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob opredeleniya sostavlyayushchikh summarnogo momenta mekha-nicheskikh poter` DVS [Tekst] / Grebennikov A.S., Grebennikov S.A., Petrov M.G., V.V. Fokin, Kosareva A.V. - Byul. № 11, 2010.
14. Pat. 2458330 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob diagnostirovaniya mekhanizma gazoraspredeleniya dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Tekst] / Grebennikov A.S., Grebennikov S.A., Petrov M., Fedorov D.V. - Byul. № 22, 2012.
15. Rodionov, YU.V. Varianty moduley dlya realizatsii bestormoznoy obkatki dizeley [Tekst] / YU.V. Rodionov, R.L. Dulatov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2015. - №2(49). - S.10-17.
16. Rummyantsev, P.G. Raschet neravnomernosti vrashcheniya kolenchatogo vala dvigatelya s uchetom uprugosti transmissii [Tekst] / P.G. Rummyantsev, B.YA. Chernyak // Dvigatelistroenie. - 1986. - №4. - S. 18-20.
17. Savchenko, O.F. Avtomatizirovannye tekhnologicheskie komplekсы ekspertizy dvigateley [Tekst] / O.F. Savchenko, I.P. Dobrolyubov, V.V. Al't, S.N. Ol'shevskiy. - Novosibirsk: GNU SibFTI, 2006. - 272 s.
18. Al't, V.V. Tekhnicheskoe obespechenie izmeritel`nykh ekspertnykh sistem mashin i mekhanizmov v APK [Tekst] / V.V. Al't, I.P. Dobrolyubov, O.F. Savchenko, S.N. Ol'shevskiy; pod red. V.V.Al'ta. - Novosibirsk: GNU SibFTI, 2013. - 523 s.
19. Timokhin, S.V. Sovremennye tekhnologii obkatki avtotraktornykh dvigateley [Tekst]: monografiya / S.V. Timokhin, YU.V. Rodionov. - Penza: PGUAS, 2013. - 284 s.
20. Fedotov, A.I. Tekhnologiya i organizatsiya diagnostiki pri servisnom soprovozhdenii [Tekst]: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. obrazovaniya [Tekst] / A.I.Fedotov. - M.: Izdatel`skiy tsentr «Akademiya», 2015. - 352 s.
21. Shapovalov, V.V. Primenenie metodov fiziko-matematicheskogo modelirovaniya i tribospektral'noy identifikatsii dlya monitoringa friktsionnykh mekhanicheskikh sistem [Tekst] / V.V. Shapovalov, A.L. Ozyabkin, P.V. Harlamov // Vestnik mashinostroeniya. - 2009. - №5. - S.49 - 57.
22. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej avtomobiley: Ucheb. posobie/A.N. Novikov, M.P. Stratulat, A.L. Sevost'janov. -Orel: Izd. OrelGTU, 2006. -332 s.
23. Novikov A.N. Remont detalej iz al'juminiya i ego splavov. Uchebnoe posobie. Orel: OGSMA, 1997. -57 s.
24. Lomakin D.O. Kompleksnaya ocenka urovnja kachestva uslug predpriyatij avtoservisa./, monografiya. -Orel: Gosuniversitet-UNPK, 2011. -84s.
25. Sevrjugina N.S. Resursnaya modernizatsiya samohodnykh mashin/N. S. Sevrjugina, V.M. Ba-bin//Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. -2007. -№ 09. -S. 49-52.

Grebennikov Alexander Sergeevich

FGBOU VO «Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin»

Address: 410054, Russia, Saratov, ul. Polytechnique, 77

Dr. Sc. , professor of the department «Automobiles and automobile economy»

E-mail: asg@sstu.ru

Grebennikov Sergey Aleksandrovich

FGBOU VO «Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin»

Address: 410054, Russia, Saratov, ul. Polytechnique, 77

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor

E-mail: asg@sstu.ru

Kuverin Igor Yur'evich

FGBOU VO «Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin»

Address: 410054, Russia, Saratov, ul. Polytechnique, 77

Kand. tehn. Science, dotsent

E-mail: asg@sstu.ru

УДК: 620.179.1:658.58

А.В. СЕЛИХОВ, В.В. МИШИН, К.В. ПОДМАСТЕРЬЕВ, Е.В. ПАХОЛКИН

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВУХОПОРНОГО ПОДШИПНИКОВОГО УЗЛА ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА АВТОТРАНСПОРТА

Данная статья посвящена описанию методики диагностирования двухопорного подшипникового узла электрогенератора автотранспорта, содержащего однорядные радиальные подшипники качения.

Ключевые слова: электрогенератор, автомобиль, электрорезистивный, подшипник.

ВВЕДЕНИЕ

В области сервиса и ремонта подвижного автотранспорта всё большее внимание уделяется совершенствованию процедур контроля и диагностирования деталей и узлов. Одним из важных узлов автомобиля является электрогенератор, среди причин отказа которого существенное место занимает износ подшипников. Статистика отказов генераторов вследствие износа подшипников различаясь в различных источниках (от 7 % по данным [1] до 40 % отказов по данным [2]), является весьма существенной. Это указывает на необходимость проведения контроля состояния подшипников электрогенераторов автомобилей в процессе эксплуатации автомобиля, в частности при проведении ремонтных работ. В работах [3, 4] был предложен электрорезистивный метод и средства диагностирования опор электрогенератора автомобиля. Исходя из полученных результатов, а так же, основываясь на данные работ [5, 6], разработана методика диагностирования опор качения электрогенератора автомобиля.

Данная методика распространяется на автомобильные электрогенераторы, подвижная конструкция которых состоит из вала, закрепленного во внутренних кольцах подшипников качения, внешние кольца которых соединены корпусом, и устанавливает для них последовательность операций по экспериментальному определению состояния подшипников и определению дефектного подшипника электрорезистивным методом.

Целью оценки состояния узла является определение без разборки генератора фактического режима смазки в подшипниках, определяющего техническое состояние узла и степень его надежности. Техническое состояние оценивается в динамическом режиме на всём диапазоне частот работы электрогенератора при работе в условиях, имитирующих эксплуатационные.

В основу используемых электрорезистивных методов контроля заложена комплексная оценка технического состояния объекта, работающего при режимах и условиях, имитирующих эксплуатационные, по интегральным характеристикам флуктуирующего электрического сопротивления. Основы данного метода и примеры реализующих его средств измерения диагностических параметров рассмотрены в работах [7-10].

СУЩНОСТЬ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКА

Физическая сущность метода заключается в следующем. Между контактирующими поверхностями в подшипнике во время работы образуется слой смазочного материала, толщина которого зависит от таких условий работы, как радиальная нагрузка, частота вращения, шероховатость поверхностей. При работе подшипника условия контактирования непрерывно изменяются, следствием чего являются флуктуации толщины пленки в зонах трения. В местах, где высота микронеровностей превышает толщину плёнки происходит микроконтакт двух поверхностей - микроконтактирование. Так как смазочный материал обладает высоким удельным электрическим сопротивлением, а при микроконтакте происходит непосредственное взаимодействие поверхностей, то электрическое сопротивление трибосопряжения в этом случае резко уменьшается. Таким образом, анализируя характер изменения электрического

сопротивления подшипника, можно судить о фактическом режиме смазки в зоне трения его деталей.

Режим смазки в зоне трения определяется совместным влиянием ряда факторов, к числу которых относятся: характеристики макрогеометрии деталей, качество рабочих поверхностей (шероховатость), степень их износа; качество и реологические свойства смазочного материала, степень его загрязнения; реальные режимы и условия работы (величина и характер нагружения, частота вращения). При этом, в зависимости от состояния подшипника, в нем может формироваться различный режим смазки - от жидкостного, характеризующегося полным разделением рабочих поверхностей слоем смазочного материала, до граничного, когда смазочной пленки между поверхностями трения практически нет. Наиболее распространенным для подшипников качения является режим смешанной смазки, характеризующийся наличием разделяющей поверхности смазочной пленки, целостность которой периодически разрушается при микроконтактировании.

Ранее проведенные работы показывают, что, независимо от конкретной причины, ухудшение технического состояния подшипника, однозначно, приводит к ухудшению состояния смазки, к переходу от жидкостной смазки к смешанной, к увеличению частоты и длительности микроконтактирований, поэтому информация, получаемая электрорезистивным методом, может эффективно использоваться для контроля состояния подшипников [7-8].

В то же время, ухудшение состояния смазки в зонах трения увеличивает интенсивность практически всех видов изнашивания, поэтому получаемая электрорезистивным методом информация о состоянии подшипника можно эффективно использовать и для прогнозирования технического состояния подшипника. Так, например, ГОСТ 18855-2013 (ISO 281:2007) [11] регламентирует существенное влияние на долговечность подшипника состояния смазки путем введения коэффициента модификации ресурса a_{ISO} , на который умножается номинальный расчетный ресурс. Значение указанного коэффициента может быть как существенно больше единицы при жидкостной смазке, так и существенно ниже единицы при граничной смазке. Использование данного коэффициента обеспечивает возможность определения критерия принятия решения при диагностировании подшипников.

Электрогенератор автомобиля представляет собой двухопорный подшипниковый узел, в котором подшипники механически соединены валом через внутренние кольца и корпусом через наружные кольца. При этом электрически они соединены параллельно, поэтому общее электрическое сопротивление узла будет определять сопротивлениями обоих подшипников. В случае наличия дефектного подшипника с маленьким сопротивлением, сопротивление подшипниковой системы двухопорного узла будет характеризовать практически только состояние дефектного подшипника.

Для контроля технического состояния используется параметр НИВ - \bar{K} (нормированное интегральное время микроконтактирования), значение которого определяется по ниже приведенному выражению путем статистической обработки сигнала флуктуирующего при работе объекта электрического сопротивления

$$\bar{K} = \frac{1}{T_{и}} \sum_{i=1}^{n_T} (t_{Ki} - t_{Hi}), \quad (1)$$

где $T_{и}$ - время измерения параметра;

n_T - число импульсов сопротивления при микроконтактировании за время $T_{и}$;

$t_{H(K)i}$ - время начала (конца) i -го импульса сопротивления.

Будучи, по сути дела, оценкой вероятности микроконтактирования в подшипнике, параметр НИВ является количественной оценкой состояния смазки в зонах трения.

ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Алгоритм диагностирования

Оформленная в виде алгоритма методика диагностирования представлена на рисунке 1.

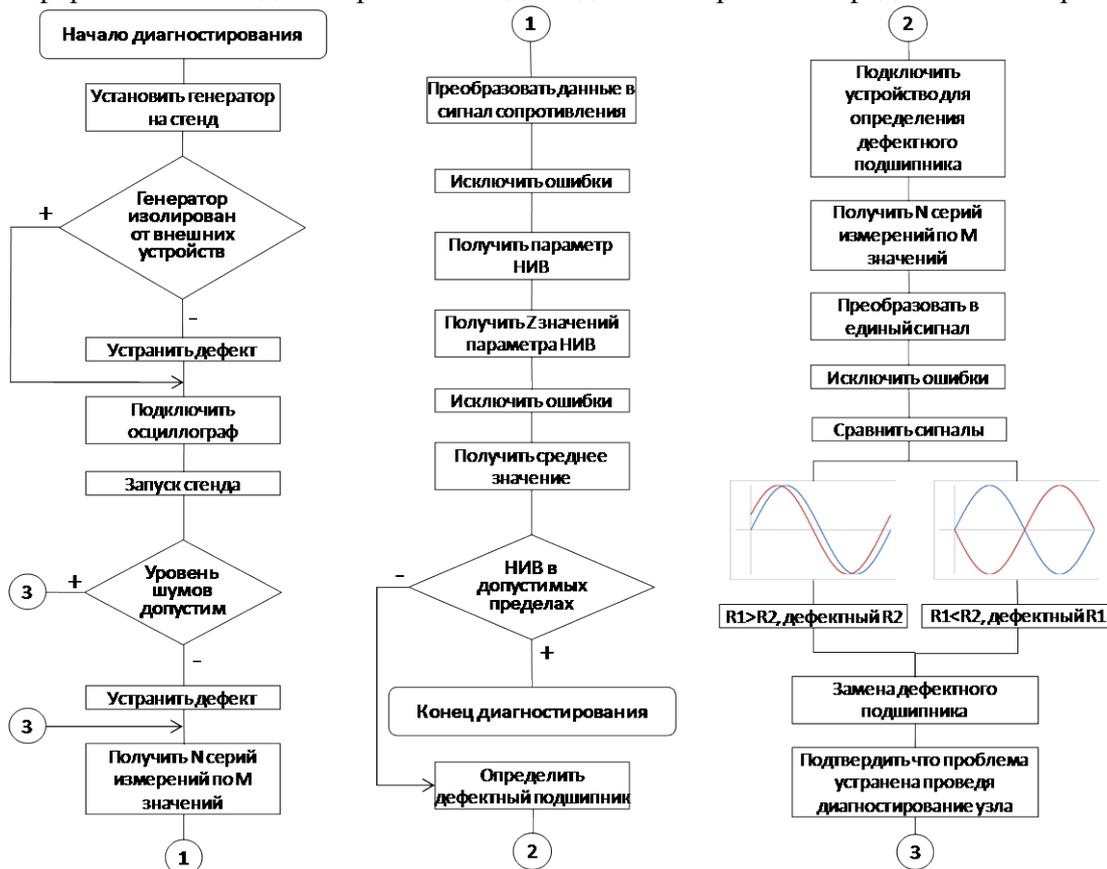


Рисунок 1 - Алгоритм методики диагностирования

Она основывается на проведении серии измерений, устранения ошибочных значений, расчёте диагностического параметра НИВ, сравнении его с пороговым значением, на основании чего делается вывод о техническом состоянии подшипниковой системы генератора. Далее при необходимости проводится определение дефектного подшипника для его последующей замены. При этом к условиям проведения измерительных процедур предъявляется ряд требований, необходимых для обеспечения требуемой точности измерений.

Все операции следует проводить в лабораторных помещениях при нормальных климатических условиях:

- температура 15-35°C;
- относительная влажность не более 80 % при температуре 25°C;
- атмосферное давление 84,0-106,7 (630-800 мм.рт.ст).

Состав контролирующего оборудования: контролирующее оборудование состоит из стенда диагностики (далее стенда) и электронных средств контроля.

Требования к стенду диагностики:

- стенд должен иметь регулируемый привод для вращения вала генератора с заданной частотой, диапазон устанавливаемых частот вращения привода должен перекрывать диапазон эксплуатационных частот работы генератора;
- стенд должен иметь регулируемое устройство нагружения вала электрогенератора, вид нагружения (радиальное, осевое, комбинированное) и диапазон задаваемой нагрузки должны соответствовать видам и диапазонам эксплуатационного нагружения;
- конструкция стенда должна обеспечивать возможность электрического подключения электронных средств контроля к валу и корпусу электрогенератора (должна иметь токосъем-

ные устройства), при этом должна быть обеспечена гальваническая развязка (электрическая изоляция) конструктивных элементов стенда, электрически контактирующих с различными элементами конструкции электрогенератора;

- конструкция стенда должна иметь приспособления для быстрой установки, закрепления и съема контролируемого узла, его нагружения;
- стенд должен обладать универсальностью для обеспечения возможности контроля электрогенераторов различных габаритов, используемых в автомобилестроении.

Требования к электронным средствам контроля:

- значение параметра \bar{K} рекомендуется оценивать измерительным комплексом, включающим в себя измерительное устройство и программное обеспечение, структурная схема устройства и описание принципа его действия приведены в работе [3];
- электронное средство контроля должно осуществлять измерение \bar{K} согласно выражению (1);
- диапазон измерения сопротивления должен быть не менее, чем $10^1 - 10^6$ Ом;
- диапазон измерения \bar{K} должен быть от 0 до 1 при минимальной длительности учитываемых импульсов при микроконтактировании не более 10^{-6} с.

Важным элементом процедуры измерения является оцифровка данных для последующего анализа с помощью ЭВМ. Цифровые осциллографы и платы сбора данных с ограниченным буфером памяти не позволяют вести непрерывные измерения и работают по принципу: когда внутренний буфер данных устройства заполняется, запись останавливается, происходит передача данных в ЭВМ, после окончания передачи данных запись возобновляется. Платы с непрерывной передачей данных либо дороги, либо не обеспечивают необходимую частоту дискретизации, для решения данной проблемы предлагается использование стробоскопической записи сигнала.

Для того, чтобы обеспечить учет влияния различных участков рабочих поверхностей деталей подшипника на значение контролируемого параметра НИВ, требуется провести измерение в течении одного оборота сепаратора при неподвижном наружном кольце, чтобы через зону нагружения прошли все шарики. Полагая, что процесс изменения макрогеометрии контактирующих поверхностей в течение малого промежутка времени является квастационарным, разделив весь путь сепаратора на участки и проводя сканирование каждого нового участка на новом обороте, можно определить общее время измерения:

$$T = \frac{N \cdot (T_u + T_n + \Delta T)}{n}, \quad (2)$$

где T_n - время передачи данных;

ΔT - дополнительное время задержки;

N - число оборотов сепаратора в минуту;

n - число измерений;

T_u - время одного измерения.

Число измерений, необходимое для получения информации о всей поверхности наружного кольца:

$$N = \frac{T_c}{T_u}, \quad (3)$$

где T_c - период одного оборота сепаратора.

Предпочтительным является использование устройств с автономным источником питания для уменьшения влияния помех от питающей сети.

Для реализации методики используется измерительная система, структурная схема которой представлена на рисунке 2. Она представляет собой совокупность средств измере-

ния и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи и оснащенных средствами автоматической обработки измерительной информации.



Рисунок 2 - Структурная схема измерительной системы

Подготовка оборудования осуществляется следующим способом: проводят подготовку стенда к контролю путем установки необходимых оправок и приспособлений для крепления контролируемого электрогенератора требуемого типоразмера и задания требуемого характера нагружения; проводят подготовку электронных средств контроля согласно эксплуатационной документации на эти средства (руководство по эксплуатации, паспорт); осуществляют коммутацию электронных средств контроля со стендом посредством токосъемных устройств стенда.

В ходе получения диагностического сигнала сопротивления и параметра НИВ могут возникнуть значительно отличающиеся от среднего значения детерминированного сигнала единичные значения. В рамках каждой серии экспериментальных данных требуется исключить ошибочные значения. Для этого необходимо провести статистическую обработку серии измерений параметра НИВ, определить статистические оценки - среднее значение \hat{Q}_n и среднее квадратическое отклонение S_Q , а затем проверить наиболее отклоняющийся от среднего значения результат на его ошибочность. Изначально закон распределения полученных экспериментальных данных не известен, поэтому для обнаружения ошибок следует воспользоваться неравенством Чебышева [12]: $P \geq 1 - 1/t^2$. Задавшись вероятностью P , можно найти параметр t , и если сомнительный результат измерения отличается от \hat{Q}_n больше чем на $t \cdot S_Q$, то он признаётся ошибочным.

Определение предельно допустимого значения диагностического параметра:

Для принятия решения о техническом состоянии подшипника при контроле необходимо задать предельно допустимое значение контролируемого параметра K_{don} , превышение которого будет свидетельствовать о неудовлетворительном состоянии и необходимости замены подшипника. Данное значение может быть определено в зависимости от имеющейся априорной информации с использованием различных подходов.

Один из подходов заключается в определении допустимого значения контролируемого параметра на основе эмпирического распределения вероятности значения параметра для партии подшипников. При этом предварительно экспериментально определяют эмпириче-

ское распределение вероятности значения контролируемого параметра для однотипных подшипников в партии с последующим определением его допускаемого значения, соответствующего принятому на предприятии (например, из экономических соображений) допускаемому уровню отбраковки подшипников.

Алгоритм определения значений $K_{дон}$ заключается в следующем:

- формируют партию подшипников, входящих в состав электрогенератора, в количестве n подшипников (с увеличением n возрастает достоверность оценки, рекомендуется задавать $n > 100$);
- проводят оценку контролируемого параметра K для каждого из n контролируемых подшипников в партии;
- ранжируют подшипники в партии по мере ухудшения их технического состояния (возрастания K), строят кумулятивную кривую для вероятности распределения значения контролируемого параметра в партии подшипников $F(\bar{K})$;
- предельно допускаемое значение параметра $K_{дон}$ определяют как значение, которому с принятой доверительной вероятностью соответствует имеющийся на предприятии процентный (вероятностный) уровень отбраковки подшипников $F_{БР}(\bar{K})$.

Пример реализации такого подхода к определению $K_{дон}$ при контроле подшипников тип 208 ГОСТ 8338-75 иллюстрируется рисунком 3 [7]. Зависимость $F_{БР}(\bar{K})$ получена по методике [13] с доверительной вероятностью 0,95 на основе контроля $n = 100$ однотипных подшипников. Для уровня отбраковки подшипников $F_{БР}(\bar{K}) = 0,2$ с доверительной вероятностью 0,95 получен доверительный интервал для допускаемого значения диагностического параметра $K_{дон} \in [10^{-4}; 3 \cdot 10^{-3}]$ при среднем значении $K_{дон} = 10^{-3}$.

Наиболее приемлемым является подход к определению допускаемого значения диагностического параметра, обеспечивающего требуемый уровень надежности подшипников, который заключается в задании требуемого уровня надежности подшипника и в использовании теоретических или эмпирических зависимостей, связывающих значение контролируемого параметра с ожидаемой долговечностью подшипника.

Алгоритм определения значений $K_{дон}$ заключается в следующем:

- из условия требуемого уровня надежности подшипника по справочным данным, например по [7, 8, 11] или ниже приведенным обобщенным значениям, определяют обеспечивающее данный уровень надежности значение параметра смазочной пленки $\lambda_{дон}$, связь которого с долговечностью подшипника широко известна;
- по известным теоретическим зависимостям $\bar{K}(\lambda)$, определяемым по математическим моделям для контрактных подшипников, рассчитывают соответствующие данному $\lambda_{дон}$ допускаемые значения параметров $K_{дон} = \bar{K}(\lambda_{дон})$.

Для выбора значения $\lambda_{дон}$ можно воспользоваться следующими рекомендациями:

- при $\lambda < 0,8 \dots 1$ возникают значительные механические повреждения поверхностей деталей подшипника, преобладает граничная смазка, долговечность ниже расчетной, невозможно обеспечить работу при высоких скоростях (коэффициент модификации ресурса по [11] $a_{ISO} \ll 1$);
- при $1 < \lambda < 1,5$ происходит износ и повреждение поверхностей в виде притирания, поверхностного выкрашивания и отслаивания, в условиях полужидкостной смазки доминирует граничная, долговечность несколько меньше расчетной ($a_{ISO} < 1$);
- при $1,5 < \lambda < 3$ преобладает жидкостная смазка, долговечность равняется или несколько выше расчетной ($a_{ISO} \geq 1$);
- при $3 < \lambda < 4$ происходит почти полное разделение поверхностей смазочной пленкой, долговечность выше расчетной ($a_{ISO} > 1$);
- при $\lambda > 4 \dots 6$ наблюдается устойчивая жидкостная смазка с долговечностью подшип-

ника, как минимум, вдвое превышающей расчетное значение ($a_{ISO} > 2$).

Пример реализации подхода к определению допускаемого значения параметра $K_{доп}$ при контроле подшипников типа тип 208 ГОСТ 8338-75 иллюстрируется рисунком 4 [7], где q - средняя плотность неровностей рабочих поверхностей (параметр шероховатости), а F_r - радиальная нагрузка на подшипник.

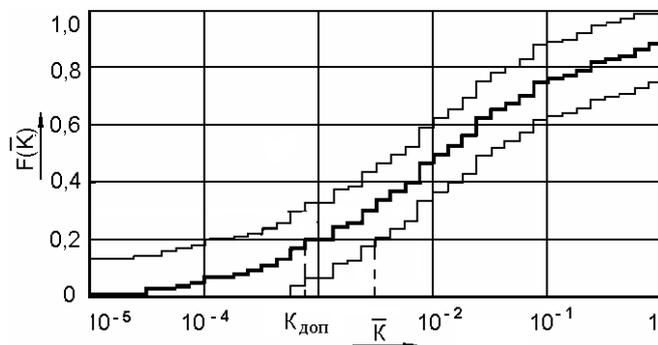


Рисунок 3 - Статистическая функция распределения \bar{K} для подшипников типа тип 208 ГОСТ 8338-75

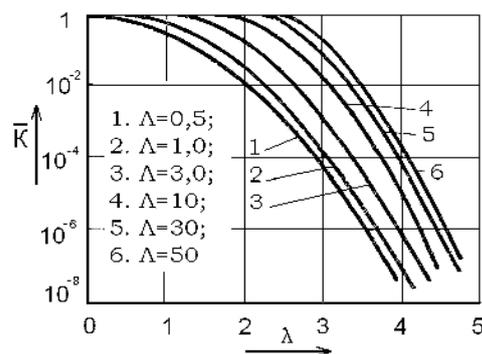


Рисунок 4 - Зависимости $\bar{K}(\lambda)$ для подшипника тип 208 ГОСТ 8338-75 при различных значениях $\Lambda = qF_r^{2/3} \cdot 10^{-9}$

Зависимости $\bar{K}(\lambda)$ получены теоретически на основании обобщенной модели микроконтактирования в подшипнике по методике [7] для различных характеристик шероховатости и режимов работы подшипника и имеют вид:

$$\bar{K} = \left\{ 1 - [0,5 + \Phi(\lambda)]^{9,27qF_r^{2/3} \cdot 10^{-9}} \right\}^2, \quad (4)$$

где Φ - функция Лапласа;

q - приведенная плотность неровностей поверхностей деталей подшипника;

F_r - радиальная нагрузка на подшипник.

Так, например, для обеспечения базового расчетного ресурса подшипников, работающих при радиальной нагрузке $F_r = 100 \text{ Н}$, задаемся $\lambda = 3,0$. Тогда, принимая $q = 10^8 \text{ м}^{-2}$, из (5) получим $K_{доп} = 7 \cdot 10^{-4}$.

Разделение информации о подшипниках объекта контроля с компенсацией ЭДС, генерируемых подшипникам.

Работающий подшипник вследствие трибоэлектрического и термоэлектрического эффектов является естественным генератором электрического сигнала в виде ЭДС. При измерении электрического сопротивления подшипников указанные ЭДС являются помехой, существенно затрудняющей получение полезного сигнала. Для разделения информации о состоянии каждого из подшипников контролируемого генератора по электрическому сопротивлению и определения дефектного подшипника в условиях генерирования подшипниками ЭДС используется устройство, структурная схема которого представлена на рисунке 5.

Устройство диагностирования подшипников качения 1, 2, установленных на валу 4 и в корпусе 3 генератора включает в себя генератор синусоидального напряжения G , первый выход которого соединён с входом усилителя мощности УМ₁, выход которого подключен к корпусу 3 электрогенератора в точке А, второй выход генератора синусоидального напряжения G соединён с входом инвертирующего усилителя, за счёт которого разность фаз между сигналами в точке А и Б будет различна на 180° , выход инвертирующего усилителя ИУ подключен к входу усилителя мощности УМ₂, выход которого подключен к корпусу 3 электрогенератора в точке Б, полосовой фильтр ПФ, вход которого соединён с выходом электрогенератора через токосъемник 5, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), первый вход которого соединён с выходом полосового фильтра ПФ, второй вход соединён с точкой Б.

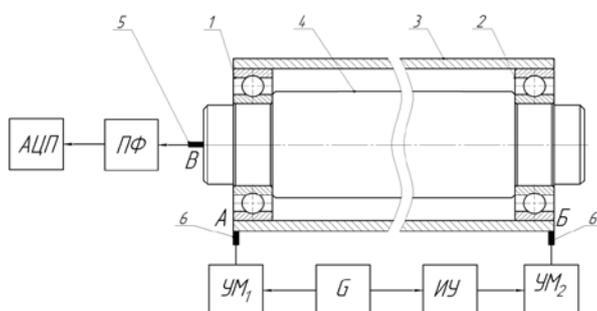


Рисунок 5 - Схема подключения устройства контроля подшипников двухопорного узла генератора:
1, 2 - подшипник качения, 3 - корпус, 4 - вал, 5, 6 - токосъемник

Устройство работает следующим образом. С помощью вала 4 вращают внутренние кольца контролируемых подшипников 1, 2. При воздействии комплекса внутренних параметров подшипников и режимов их эксплуатации в процессе вращения электрическое сопротивление между внутренним и наружным кольцом непрерывно меняется. Выходное напряжение в точке В, без учёта ЭДС, генерируемого в зоне трения, описывается выражением:

$$U_{\text{вых}}(t) = E_1(t) - \frac{(E_1(t) - E_2(t)) \cdot Z_1}{R_1 + Z_1 + Z_2}, \quad (5)$$

где R_1 - сопротивление вала;

Z_1, Z_2 - сопротивления подшипников 1, 2;

$E_1(t), E_2(t)$ - выходное напряжение усилителей мощности.

Когда сопротивление подшипника 1 будет меньше сопротивления подшипника 2, разность фаз сигналов в точке В и точке Б будет составлять 180° , когда сопротивление подшипника 1 будет больше сопротивления подшипника 2, разность фаз сигналов в точке В и точке Б будет составлять 0° . С токосъемника 5 сигнал поступает на вход полосового фильтра ПФ. Так как сигнал трибо- и термо-ЭДС обладает неизвестными амплитудой и частотой, то, настроив полосовой фильтр на частоту несущего сигнала с генератора, можно снизить влияние дополнительных составляющих. С выход полосового фильтра ПФ сигнал поступает на первый вход АЦП, на второй вход которого поступает сигнал, получаемый в точке Б, далее аналоговый сигнал преобразуется в цифровой для дальнейшей передачи, обработки, хранения. Таким образом, обеспечивается возможность определения дефектного подшипника.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика, предназначенная для диагностирования двухопорного подшипникового узла электрогенератора автотранспорта, содержащего однорядные радиальные подшипники качения в условия ремонтно-восстановительных предприятий.

2. Для уменьшения затрат на устройство регистрации сигнала вместо дорогих плат с непрерывной записью сигнала предложено использовать стробоскопическую запись сигнала с помощью устройств, которые реализуют дискретную запись сигнала, но ниже по стоимости.

3. Методы выбора допустимого значения параметра НИВ позволят сформировать различные стратегии по определению технического состояния объекта, в зависимости от предъявляемых к ним требований и условий производства.

4. Используемое диагностическое оборудование повышает эффективность диагностирования за счёт уменьшения влияния ЭДС в зоне трения на результат измерения и возможности выделения дефектного подшипника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузаков, А.В. Обоснование диагностических параметров автомобильных генераторных установок [Текст] / А.В. Пузаков // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2014. - №10. - С. 158-163.

2. J. W. Choi, «Analysis of Electrical Signatures in Synchronous Generators Characterized by Bearing Faults» M. S. Thesis, Mechanical Engineering, Texas A&M University. CollegeStation, Texas, August 2006.
3. Селихов, А.В. Метод и средства диагностирования электрогенератора автомобиля по параметрам электрического сопротивления смазочного слоя [Текст] / А.В. Селихов // Мир транспорта и технологических машин. - №3. - 2015. - С. 34-45.
4. Селихов, А.В. Метод диагностирования двухопорных узлов трения автотранспорта [Текст] / А.В. Селихов // Информационные технологии и инновации на транспорте: сб. науч. тр. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2015. - С. 308-314.
5. Пахолкин, Е.В. Методические аспекты исследования несущей способности смазочного слоя крупногабаритных опор жидкостного трения [Текст] / Е.В. Пахолкин, В.В. Мишин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - № 1. - 2009. - С. 113-120.
6. Пахолкин, Е.В. Интеллектуализация электрических методов трибомониторинга [Текст] / Е.В. Пахолкин, К.В. Подмастерьев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - № 5. - 2012. - С. 119-124.
7. Подмастерьев, К.В. Электропараметрические методы комплексного диагностирования опор качения [Текст] / К.В. Подмастерьев. - М.: Машиностроение-1, 2001. - 376 с.
8. Неразрушающий контроль [Текст]: справочник в 8 томах / В.П. Вавилов, К.В. Подмастерьев, Ф.Р. Соснин и др.; под общей редакцией В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 2006. - Том 5. - Книга 1. Тепловой контроль. - Книга 2. Электрический контроль. - 2-е изд., испр.
9. Пахолкин, Е.В. Приборы для трибомониторинга [Текст] / Е.В. Пахолкин, К.В. Подмастерьев // Датчики и системы. - 2008. - № 3. - С. 16-19.
10. Подмастерьев, К.В. Электрический метод и средства поиска локальных дефектов опор качения [Текст] / К.В. Подмастерьев, Е.В. Пахолкин // Дефектоскопия. - 1998. - № 8. - С. 59-67.
11. ГОСТ 18855-2013 (ISO 281: 2007). Подшипники качения. Динамическая грузоподъемность и номинальный ресурс. - М.: Стандартинформ, 2014. - 50 с.
12. Шишкин, И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений [Текст]: учебник для вузов / И.Ф. Шишкин. - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Питер, 2010. - 192 с.: ил.
13. Пугачев, В.С. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В.С. Пугачев. - М.: Наука, 1979. - 496 с.
14. Тебекин, М.Д. Проблемы эксплуатации шаровых опор легковых автомобилей [Текст] / М.Д. Тебекин, А.А. Катунин, А.Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - №3(30). - С.42-45.
15. Тебекин, М.Д. Современные способы стендовых испытаний шаровых шарниров [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 4. - С. 26.
16. Новиков, А.Н. Ремонт деталей из алюминия и его сплавов [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков. - Орел: ОГСХА, 1997. - 57 с.
17. Севрюгина, Н.С. Совершенствование методов управления надёжностью строительных и дорожных машин путём мониторинга моторных масел [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук. - Орёл, 2004 - 210 с.

Селихов Алексей Владимирович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, д.29
Научный сотрудник НОЦ «ДИАТРАНСПРИБОР»

Мишин Владислав Владимирович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, д.29
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», зав. каф. «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
E-mail: vlad89290@gmail.com

Подмастерьев Константин Валентинович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, д.29
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Приборостроение, метрология и сертификация»
E-mail: asms-orel@mail.ru

Пахолкин Евгений Васильевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, д.29
Канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
E-mail: eugene_p@bk.ru

A. V. SELIHOV, V. V. MISHIN, K. V. PODMASTEREV, E. V. PAKHOLKIN

**PROCEDURE OF DIAGNOSIS DOUBLE BEARING ASSEMBLY OF
AUTOMOBILE TRANSPORT ELECTRIC GENERATOR**

This article is devoted to the description of procedure diagnosis double bearing assembly of automobile transport electric generator, with contains Single-row radial ball bearings.

Key words: electric generator, car, electric resistance, ball bearings.

BIBLIOGRAPHY

1. Puzakov, A.V. Obosnovanie diagnosticheskikh parametrov avtomobil'nykh generatornykh ustanovok [Tekst] / A.V. Puzakov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2014. - №10. - S. 158-163.
2. J. W. Choi, «Analysis of Electrical Signatures in Synchronous Generators Characterized by Bearing Faults,» M. S. Thesis, Mechanical Engineering, Texas A&M University. CollegeStation, Texas, August 2006.
3. Selikhov, A.V. Metod i sredstva diagnostirovaniya elektrogeneratora avtomobilya po parametram elektricheskogo soprotivleniya smazochnogo sloya [Tekst] / A.V. Selikhov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3. - 2015. - S. 34-45.
4. Selikhov, A.V. Metod diagnostirovaniya dvukhopornykh uzlov treniya avtotransporta [Tekst] / A.V. Selikhov // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: sb. nauch. tr. - Orel: FGBOU VPO «Gosuni-versitet - UNPK», 2015. - S. 308-314.
5. Pakholkin, E.V. Metodicheskie aspekty issledovaniya nesushchey sposobnosti smazochnogo sloya krupnogabaritnykh opor zhidkostnogo treniya [Tekst] / E.V. Pakholkin, V.V. Mishin // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - № 1. - 2009. - S. 113-120.
6. Pakholkin, E.V. Intellectualizatsiya elektricheskikh metodov tribomonitoringa [Tekst] / E.V. Pakholkin, K.V. Podmaster'ev // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - № 5. - 2012. - S. 119-124.
7. Podmaster'ev, K.V. Elektroparametricheskie metody kompleksnogo diagnostirovaniya opor kacheniya [Tekst] / K.V. Podmaster'ev. - M.: Mashinostroenie-1, 2001. - 376 s.
8. Nerazruchayushchiy kontrol' [Tekst]: spravochnik v 8 tomakh / V.P. Vavilov, K.V. Podmaster'ev, F.R. Sosnin i dr.; pod obschey redaktsiyey V.V. Klyueva. - M.: Mashinostroenie, 2006. - Tom 5. - Kniga 1. Teplovoy kontrol'. - Kniga 2. Elektricheskyy kontrol'. - 2-e izd., ispr.
9. Pakholkin, E.V. Pribory dlya tribomonitoringa [Tekst] / E.V. Pakholkin, K.V. Podmaster'ev // Datchiki i sistemy. - 2008. - № 3. - S. 16-19.
10. Podmaster'ev, K.V. Elektricheskyy metod i sredstva poiskka lokal'nykh defektov oror kacheniya [Tekst] / K.V. Podmaster'ev, E.V. Pakholkin // Defektoskopiya. - 1998. - № 8. - S. 59-67.
11. GOST 18855-2013 (ISO 281: 2007). Podshipniki kacheniya. Dinamicheskaya gruzopod'emnost' i nominal'nyy resurs. - M.: Standartinform, 2014. - 50 s.
12. Shishkin, I.F. Teoreticheskaya metrologiya. Chast' 1. Obshchaya teoriya izmereniy [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / I.F. Shishkin. - 4-e izd., pererab. i dop. - SPB.: Piter, 2010. - 192 s.: il.
13. Pugachev, V.S. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Tekst] / V.S. Pugachev. - M.: Nauka, 1979. - 496 s.
14. Tebekin, M.D. Problemy jekspluatatsii sharovykh opor legkovykh avtomobilej/M.D. Tebekin, A.A. Katunin, A.N. Novikov//Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.-2010. -№3(30). -S.42-45.
15. Tebekin, M.D. Sovremennye sposoby stendovykh ispytaniy sharovykh sharnirov/Novikov A.N., Katunin A.A., Tebekin M.D.//Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2010. № 4. S. 26.
16. Novikov A.N. Remont detalej iz aljuminija i ego splavov. Uchebnoe posobie. Orel: OGSHA, 1997. -57 s.
17. Sevrjugina, N.S. Sovershenstvovanie metodov upravleniya nadjozhnost'ju stroitel'nyh i dorozhnyh mashin putjom monitoringa motornykh masel: Diss. kand. tehn. nauk -Orjol, 2004 -210 s.

Selikhov Aleksey Vladimirovich

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302020, Russia, g. Orel, Naugorskoe highway d.29

Scientific researcher of Scientific and Educational Center «Diatranspribor»

Mishin Vladislav Vladimirovich

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe highway d.29

Cand. tech. sci., associate professor of «Instrument making, metrology and certification», head of «Electronics, computer technology and information security»

E-mail: vlad89290@gmail.com

Podmasterov Konstantin Valentinovich

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302020, Russia, g. Orel, Naugorskoe highway d.29

Dr.Sci.Tech, professor, head of «Instrument making, metrology and certification»

E-mail: asms-orel@mail.ru

Pakholkin Evgeniy Vasilyevich

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302020, Russia, g. Orel, Naugorskoe highway d.29

Cand.tech.sci., associate professor, professor of «Instrument making, metrology and certification»

E-mail: eugene_p@bk.ru

УДК 621.375.4

В.И. САРБАЕВ, Ю.В. ГАРМАШ, С.Г. ВОЛКОВ

СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ, ОСНОВАННЫЕ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

В статье представлены результаты исследований и разработок авторов в области организации энергообеспечения систем освещения и сигнализации автомобилей на основе использования микроконтроллеров. Проведен анализ контроллеров, используемых для различных электрических установок и электронных устройств. Использование микроконтроллеров в системе энергообеспечения освещения и сигнализации позволяет повысить срок службы ламп накаливания, применяемых в автомобильной технике.

Ключевые слова: система сигнализации и освещения автомобиля, лампа накаливания, микроконтроллер, плавный пуск, широтно-импульсная модуляция.

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Известна зависимость срока службы автомобильных ламп накаливания от напряжения бортовой сети автотранспортного средства. По данным, приведенным в литературе [1,2], следует, что при разбросе напряжения бортовой сети в диапазоне от 11,5 -15,5 V, очень сильно меняется срок службы ламп накаливания.

С целью увеличения срока службы ламп накаливания возможно использовать стабилизатор тока, однако, намного лучшие результаты можно получить, если применить систему плавного пуска ламп накаливания. Предлагается подобное устройство, реализующее данный подход к решению проблемы, выполненное на микроконтроллере.

Термин контроллер [3-5] образовался от английского слова «tocontrol» - управлять. Эти устройства могут основываться на различных принципах работы - от механических или оптических устройств до электронных аналоговых или цифровых устройств [3-8]. Механические устройства управления обладают низкой надежностью и высокой стоимостью по сравнению с электронными блоками управления, поэтому в дальнейшем мы такие устройства рассматривать не будем. Электронные аналоговые устройства требуют постоянной регулировки в процессе эксплуатации, что увеличивает стоимость их эксплуатации. Поэтому такие устройства к настоящему времени почти не используются. Наиболее распространенными на сегодняшний день схемами управления являются схемы, построенные на основе цифровых микросхем.

В зависимости от стоимости и габаритов устройства, которым требуется управлять, определяются и требования к контроллеру. Если объект управления занимает десятки метров по площади, как, например, автоматические телефонные станции, базовые станции сотовых систем связи или радиорелейные линии связи, то в качестве контроллеров можно использовать универсальные компьютеры. Управление при этом можно осуществлять через встроенные порты компьютера [5-15] (LPT, COM, USB или ETHERNET). В такие компьютеры при включении питания заносится управляющая программа, которая и превращает универсальный компьютер в контроллер.

Если же к контроллеру предъявляются особенные требования, такие, как работа в условиях тряски, расширенном диапазоне температур, воздействия агрессивных сред, то приходится использовать промышленные варианты универсальных компьютеров. Естественно, что эти компьютеры значительно дороже обычных универсальных компьютеров, но всё равно они позволяют экономить время разработки системы, за счёт того, что не нужно вести разработку аппаратуры контроллера [5-15].

Контроллеры требуются не только для больших систем, но и для малогабаритных устройств, таких, как радиоприёмники, радиостанции, магнитофоны или сотовые аппараты. В таких устройствах к контроллерам предъявляются жёсткие требования по стоимости, габаритам и температурному диапазону работы. Этим требованиям не могут удовлетворить даже

промышленные варианты универсального компьютера. Приходится вести разработку контроллеров на основе однокристальных ЭВМ, которые, в свою очередь, получили название микроконтроллеров.

Микроконтроллер (англ. *MicroControllerUnit, MCU*) - микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) и (или) ПЗУ (постоянное запоминающее устройство). По сути, это однокристальный компьютер, способный выполнять относительно простые задачи.

При выборе оптимального микроконтроллера необходимо использовать следующие критерии:

- 1) выбор архитектуры: Гарвард, Фон Нейман, MCP 430, ARM,
- 2) битность: 8 бит, 16 бит, 32 бит,
- 3) производительность: PIC - 4T/op, 8051 - 12T/op, AVR - 1T/op,
- 4) периферия: АЦП, GPIO, таймер, UART,
- 5) стоимость,
- 6) память ОЗУ, ПЗУ,
- 7) уровень логической единицы: 5V, 3.3V.

При проектировании микроконтроллеров приходится соблюдать баланс между размерами и стоимостью с одной стороны и гибкостью, и производительностью, с другой. Для разных приложений оптимальное соотношение этих и других параметров может различаться очень сильно. Поэтому существует огромное количество типов микроконтроллеров, отличающихся архитектурой процессорного модуля, размером и типом встроенной памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса и т. д. В отличие от обычных компьютерных микропроцессоров, в микроконтроллерах часто используется гарвардская архитектура памяти, то есть раздельное хранение данных и команд в ОЗУ и ПЗУ соответственно.

Кроме ОЗУ, микроконтроллер может иметь встроенную энергонезависимую память для хранения программы и данных. Во многих контроллерах вообще нет шин для подключения внешней памяти. Наиболее дешёвые типы памяти допускают лишь однократную запись. Такие устройства подходят для массового производства в тех случаях, когда программа контроллера не будет обновляться. Другие модификации контроллеров обладают возможностью многократной перезаписи энергонезависимой памяти.

Неполный список периферии, которая может присутствовать в микроконтроллерах, включает в себя:

- универсальные цифровые порты, которые можно настраивать как на ввод, так и на вывод;
- различные интерфейсы ввода-вывода, такие как UART, PC, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet;
- аналого - цифровые, цифро - аналоговые преобразователи;
- компараторы;
- широтно-импульсные модуляторы;
- таймеры;
- контроллеры бесколлекторных двигателей;
- контроллеры дисплеев и клавиатур;
- радиочастотные приемники и передатчики;
- массивы встроенной флэш-памяти;
- встроенный тактовый генератор и сторожевой таймер;

Ограничения по цене и энергопотреблению сдерживают также рост тактовой частоты контроллеров. Хотя производители стремятся обеспечить работу своих изделий на высоких частотах, они, в то же время, предоставляют заказчикам выбор, выпуская модификации, рас-

считанные на разные частоты и напряжения питания. Во многих моделях микроконтроллеров используется статическая память для ОЗУ и внутренних регистров. Это даёт контроллеру возможность работать на меньших частотах и даже не терять данные при полной остановке тактового генератора. Часто предусмотрены различные режимы энергосбережения, в которых отключается часть периферийных устройств и вычислительный модуль.

Использование в современном микроконтроллере достаточного мощного вычислительного устройства с широкими возможностями, построенного на одной микросхеме вместо целого набора, значительно снижает размеры, энергопотребление и стоимость построенных на его базе устройств. Используются в управлении различными устройствами и их отдельными блоками:

- электронике и разнообразных устройствах бытовой и автомобильной техники, в которой используются электронные системы управления
- стиральных машинах, микроволновых печах, посудомоечных машинах, телефонах и современных приборах, различных роботах, автомобилях, системах «умный дом» и др.

В то время как 8-разрядные процессоры общего назначения полностью вытеснены более производительными моделями, 8-разрядные микроконтроллеры продолжают широко использоваться. Это объясняется тем, что существует большое количество применений, в которых не требуется высокая производительность, но важна низкая стоимость. В то же время, есть микроконтроллеры, обладающие большими вычислительными возможностями, например, цифровые сигнальные процессоры, применяющиеся для обработки большого потока данных в реальном времени (например, аудио-, видеопотоков).

Программирование микроконтроллеров обычно осуществляется на языке ассемблера или Си, хотя существуют компиляторы для других языков, например, Фортан Бейсика. Используются также встроенные интерпретаторы Бейсика.

Для отладки программ используются программные симуляторы (специальные программы для персональных компьютеров, имитирующие работу микроконтроллера), внутрисхемные эмуляторы (электронные устройства, имитирующие микроконтроллер, которые можно подключить вместо него к разрабатываемому встроенному устройству) и интерфейс JTAG.

ЦЕЛЬЮ РАБОТЫ ЯВЛЯЕТСЯ разработка устройства управления лампами накаливания с применением микроконтроллера.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Как известно, лампы накаливания в большинстве случаев перегорают в момент включения. Это происходит потому, что в холодном состоянии нить накаливания имеет на порядок меньшее сопротивление, чем горячая нить. По этой причине в момент пуска ток через лампу в десятки раз превышает номинальный. Т.е. рабочий ток лампы (12V 55W) лампы 4.6А, а в момент пуска через лампу протекает ток до 40-50А. Это длится всего лишь сотые доли секунды, но бывает достаточно, чтобы лампа вышла из строя, да и систематические «тренировки» такого рода на пользу здоровью лампы не идут. Для продления ресурса ламп в промышленных условиях применяют системы плавного пуска. Один из примеров подобного устройства рассмотрен ниже.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной статье предлагается устройство, представляющее собой одновременно как лабораторный стенд, предназначенный для исследования системы освещения и сигнализации АТС, так и саму систему освещения и сигнализации АТС, построенное на микроконтроллере (МК), и работающее по следующим принципам:

- 1) МК измеряет напряжение питания ($U_{пит}$) и регулирует его по заданному алгоритму;
- 2) МК имеет встроенные алгоритмы;
- 3) МК контролирует ток при включении лампы накаливания, плавно увеличивая его от 0,5 А до номинального в течение заданного интервала времени порядка 3 с.;

- 4) МК подсчитывает количество включений ламп;
- 5) МК измеряет температуру окружающей среды и корректирует напряжение питания;
- 6) МК принимает команды;
- 7) МК сообщает результаты;
- 8) Схема установки, удовлетворяющей принципам, изложенным выше, представлена на рисунке 1.

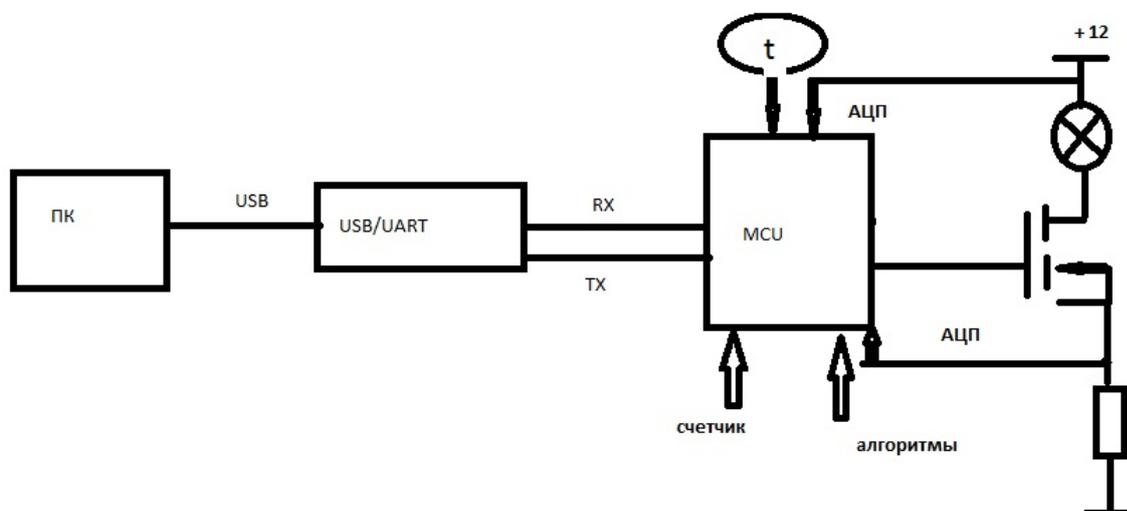


Рисунок 1 - Функциональная электрическая схема плавного пуска лампы накаливания

Программа, зашитая на микроконтроллере, позволяет реализовать ряд полезных задач, которые решаются в системе освещения и сигнализации автомобиля. А именно - мы с помощью компьютера и данного устройства сможем оценить необходимые нам параметры, выставить оптимальные режимы и частоты, оптимизировать работу данной системы. Так, с целью оценки надежности работы ламп накаливания, предусмотрена возможность подсчета количества срабатываний до момента выхода лампы из строя.

На рисунке 2 показано устройство UART, осуществляющее связь микропроцессора с персональным компьютером.



Рисунок 2 - Устройство USB UART

Отметим, что в качестве мощного силового ключа, которым управляет микроконтроллер, используется полевой транзистор типа IRF 3205 с каналом n-типа (сопротивление канала около 7 мОм), что обеспечивает минимальное рассеивание активной мощности на транзисторе и позволяет использовать его без охлаждающего радиатора при условии управления ШИМ-сигналом (рис. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроконтроллер сочетает в себе набор алгоритмов, который позволяет не использовать ряд дополнительных устройств, например счетчик. Также достоинствами данного устройства является его низкая цена и несложная элементная база и небольшие вес и размеры.

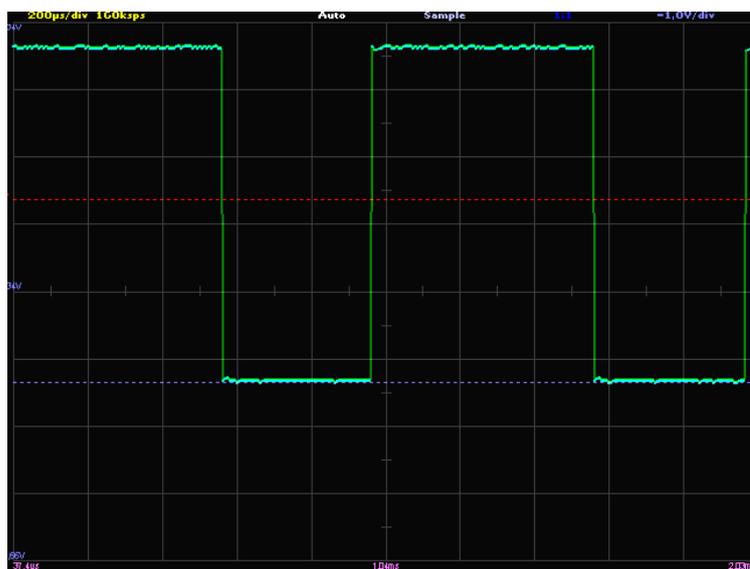


Рисунок 3 - Широтно-импульсный сигнал управления

Также следует отметить, что данное устройство выполнено на современной элементной базе и полностью автоматизированное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сарбаев, В.И. Импульсные преобразователи энергии в системе электроснабжения автомобиля [Текст] / В.И. Сарбаев, Ю.В. Гармаш, С.Г. Волков // Электроника и электрооборудование транспорта. - 2014. - № 3. - С. 2-5.
2. Сарбаев, В.И. Исследование ламп накаливания в системе освещения и сигнализации автомобиля [Текст] / В.И. Сарбаев, Ю.В. Гармаш, С.Г. Волков // Автотранспортное Предприятие. - № 8. - 2014, С. 46-48.
3. Бродин, В.Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики [Текст] / В.Б. Бродин, А.В. Калинин // М.: ЭКОМ. - 2002. - ISBN 5-7163-0089-8.
4. Рабаи, Ж.М. Цифровые интегральные схемы [Текст] / Ж.М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николитч. - Методология проектирования = Digital Integrated Circuits. - М.: Вильямс. - 2-е изд., 2007. - ISBN 0-13-090996-3.
5. Микушин, А. Занимательно о микроконтроллерах [Текст] / А. Микушин. - М.: БХВ-Петербург, 2006. - ISBN 5-94157-571-8.
6. Новиков, Ю.В. Основы микропроцессорной техники [Текст] / Ю.В. Новиков, П.К. Скоробогатов. - Курс лекций. - М.: Интернет-университет информационных технологий, 2003. - ISBN 5-7163-0089-8.
7. Фрунзе, А. В. Микроконтроллеры? Это же просто! [Текст] / А.В. Фрунзе. - М.: ООО «ИД СКИМЕН», 2002. - Т.1. - ISBN 5-94929-002-Х.
8. Фрунзе, А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! [Текст] / А.В. Фрунзе. - М.: ООО «ИД СКИМЕН», 2002. - Т. 2. - ISBN 5-94929-003-8.
9. Фрунзе, А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! [Текст] / А.В. Фрунзе. - М.: ООО «ИД СКИМЕН», 2003. - Т.3. - ISBN 5-94929-003-7.
10. Васильев, А.Е. Микроконтроллеры: разработка встраиваемых приложений [Текст] / А.Е. Васильев. - изд. «БХВ-Петербург», 2008.
11. Renesas Electronics based on Gartner data. Microcontrollers to enable Smart World [Text] / Renesas, Gartner, Chart created by Renesas // (Semiconductor Applications Worldwide Annual Market Share: Database)(25 March 2010). Архивировано из первоисточника 5 февраля 2012.
12. Шахнов, В.А. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем [Текст] / В.А. Шахнов; под редакцией В.А. Шахнова. - М.: Радио и связь, 1988. - Т.2.
13. Домрачев, В.Г. Одноплатные микроЭВМ. Микропроцессорные БИС и их применение [Текст] / В.Г. Домрачев; под редакцией В.Г. Домрачева. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - С. 128. - ISBN 5-283-01489-4.
14. Малиновский, Б.Н. Справочник по персональным ЭВМ. Глава 2. Элементная база отечественных персональных ЭВМ [Текст] / Б.Н. Малиновский; под редакцией чл.-корр. АН УССР Б. Н. Малиновского // Справочник по персональным ЭВМ. - К.: Техника. - 1990. - С. 384. - ISBN 5-335-00168-2.
15. Молчанов, А.А. Справочник по микропроцессорным устройствам [Текст] / А.А. Молчанов, В.И. Корнейчук, В.П. Тарасенко и др. // К.: Техника. - 1987. - С. 288.

16. Пат. 2119420 Российская Федерация, С1. Способ восстановления и упрочнения изношенных деталей из алюминия и его сплавов [Текст] / 27.09.98.

17. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. - Орел: Изд. ОрелГТУ, 2006. - 332 с.

18. Новиков, А.Н. Окраска автомобилей при ремонте [Текст]: монография / А.Н. Новиков, А.С. Бодров. - Орел: ОрелГТУ, 2008. - 127 с.

19. Новиков, А.Н. Модульная технология как средство повышения качества обучения в вузе [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Стандарты и мониторинг в образовании. - 2001. - №2. - С.39-42.

Сарбаев Владимир Иванович

ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б.Семёновская, д. 38

Д-р техн. наук, профессор, почетный работник транспорта РФ, профессор кафедры «Эксплуатация транспортных и транспортно-технологических средств»

E-mail: visarbaev@gmail.com

Гармаш Юрий Владимирович

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт) имени генерала армии В.Ф. Маргелова

Адрес: 390007, Россия, г. Рязань, пл. Маргелова, д. 1

Канд. техн. наук, профессор кафедры «Математические и естественно научные дисциплины»

E-mail: yury.garmasch@yandex.ru

Волков Сергей Геннадьевич

Современный технический институт

Адрес: 390048, Россия, г. Рязань, ул. Новоселов, д. 35А

Аспирант

E-mail: vserg1989@mail.ru

V.I. SARBAEV, Y.V. GARMASH, S.G. VOLKOV

PREPARING SYSTEM OF THE ILLUMINATION AND ALARM ATS WITH MICRO CONTROLLER UNIT

Results of researches and development of authors in the field of the organization of power supply of systems of lighting and the alarm system of cars on the basis of use of microcontrollers are presented in article. The analysis of the controllers used for various electrical units and electronic devices is carried out. Use of microcontrollers in system of power supply of lighting and the alarm system allows to raise service life of the glow lamps used in automotive vehicles.

Keywords: *incandescent bulb, system of the illumination and alarm ATS, fluent starting, current and power of the incandescent bulb.*

BIBLIOGRAPHY

1. Sarbaev, V.I. Impul'snye preobrazovateli energii v sisteme elektrooborudovaniya avtomobilya [Tekst] / V.I. Sarbaev, YU.V. Garmash, S.G. Volkov //Elektronika i elektrooborudovanie transporta. - 2014. - № 3. - S. 2-5.

2. Sarbaev, V.I. Issledovanie lamp nakalivaniya v sisteme osveshcheniya i signalizatsii avtomobilya [Tekst] / V.I. Sarbaev, YU.V. Garmash, S.G. Volkov // Avtotransportnoe Predpriyatie. - № 8. -2014, S. 46-48.

3. Brodin, V.B. Sistemy na mikrokontrollerakh i BIS programmiruemy logiki [Tekst] / V.B. Brodin, A.V. Kalinin // М.: ЕКОМ. - 2002. - ISBN 5-7163-0089-8.

4. Rabai, ZH.M. Tsifrovye integral'nye skhemy [Tekst] / ZH.M. Rabai, Ananta Chandrakasan, Borivozh Nikolich. - Metodologiya proektirovaniya = DigitalIntegratedCircuits. - М.:Vil'yams. - 2-e izd., 2007. - ISBN 0-13-090996-3.

5. Mikushin, A. Zanimatel'no o mikrokontrollerakh [Tekst] / A. Mikushin. - М.: BHV-Peterburg, 2006. - ISBN 5-94157-571-8.

6. Novikov, YU.V. Osnovy mikroprotssornoy tekhniki [Tekst] / YU.V.Novikov, P.K. Skorobogatov. - Kurs lektsiy. - M.: Internet-universitet informatsionnykh tekhnologiy, 2003. - ISBN 5-7163-0089-8.
7. Frunze, A. V. Mikrokontrollery? Eto zhe prosto! [Tekst] / A.V. Frunze. - M.: ООО «ID SKIMEN», 2002. - T.1. - ISBN 5-94929-002-X.
8. Frunze, A.V. Mikrokontrollery? Eto zhe prosto! [Tekst] / A.V. Frunze. - M.: ООО «ID SKIMEN», 2002. - T. 2. - ISBN 5-94929-003-8.
9. Frunze, A.V. Mikrokontrollery? Eto zhe prosto! [Tekst] / A.V. Frunze. - M.: ООО «ID SKIMEN», 2003. - T.3. - ISBN 5-94929-003-7.
10. Vasil'ev, A.E. Mikrokontrollery: razrabotka vstraivaemykh prilozheniy [Tekst] / A.E. Vasil'ev. - izd. «BHV-Peterburg», 2008.
11. Renesas Electronics based on Gartner data. Microcontrollers to enable Smart World [Text] / Renesas, Gartner, Chart created by Renesas // (Semiconductor Applications Worldwide Annual Market Share: Database)(25 March 2010). Arkhivirovano iz pervoistochnika 5 fevralya 2012.
12. Shakhnov, V.A. Mikroprotssory i mikroprotssornye komplekty integral'nykh mikroskhem [Tekst] / V.A. Shakhnov; pod redaktsiyey V.A. Shakhnova. - M.: Radio i svyaz', 1988. - T.2.
13. Domrachev, V.G. Odnoplatnye mikroEVM. Mikroprotssornye BIS i ikh primeneniye [Tekst] / V.G. Domrachev; pod. redaktsiyey V.G. Domracheva. - M.: Energoatomizdat, 1988. - S. 128. - ISBN 5-283-01489-4.
14. Malinovskiy, B.N. Spravochnik po personal'nykh EVM. Glava 2. Elementnaya baza otechestvennykh personal'nykh EVM [Tekst] / B.N. Malinovskiy; pod. redaktsiyey chl.-korr. AN USSR B. N. Malinovskogo // Spravochnik po personal'nykh EVM. - K.: Tekhnika. - 1990. - S. 384. - ISBN 5-335-00168-2.
15. Molchanov, A.A. Spravochnik po mikroprotssornym ustroystvam [Tekst] / A.A. Molchanov, V.I. Korneychuk, V.P. Tarasenko i dr. // K.: Tekhnika. - 1987. - S. 288.
16. Patent RU 2119420 C1, 27.09.1998. Sposob vosstanovleniya i uprochneniya iznoshennykh detalej iz al'iuminija i ego splavov.
17. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej avtomobilej: Ucheb. posobie/A.N. Novikov, M.P. Stratulat, A.L. Sevost'janov. -Orel: Izd. OrelGTU, 2006. -332 s.
18. Novikov, A.N. Okraska avtomobilej pri remonte: monografija/A.N. Novikov, A.S. Bodrov. -Orel: OrelGTU, 2008. -127s.
19. Novikov, A.N. Modul'naja tehnologiya kak sredstvo povysheniya kachestva obucheniya v vuze [Tekst]/A.N. Novikov, G.V. Bukalova.//Standarty i monitoring v obrazovanii. -2001. -№2. -S.39-42.

Sarbaev Vladimir Ivanovich

FGBOU VPO «Moscow State University of Mechanical Engineering»

Address: 107023, Russia, Moscow, ul. B.Semënovskaya, d. 38

Dr. Sc. Sciences, Professor, Honorary Worker of Transport of Russia, Professor of the Department «Exploitation of transport and transport-technological means»

E-mail: visarbaev@gmail.com

Garmash Yuriy Vladimirovich

Ryazan Higher Airborne Command School (Military Institute) named after General of the Army VF Margelov

Address: 390007, Russia, Ryazan, pl. Margelov, d. 1

Kand. tehn. Sciences, Professor of «Mathematical and natural science disciplines»

E-mail: yury.garmasch@yandex.ru

Volkov Sergey Gennadievich

Modern Technology Institute

Address: 390048, Russia, Ryazan, ul. Novoselov, d. 35A

Graduate student

E-mail: vserg1989@mail.ru

УДК 621.357.77

Е.В. АГЕЕВ, И.П. ЕМЕЛЬЯНОВ, В.Ю. КАРПЕНКО

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РЕМОНТА ТУРБОКОМПРЕССОРА

В статье изложена возможность решения в важной научно-практической задачи - улучшения качества ремонта автомобилей за счет восстановления изношенных деталей и замены некоторых из них на новые. Показан метод балансировки восстановленного вала ротора турбокомпрессора в нескольких диапазонах вращения на специализированных станках.

Ключевые слова: автомобиль, турбокомпрессор, вал ротора, изношенные детали, восстановление, балансировка.

В настоящее время большое внимание мировое автомобильное сообщество обращает на характеристики автомобильных двигателей внутреннего сгорания, такие как экономичность, экологичность и мощность. В связи с этим, начали активно развиваться методы форсирования двигателей, в том числе широкое распространение получила система газотурбинного наддува. С началом XXI века ее стали применять все мировые производители повсеместно на дизельных двигателях начиная от легковых автомобилей и до тяжелой грузовой и специализированной техники, а также ряде бензиновых двигателей легковых автомобилей.

Основные детали турбокомпрессора (ТКР) системы газотурбинного наддува у различных автомобильных производителей схожи и различаются только габаритными размерами, в зависимости от мощности ТКР, в следствие этого схожи и их дефекты.

Большинство автопроизводителей устанавливают ресурс работы турбокомпрессора равным ресурсу работы всего двигателя, но из-за высоких эксплуатационных требований, предъявляемых к ТКР его долговечность сильно снижается. Дефекты турбокомпрессора происходят в результате износа рабочих поверхностей вала ротора, подшипника, уплотнительных колец, среднего корпуса, маслоотражателя, диска уплотнения компрессора и т.д.

Неправильная работа турбокомпрессора вскоре приводит к выходу его из строя и, в последующем, приводит к перебоям в работе всего двигателя внутреннего сгорания. В связи с этим, происходит простой техники в авторемонтных мастерских, и как следствие уменьшается экономическая эффективность работы автомобильной техники.

В настоящее время стоимость нового турбокомпрессора различна: от 30 и до 200 тыс. рублей, это зависит от марки транспортного средства и фирмы производителя. В следствие этого экономически выгоден его ремонт, применяя различные методы. В силу того, что некоторые методы представляют большой трудоемкий процесс, даже при небольших затратах на новые детали, применять их не целесообразно. Другие методы предусматривают установку новых деталей, что снижает трудоемкость, но стоимость ремонта возрастает до 80% от цены нового ТКР. Исходя из этого выбор целесообразного и экономически эффективного метода ремонта турбокомпрессора, обеспечивающего ресурс не менее 80% от нового, является актуальной задачей [1-6].

Целью настоящей работы являлось совершенствование метода ремонта турбокомпрессора, обеспечивающего повышение ресурса его работы и снижение экономических затрат.

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

– на первом этапе производили разборку ТКР фирмы «GARRETT» модели GT2049S с последующей мойкой деталей и их дефектовкой. Работы по разборке выполняли на слесар-

ном участке, в соответствии с техническими требованиями капитального ремонта ТК10.16.0001.019-90. Данная операция производилась на верстаке ОРГ1468-01-060А, с закреплением ТКР в слесарных тисках ГОСТ 5698-51, после чего производилась полная разборка с помощью набора инструмента.

Далее детали ТКР подвергались мойке в ультразвуковой ванне фирмы «Сапфир» в течении 30...40 мин, при температуре 80...90°C. Загрузка деталей производилась в лоток из нержавеющей стали, причем не допускалось касание их корпуса ванны. В качестве моющего раствора используется средство фирмы «HELIT» с концентрацией 20 г/л. Данный вид мойки качественно отмывает все виды загрязнений деталей ТКР, что позволяет определить визуально некоторые дефекты деталей ТКР, такие как трещины, сколы и т.д.

После мойки производили дефектовку деталей турбокомпрессора, в соответствии с техническими требованиями капитального ремонта ТК10.16.0001.019-90.

Проводили проверку вал ротора по определению его на изгиб, на приборе для проверки деталей на биение в центрах ПБ-250. Данный прибор необходим для проверки биения цилиндрических деталей, в том числе вала ротора ТКР, установленных в центрах. Контроль может осуществляться как по цилиндрическим, также и по торцовым поверхностям. В державке зажимами крепится индикатор. Грубая установка выполняется путем передвижения узла микроподачи по колонке, точная настройка - при помощи микроподачи. В том случае, если величина биения выше допустимой вал ротора ТКР нужно заменить. После этого производили визуальный осмотр лопаток турбинного колеса на наличие сколов, трещин, обломов. В случае определения описанных выше дефектов, вал необходимо заменить. Далее проводится визуальный осмотр опорной поверхности и торцевой канавки газомасленного уплотнения вал ротора с целью проверки опорной поверхности на наличие задир и рисок. Данный осмотр выявил повреждения поверхности, после чего производили измерение изношенных поверхностей при помощи рычажного микрометра МРП0-25 ГОСТ 11098-75 с точностью 0,001мм и концевых мер 3-Н2 ГОСТ 9038-90. При помощи данных измерений установлен износ опорной поверхности вала, составивший 0,055 мм при допустимом 0,01мм. При данном дефекте целесообразен его ремонт методом нанесения электроискрового покрытия ввиду стоимости нового вала 50-60% от стоимости ТКР.

Следующим шагом является определение износа поверхности втулки подшипника под вал ротора. Риски и задиры определяли визуальным осмотром и при помощи индикаторного нутромера 6-10 ГОСТ 9244-75 с точностью индикаторной головки 0,001мм набора концевых мер 3-Н2 ГОСТ 9038-90. По результатам проверки износ составил 0,12 мм при допустимом 0,01 мм. Данный дефект втулки возможно устранить нанесением восстановительного покрытия, но ввиду невысокой стоимости новой втулки ремонт производить не целесообразно.

Далее производили визуальный осмотр среднего корпуса ТКР в частности отверстие под подшипник при помощи нутромера с точностью 0,002мм 18-50 ГОСТ 9244-75. По результатам проверки отклонений в размерах не выявлено в связи с тем, что восстанавливаемый ТКР по конструкции выполнен с невращающейся моновтулкой.

После этого необходимо определить износ торцевого подшипника (втулки уплотнения). С помощью визуального осмотра и затем при помощи рычажного микрометра МРП0-25 ГОСТ 11098-75 с точностью 0,001мм определили износ более допустимого. При данном дефекте требуется ее замена, ввиду ее невысокой стоимости.

– на втором этапе производили ремонт деталей с дефектами, в частности вал ротора ТКР. Выполнена электроискровая обработка опорных поверхностей вала ротора под подшипник и уплотнительную втулку электроэрозионными наноматериалами [7-20]. Эта технология позволяет восстановление изношенных валов турбокомпрессоров на токарно-винторезном станке 1К62 с встроенной в него установкой для электроискровой обработки UR-121 (рис. 1).



Рисунок 1 - Токарно-винторезный станок 1К62 с интегрированной в него установкой для электроискровой обработки UR-121

Технология позволяет:

- точность геометрии обрабатываемых поверхностей вала ротора ТКР;
- центрирование детали по горизонтальной оси;
- настройку вылета электрода с точностью не более ± 0.01 мм;
- передачу крутящего момента без динамических нагрузок и вибраций.

Комплект оборудования обеспечивает следующие параметры нанесения электроискровых покрытий (табл. 1).

Таблица 1 - Параметры электроискровой обработки поверхности вала турбокомпрессора

№№	Параметры	Нанесение ЭИ покрытия
1	Частота вращения детали, мин ⁻¹	50
2	Подача электрода мм/мин	0,04...0,05
3	Диаметр детали, мм	12
4	Шероховатость поверхности, R _a , мкм	1,6...3,2
5	Время настройки, мин.	20,0
6	Время обработки (одна опора), мин.	10

В конце процесса электроискровой обработки производили выглаживание восстановленных поверхностей детали, в тех местах, где были нанесены покрытия. Для этого в суппорт токарно-винторезного станка К62 устанавливали резец (в перевернутом виде), это обеспечило контакт его режущей пластины с восстановленной поверхностью вала турбокомпрессора (рис. 2). Скорость вращения станка при выглаживании составляет $n_d = 30$ об/мин.



Рисунок 2 - Выглаживанием поверхности вала турбокомпрессора после электроискровой обработки

Технология выглаживания перевернутым резцом позволила достичь снижения шероховатости восстановленной поверхности и не удалить электроискровое покрытие восстанавливаемого вала турбокомпрессора.

Притирочная операция опорной поверхности вала ротора под подшипник до номинального размера производится на токарно-винторезном станке 1К62 при помощи чугунного разрезного притира, а также алмазной пасты АСМ 7/5 ГОСТ 9206-80. Контроль размеров восстановленного вала ротора ТКР осуществляли с помощью микрометра рычажного 0-25 с точностью 0,002мм МР02020 ГОСТ 4381-87.

– на третьем этапе производили сборку деталей с последовательной балансировкой собранных узлов. Производилась балансировка вал ротора с турбинным колесом в двух плоскостях колеса турбины до величины, которая указана в технических требованиях капитального ремонта. Для данной операции применяли дорезонансный балансировочный станок БВИ-03-02Т. Вращение происходит при помощи ременной передач. Скорость вращения вала варьируется (max 4000 об/мин), в зависимости от его массы и измеряется при помощи лазерного тахометра. Данные значения по массе вводятся в электронную систему управления станком. Далее в эту систему вносятся диаметры колес в тех сечениях, с которых будет удаляться металл для уравнивания. После задания веса ротора, станок рассчитывает удельный дисбаланс, а также единичные допустимые масс. Для контроля балансировки в места удаления части металла прикрепляются контрольные грузы. После удаления металла выполняется повторная проверка в три этапа. Определение дисбаланса производится по изменению напряжения в датчиках, на которые опирается вал ротора при вращении

Вначале балансировали вал с турбинным колесом, а после этого балансировали вал с турбинным, а также насосным колесом в сборе. Кроме колес на вал устанавливали все вспомогательные вращающиеся детали (шайбы, втулки, и кольца) (рис. 3).



Рисунок 3 - Балансировочный дорезонансный станок БВИ-03-02Т

Ротор балансируется за три этапа:

- балансировка без контрольных грузов;
- балансировка с контрольным грузом в плоскости 1;
- балансировка с контрольным грузом в плоскости 2.

Под контрольными грузами подразумевается использование взвешенных кусочков пластилина, закрепляющихся в определенных местах. Вследствие выполнения всех этапов на

дисплее станка отображаются результаты балансировки с указанием угла локализации дисбаланса в двух плоскостях (рис. 4). Данный процесс повторяли до тех пор, пока на информационном дисплее станка не будут получены значения, которые не превышают допустимые.



Рисунок 4 - Дисплей станка БВИ-03-02Т

По достижению нужных значений на станке БВИ-03-02Т на вале и на колесах, маркером наносили метки, для следующей правильной сборки деталей в картридже ТКР. Затем с вала снимается насосное колесо и производится установка вала ротора в картридж ТКР.

Далее проводили сборку картриджа турбокомпрессора, в соответствии с техническими требованиями капитального ремонта. Данная операция производилась на слесарном верстаке, с помощью слесарных тисков ГОСТ 5698-51 и набор инструментов. После чего осуществлялась балансировка картриджа ТКР до величины, указанной в технических требованиях на капитальный ремонт. Определяется дисбаланс вала с колесами в картридже на добалансировочном станке ДБС-Т1 (рис. 5). Станок вращает вал до 20000 об/мин. по средствам воздушной струи, обороты вала регулируются скоростью потока воздуха. Скорость вращения определяется с помощью цифрового лазерного тахометра. при такой скорости балансировка необходима для подготовки вала и колес к вращению на скоростях, соответствующих рабочим. Данный вид балансировки применяется для плохо сбалансированной узла, т.к. на высокой скорости данный узел приведет к большой амплитуде вибраций и повреждению картриджа с валом ротором. При балансировке в данном станке температура и давление масла идентичны параметрам на рабочем двигателе.

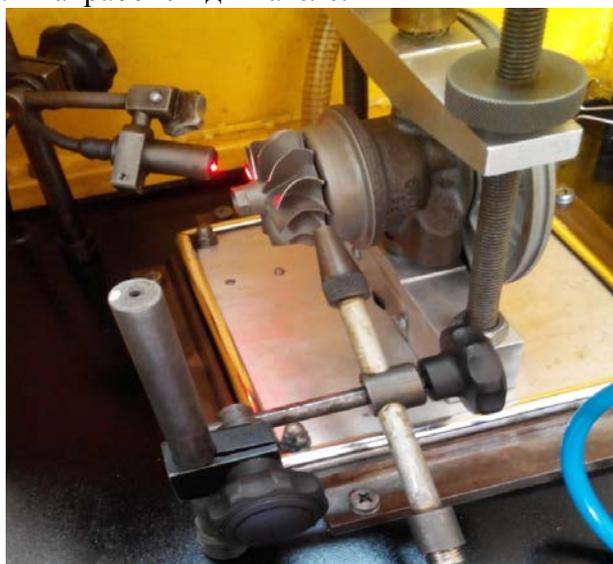


Рисунок 5 - Картридж, установленный в станке ДБС-Т1

Пульт управления станком аналогичный тому, который установлен на станке БВИ-03-02Т, балансировка производилась способом, аналогичным описанному выше. Станком определяется местоположение дисбаланса с точностью до 1 градуса.

Необходимо отметить, что установка контрольных пластилиновых грузов возможна только в том случае, если будут проведены испытания на скорости не более чем 6000 об/мин, поскольку на большей скорости они отрываются от поверхности.

Финальная балансировка картриджа осуществлялась с помощью балансировочного разгонного станка СБР-1 (рис. 6), Данный стенд раскручивает ротор до 160 000 об/мин. Измерения начинаются от 40 000 об/мин., при этом производится подача в корпус подшипников моторного масла под давлением до 4 кгс/см². Этот диапазон скоростей вращения вала соответствует реальным рабочим условиям ТКР. Метка, которая указывает положение вала с колесами, устанавливается постоянным магнитом. Процесс измерения основывается на эффекте Холла, что позволяет с высокой точностью определять положение вала и колес на высоких скоростях вращения. Интерфейс управляющей программы станка делает возможным отслеживать такие параметры, как скорость вращения вала, фазу точки полученного графика (в градусах), текущее и максимальное виброускорение, время измерения и др.

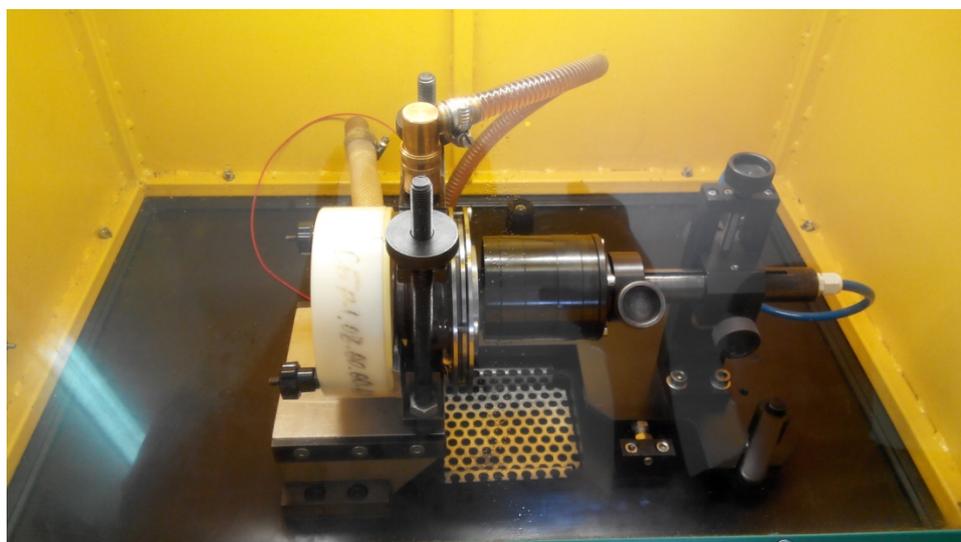


Рисунок 6 - Станок балансировочный разгонный СБР-1 с установленным картриджем ТКР

Во время испытания картриджа ТКР на дисплее станка СБР-1 (рис. 7) выводится график зависимости скорости вращения вала от виброускорения и предельно допустимый диапазон виброускорения, ограниченный прямой линией со ступенью на скорости вращения около 85000 об/мин, согласно рекомендациям завода-изготовителя фирмы GARRETT, турбины модели GT2049S. На рисунке 7 видно, что при скорости вращения около 80000 об/мин виброускорение превышает предельное значение, и последующее увеличение скорости для испытания является нецелесообразным. Появляется необходимость удаления металла с ротора для его уравнивания.

После удаления металла в определенном месте, также как и на ранних стадиях, испытание на станке повторяется. Контрольные грузы устанавливаются в виде петли из проволоки, ввиду высокой скорости вращения вала ротора.

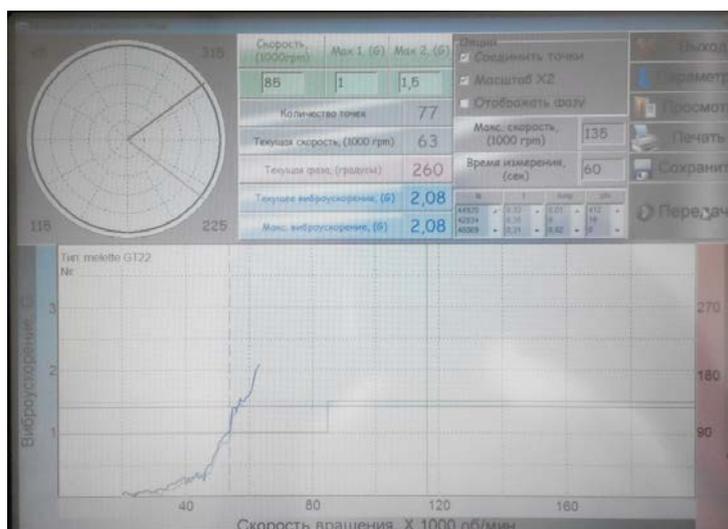


Рисунок 7 - График зависимости виброускорения от скорости вращения вала для неотбалансированного картриджа

Контрольная масса определяется за счет вычитания из общей массы (массы всей петли) массы проволоки, которая непосредственно прилегает к ротору. Балансировка картриджа производится, пока кривая графика не будет выходить за пределы допустимого диапазона, как это показано на рисунке 8.

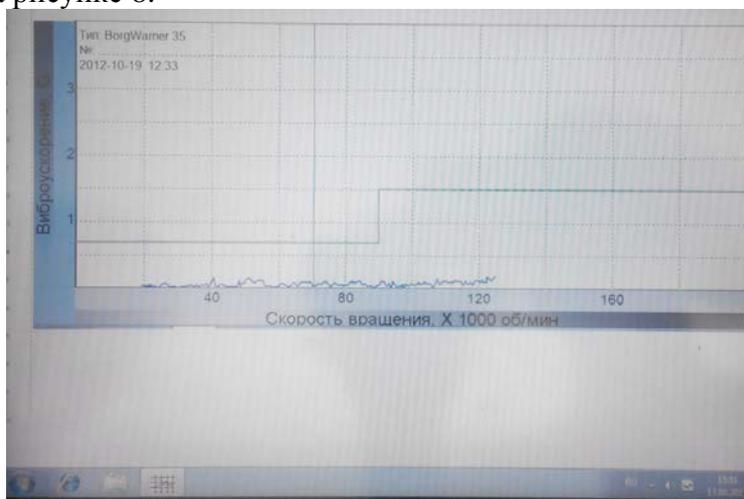


Рисунок 8 - График зависимости виброускорения от скорости вращения вала для отбалансированного картриджа

Во время проведения балансировки вала с колесами на станке СБР-1, учитывая высокие скорости вращения, с поверхности колес в определенных местах удаляется несколько миллиграмм металла, что подчеркивает сложность и филигранность процесса балансировки деталей ТКР.

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.

2. На основе проведенных исследований по восстановлению ТКР отмечено, что целесообразно и экономически эффективно восстанавливать только детали, имеющие значительную стоимость (свыше 50% от стоимости нового ТКР). Такими деталями являются вал ротора турбокомпрессора и корпус подшипникового узла (картридж), остальные дефектные детали, такие как втулка подшипника, втулка уплотнение, из-за высокой трудоемкости процесса

восстановления и небольшой стоимости целесообразно заменить на новые. Отмечено, что восстановленный вал балансируется, и тем самым является пригодным для дальнейшего использования. Это снижает экономические затраты при ремонте и в зависимости от материала восстановительного покрытия может обеспечивающего повышение ресурса работы турбокомпрессора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурмукулов, Ф.Х. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) [Текст] / Ф.Х. Бурмукулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин и др. - Саранск: Красный Октябрь, 2003. - 504 с.
2. Ханин, Н.С. Автомобильные двигатели с турбонаддувом [Текст] / Н.С. Ханин, Э.В. Аболтин, Б.Ф. Лямцев и др. - М.: Машиностроение, 1991. - 336 с.
3. Емельянов, И.П. Технология ремонта турбокомпрессоров в условиях центра перспективных технологий ЮЗГУ [Текст] / С.Г. Емельянов, И.П. Емельянов, С.В. Воронцов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии - Курск: Юго-Зап. гос. ун-т. - 2014. - № 1. - С. 38-45.
4. 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.
5. Emelianov, I. P. Balancing Features Of Car Engine Turbine Compressors / I. P. Emelianov, E.V. Ageev // International Journal of Applied Engineering Research, 2015, Vol. 10, No. 19, pp. 40820-40822.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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 и др. // Научно-технические технологии в машиностроении. - 2015. - № 1. - С. 36-41.
14. 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 и др. // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. - 2015. - № 1. - С. 71-76.
15. 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 и др. // Известия ЮЗГУ. - 2015. - № 1 (58). - С. 17-26.
16. 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.
17. 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.
18. 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, pp. 189-190.
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. Новиков, А.Н. Ремонт деталей из алюминия и его сплавов [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков. - Орел: ОГСХА, 1997. - 57 с.

22. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст] / А.Н. Новиков. - Орел: Орел-ГАУ, 2001. - 233 с.

23. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст]: дис. ... д-ра. техн. наук / Новиков Александр Николаевич. - М., 1999. - 346 с.

24. 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.

Агеев Евгений Викторович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Адрес: 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

Емельянов Иван Павлович

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили, транспортные системы и процессы»

E-mail: yuzgu@yandex.ru

Карпенко Вадим Юрьевич

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Аспирант

E-mail: omegav@rambler.ru

E.V. AGEEV, I.P. EMEL'YANOV, V.Yu. KARPENKO

IMPROVEMENT OF METHOD REPAIR OF TURBOCHARGERS

In the article the possibility of solving in an important scientific and practical tasks - improving the quality of car repair by restoring worn parts and replace some of them with new ones. The methods of recovery balanstrovki turbocharger rotor shaft rotation in several bands on specialized machines.

Keywords: car, turbocharger, the rotor shaft, worn parts, restoration and balancing.

BIBLIOGRAPHY

1. Burumkulov, F.H. Elektroiskrovnye tekhnologii vosstanovleniya i uprochneniya detaley mashin i instrumentov (teoriya i praktika) [Tekst] / F.H. Burumkulov, P.P. Lezin, P.V. Senin, V.I. Ivanov i dr. - Saransk: Krasnyy Oktyabr', 2003. - 504 s.

2. Hanin, N.S. Avtomobil'nye dvigateli s turbonadduvom [Tekst] / N.S. Hanin, E.V. Aboltin, B.F. Lyamtsev i dr. - M.: Mashinostroenie, 1991. - 336 s.

3. Emel'yanov, I.P. Tekhnologiya remonta turbokompressorov v usloviyakh tsentra perspektivnykh tekhnologiy YUZGU [Tekst] / S.G. Emel'yanov, I.P. Emel'yanov, S.V. Vorontsov // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Tekhnika i tekhnologii - Kursk: YUgo-Zap. gos. un-t. - 2014. - № 1. - S. 38-45.

4. Ageev, E.V. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtotraktoroy 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.

5. Emelianov, I. P. Balancing Features Of Car Engine Turbine Compressors / I. P. Emelianov, E.V. Ageev // International Journal of Applied Engineering Research, 2015, Vol. 10, No. 19, pp. 40820-40822.

6. 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.

7. 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.

8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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 // Vestnik mashinostroeniya. - 2014. - № 12. - S. 64-66.
12. 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.
13. Ageeva, E.V. Vliyanie tekhnologii polucheniya elektrodnoy 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.
14. 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.
15. 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 i dr. // Izvestiya YUZGU. - 2015. - № 1 (58). - S. 17-26.
16. Ageeva, E.V. Rentgenospektral`nyy mikroanaliz poroshka, poluchennogo iz otkhodov bystrorezhushchey stali elektroerozionnym dispergirovaniem v kerosine [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, E.A. Vorob`ev // Vestnik mashinostroeniya. - 2014. - № 11. - S. 71-73.
17. 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.
18. 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 Research, 2015, Vol. 35, No. 3, pp. 189-190.
19. Ageeva, E.V. Rentgenospektral`nyy mikroanaliz poroshka, poluchennogo iz otkhodov bystrorezhushchey stali elektroerozionnym dispergirovaniem v kerosine [Tekst] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, E.A. Vorob`ev // Vestnik mashinostroeniya. - 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. Novikov, A.N. Remont detalej iz aljuminija i ego splavov. Uchebnoe posobie. Orel: OGSMA, 1997. -57 s.
22. Novikov, A.N. Tehnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detalej sel'skohozjajstven-noy tehniki iz aljuminievykh splavov jelektrohimicheskimi sposobami. -Orel: Izd-vo OrelGAU, 2001. -233 s.
23. Novikov, A.N. Tehnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detalej sel'skohozjajstven-noy tehniki iz aljuminievykh splavov jelektrohimicheskimi sposobami. Dis. dok. teh. nauk. M., 1999. -346 s.
24. Novikov, A.N. Perevozki kak nauka/Novikov A.N., Przhibyl P., Katunin A.A.//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2014. № 3 (46). S. 96-109.

Ageev Evgeniy Viktorovich

FGBOU VO «South-Western state University»

Address: 305040, Rossia, Kursk, 50 let Oktyabrya, 94

Dr. tech. sci. Sciences, associate Professor, Professor, Department of vehicles, transport systems and processes

E-mail: ageev_ev@mail.ru

Emelianov Ivan Pavlovich

FGBOU VO «South-Western state University»

Address: 305040, Kursk, 50 let Oktyabrya, 94

Candidate. tech. Sciences, associate Professor, Department of vehicles, transport systems and processes

E-mail: yuzgu@yandex.ru

Karpenko Vadim Yurievich

FGBOU VO «South-Western state University»

Address: 305040, Kursk, 50 let Oktyabrya, 94

Graduate

E-mail: omegav@rambler.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 621.822:681.51(62-135)

Р.Н. ПОЛЯКОВ, С.В. МАЙОРОВ, М.Э. БОНДАРЕНКО, Л.А. САВИН

ДИНАМИКА МНОГОМАССОВОГО РОТОРА В АКТИВНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОДШИПНИКАХ

В статье рассматриваются результаты изучения динамического поведения многомассового асимметричного жесткого ротора в активных комбинированных подшипниках (АКП), включающих подшипник качения, многолепестковый газодинамический подшипник и систему электромагнитных и пьезоэлектрических приводов. Механизм работы электромагнитных и пьезоэлектрических приводов описывается в имитационной модели на основе уравнений, описывающих электромагнетизм и пьезоэффект. Результаты математического моделирования представлены в виде диаграмм Кэмпбелла, амплитудно-частотных характеристик системы ротор-подшипник и жесткости АКП.

Ключевые слова: ротор, комбинированный подшипник, жесткость, собственная частота, активное управление.

Надежность функционирования вращающегося механизма в значительной степени определяется его роторно-опорными узлами. При повышенных требованиях к частоте вращения, температуре и максимальному уровню вибрации подшипники качения и газодинамические подшипники скольжения не могут предоставить соответствующие эксплуатационные характеристики на всем диапазоне рабочих условий. АКП состоит из подшипника качения и многолепесткового газодинамического подшипника, что делает его в состоянии избежать недостатков и сохранить преимущества каждого из указанных типов подшипника. Интерес к комбинированным подшипникам появился в 1960-1970 годах [1, 2]. В 1980-ых НАСА запустила несколько научно-исследовательских программ по исследованию комбинированных подшипников для криогенных турбонасосных агрегатов [3, 4]. Эти исследования продемонстрировали преимущества комбинированных подшипников и возможности их применения в турбомашиностроении. Существуют две принципиально различные конфигурации комбинированных подшипников. Это конфигурация разделения нагрузки (РН) и разделения скорости (РС) [5, 6, 7]. На рисунке 1, а показана последняя концепция комбинированного подшипника с разделением скоростей. В представленной схеме гидростатодинамический подшипник (ГСДП) смонтирован на наружном кольце подшипника качения. Такая конфигурация позволяет уменьшить скорость вращения подшипника качения [5]. Вал вращается в подшипнике качения во время пуска и режима остановки. ГСДП включается в основном режиме работы, так как при росте скорости вращения повышается грузоподъемность ГСДП, и подшипник качения частично выключается. Таким образом, рабочий ресурс подшипника качения увеличивается из-за меньшего значения быстроходности, которое является производением скорости вращения и диаметра вала [5].

На рисунке 1, б представлена концепция комбинированного подшипника с разделением нагрузки. В представленной конструкции подшипник качения и подшипник скольжения установлены параллельно. Хотя вал постоянно вращается в подшипнике качения, срок службы подшипника качения увеличивается за счет меньших нагрузок на высоких скоростях вращения. Во время пуска и остановки основную нагрузку воспринимает подшипник качения. На основном рабочем режиме основную нагрузку начинает воспринимать подшипник скольжения за счет возникновения гидродинамической реакции в слое жидкости. Таким об-

разом, нагрузка, действующая на подшипник качения, снижается, и ресурс опорного узла возрастает.

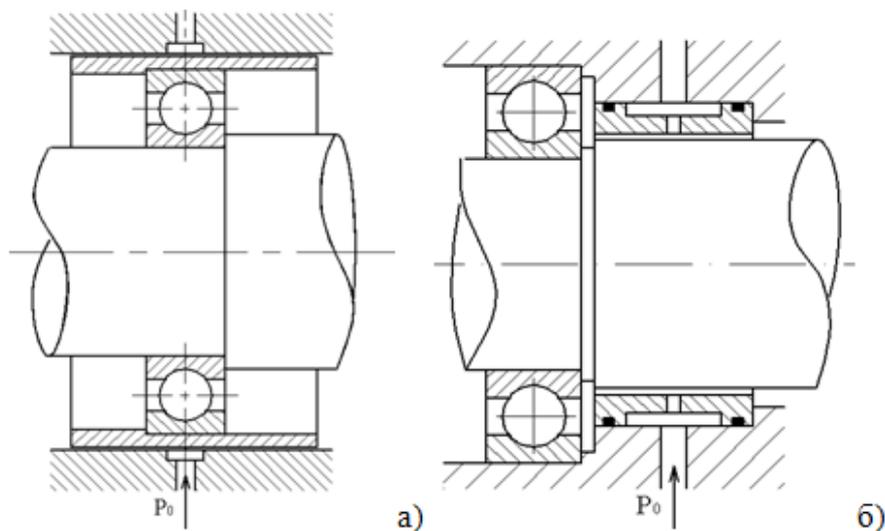


Рисунок 1 - Комбинированные подшипники
а) с разделением скоростей, б) с разделением нагрузки

Разработка интеллектуальных систем управления для вращающихся машин является очень трудоемким с точки зрения сочетания алгоритмов, математики, программного обеспечения и практической реализации. Потенциально интеллектуальные системы контроля позволяют принимать рациональные решения управления при отсутствии информации или в условиях неопределенности с целью обеспечения работоспособности машины [8, 9, 10]. Контролируемые параметры, которые обеспечивают необходимые динамические и интегральные характеристики в АКП являются: зазор между подшипником и поверхностью вала; давление смазочного материала на входе или в рабочей зоне; вязкость смазочного материала; расход смазочного материала; перемещение и скорость центра вала; жесткость и демпфирование подшипников, уплотнений и амортизаторов. Значения приведенных параметров могут регулироваться с помощью пневматических, гидравлических и электромеханических приводов.

Авторами предлагается конструкция АКП, изображенного на рисунке 2. АКП состоит из корпуса 1, в котором установлены подшипник качения 2, в подшипнике качения 2 закреплена втулка 3 с металлическими пластинами 4, которые служат элементами центрирования вала 5. По окружности в корпусе 1 закреплены электромагнитные катушки 6. Для стопорения внутреннего кольца на основном режиме работы комбинированной опоры установлены пьезоэлементы 7, закрепленные на кольце 8.

Устройство работает следующим образом: в начальный момент времени передача нагрузки с вала 5 на корпус 1 осуществляется через металлические пластины 4 и тела качения подшипника качения 2. По мере возрастания скорости вращения вала 5 на электромагнитные катушки 6 и пьезоэлементы 7 подается напряжение. Возникает электромагнитное поле, которое отгибает пластины 4 от поверхности вала 5, при этом между пластинами 4 и валом 5 образуется воздушный зазор, в котором возникает газодинамическая сила, которая центрирует вал и воспринимает внешнюю нагрузку. Внутреннее кольцо подшипника качения 2 стопорится пьезоэлементами 7 с торцевых сторон, таким образом, подшипник качения 2 выключается из работы. При остановке происходят обратные процессы. При этом повышается устойчивость вращения ротора за счет повышенного демпфирования со стороны упругих металлических пластин.

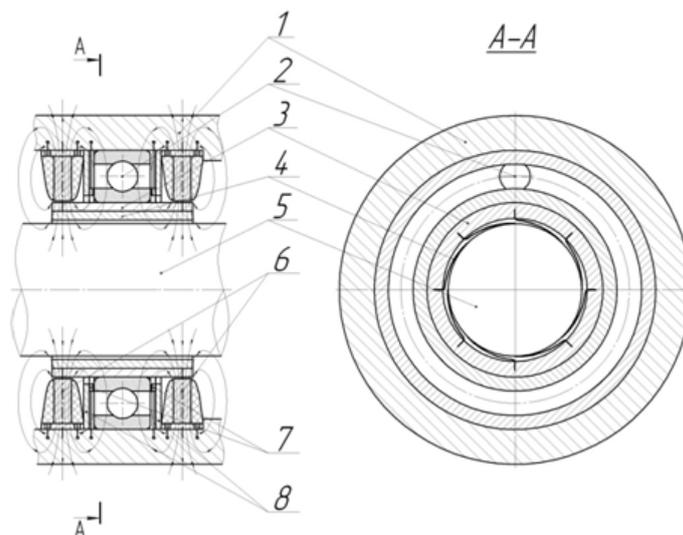


Рисунок 2 - Активный комбинированный подшипник

Представим модель лепестка в виде цилиндрической оболочки. Рассмотрим цилиндрическую оболочку в системе координат z, θ . Деформацию лепестка под совместным действием электромагнитных и газодинамических сил определяем путем решения системы дифференциальных уравнений для цилиндрической оболочки из уравнений общей теории оболочек [11, 12].

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1-\nu}{2r^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} + \frac{1+\nu}{2r} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z \partial \theta} + \frac{\nu}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \\ \frac{1+\nu}{2r} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z \partial \theta} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial \theta^2} + \frac{1-\nu}{2} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial w}{\partial \theta} = -\frac{1-\nu^2}{E\delta} \left[p(\theta, z) + \frac{F_{em}}{A} \right], \\ \nu \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} + \frac{w}{r} + \frac{k_1}{r} \left[r^3 \frac{\partial^4 w}{\partial z^4} + 2r \frac{\partial^4 w}{\partial z^2 \partial \theta^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial \theta^4} \right] = -\frac{1-\nu^2}{E\delta} \left[p(\theta, z) + \frac{F_{em}}{A} \right], \end{cases}$$

где ϑ, u, w - перемещения лепестка;

r - радиус кривизны лепестка;

δ - толщина лепестка;

$p(\vartheta, z)$ - газодинамическая сила;

F_{em} - электромагнитная сила;

A - площадь поверхности лепестка.

Определение газодинамической реакции со стороны одного лепестка базируется на решении уравнения Рейнольдса, записанного для случая стационарного двумерного турбулентного течения вязкого сжимаемого смазочного материала. Уравнение Рейнольдса с помощью качественных оценок выводится из системы Навье-Стокса в предположении малости зазора между трущимися поверхностями, по сравнению с остальными размерами [13, 14]. Использование уравнения Рейнольдса является в теории газовой смазки общепринятым, и результаты, полученные с использованием этой математической модели, хорошо согласуются с экспериментом. При движении воздушной смазки в зазоре влияние инерционных сил

также мало по сравнению с силами давления и вязкими силами. Принимая $x = r \cdot \theta$, $\partial x = r \partial \theta$, отобразим уравнение Рейнольдса в цилиндрических координатах:

$$\frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{\rho h^3}{\mu K_\theta} \frac{\partial p}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\rho h^3}{\mu K_z} \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6 \frac{\partial (\rho \cdot U \cdot h)}{\partial \theta}.$$

Коэффициенты турбулентности K_θ и K_z учитывают влияние дополнительной турбулентной вязкости. Коэффициенты турбулентности определяем по соотношениям [14, 15].

$$K_x = 1 + 0,044 \cdot (k^* \cdot \text{Re})^{0,725},$$

$$K_z = 1 + 0,0247 \cdot (k^* \cdot \text{Re})^{0,65},$$

где k^* - коэффициент Кармана, $k^* \approx 0.2..0.4$, причем малые значения коэффициента Кармана соответствуют малым радиальным зазорам $h = 10..100$ мкм. Коэффициент Кармана часто рассчитывают по эмпирической зависимости $k^* = 0,125 \cdot \text{Re}^{0,07}$ [16].

Функция радиального зазора h определяется как разница между точками поверхности вала и отжатого упругого лепестка

$$h(n) = \frac{h_0 - w}{N} (N - n) + w - Y_0 \cos(\varphi) - X_0 \sin(\varphi),$$

где h_0 - радиальный зазор между валом и местом закрепления лепестка;

w - расположение лепестка;

N - число разбиений лепестка на участки; $n = 0..N$ - номер участка лепестка;

X_0 - смещение вала по оси x ;

Y_0 - смещение вала по оси y ;

φ - угол относительного положения вала в зазоре подшипника.

Определение поля давлений $p(\theta, z)$ в конкретный момент времени представляет собой краевую задачу решения уравнения Рейнольдса – нелинейного уравнения в частных производных эллиптического типа с переменными коэффициентами – со следующими граничными условиями:

- заданное давление слива p_a (на торцах подшипника):

$$p(r\theta, 0) = p_a; \quad p(r\theta, L) = p_a,$$

- опорная поверхность ротора полностью охвачена смазочным слоем (гипотеза Зоммерфельда):

$$p(\theta, z) = p(2\pi r, z); \quad \frac{\partial p}{r \partial \theta}(\theta, z) = \frac{\partial p}{r \partial \theta}(2\pi r, z).$$

Обоснованность данного подхода показана в [17].

Влияние смазочного слоя может быть учтено включением в расчетную схему с помощью следующих составляющих: гидродинамическая (подъемная) сила R , обусловленная вязкостью смазочного материала и сила трения F_{mp}

Проекции гидродинамической силы на оси подвижной системы координат $Ю_1J$, которая привязана к конкретному лепестку подшипника, могут быть найдены из соответствующих геометрических соображений по формулам:

$$R_j = - \int_0^L \int_0^{2\pi} p \cdot \sin(\theta - \phi) \cdot r d\theta dz,$$

$$R_i = - \int_0^L \int_0^{2\pi} p \cdot \cos(\theta - \phi) \cdot r d\theta dz.$$

Несущая способность (грузоподъемность) W и направление ее действия (угол ϕ_w) определяются соотношениями:

$$W = \sqrt{R_x^2 + R_y^2},$$

$$\phi_w = \arctg(R_x / R_y).$$

Суммарная несущая способность W газодинамического подшипника находится путем векторного суммирования реакций в каждом лепестке.

Динамические характеристики газодинамического подшипника определяются следующими соотношениями:

$$R_x^f = -K_{xx}\Delta x - K_{yx}\Delta y - B_{xx}\Delta \dot{x} - B_{yx}\Delta \dot{y}, R_y^f = -K_{xy}\Delta x - K_{yy}\Delta y - B_{xy}\Delta \dot{x} - B_{yy}\Delta \dot{y}.$$

Коэффициенты $K_{xx}, K_{xy}, \dots, B_{yx}, B_{yy}$ являются частными производными, рассчитанными в положении равновесия:

$$K_{mn} = \left. \frac{\partial R_m}{\partial n} \right|_0, B_{mn} = \left. \frac{\partial R_m}{\partial \dot{n}} \right|_0, m, n = x, y.$$

Классическая модель подшипника качения основывается на теории Герца. Всесторонний анализ подшипников качения можно найти в [18, 19]. Элементы качения деформируются в направлении вектора радиальной нагрузки на величину δ . Характеристика смещения под действием силы подшипника качения в точке контакта может быть выражена с помощью K' , который является общей жесткостью внешних и внутренних дорожек качения.

$$R^r = K' \delta^{3/2}, K' = \frac{K'_i K'_o}{K'_i + K'_o}.$$

Квазистатическая жесткость ПК выражается через динамические коэффициенты в зависимости от смещения центра цапфы ротора:

$$R_x = K_x X, R_y = K_y Y, \left\{ \begin{matrix} K_x \\ K_y \end{matrix} \right\} = \frac{2}{3} (K')^{2/3} \left[F_\Sigma \left\{ \begin{matrix} \cos \gamma \\ \sin \gamma \end{matrix} \right\} \right]^{1/3}.$$

Эквивалентная нагрузка, действующая на подшипник качения суммируется из приложенной нагрузки, веса ротора и реакции смазочного слоя подшипника скольжения, действующей под углом бета:

$$F_\Sigma = F_r + mg \cos \gamma - R^f \cos(\gamma - \beta).$$

Электромагнитная сила, действующая на лепесток, находится согласно [20].

$$F_{em} = \frac{U k_{Cu} a^2 l_m}{H 128 \rho \mu_0^2} \left(\frac{D}{2} - \frac{d}{2} - t \right)^2 \left(\frac{\pi d}{8} - t \right)^2, \quad (1)$$

где U - напряжение, подаваемое на обмотки катушек;

H - зазор между обмотками электромагнита и лепестком;

k_{Cu} - коэффициент заполнения площади паза A медью (ориентировочно $k_{Cu} = 0,3 \dots 0,5$);

a - коэффициент числа полюсов, $\alpha = 0,924$ при количестве полюсов $p = 8$ [20];

l_m - средняя длина проводника катушки; $\rho \approx 0.018 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ - удельное сопротивление меди - материала, из которого выполнены провода обмотки; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ - магнитная постоянная;

D - внешний диаметр обмоток катушек;

d - внутренний диаметр обмоток катушек;

t - ширина полюса.

Пользуясь выражением (1), можно определить силу, действующую на лепесток газодинамического подшипника со стороны электромагнита, что позволяет рассчитать его дополнительную деформацию, обусловленную воздействием электромагнитных сил, которые в свою очередь возможно регулировать за счет изменения прикладываемого к катушке напряжения постоянного тока и тем самым управлять перемещением лепестка в зазоре газодинамической составляющей комбинированной опоры.

Динамическое поведение ротора в АКП может быть изучено с помощью математической модели многомассового жесткого асимметричного ротора. Схема, иллюстрирующая модель, показана на рисунке 3.

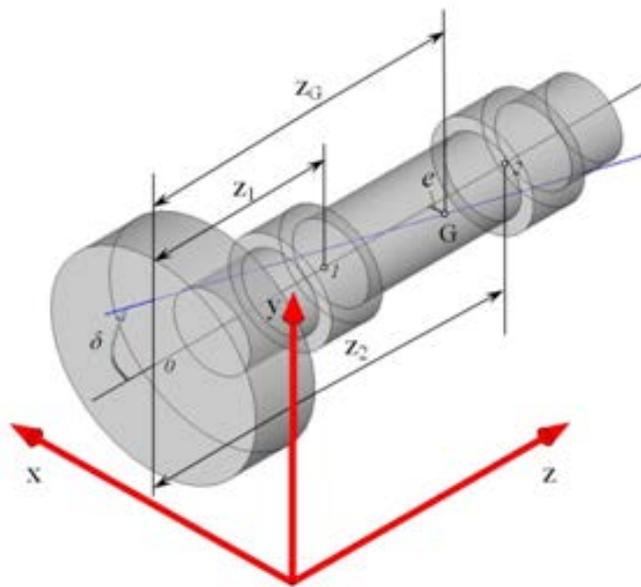


Рисунок 3 - Модель жесткого асимметричного ротора

Уравнения движения твердого асимметричного ротора были получены с использованием уравнений Лагранжа [21].

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = \sum W_i,$$

где q_i - обобщенная координата;

W_i - обобщенная сила в i -ом перемещении.

Согласно теореме Кенига кинетическая энергия ротора:

$$T = \frac{1}{2} m (\dot{X}_G^2 + \dot{Y}_G^2) + \frac{1}{2} I_z \omega_z^2 + \frac{1}{2} I_z (\omega_x^2 + \omega_y^2), \quad (2)$$

где m - масса ротора;

$\omega_z, \omega_x, \omega_y$ - проекции вектора угловой скорости на основную ось ротора;

I_x, I_y, I_z - основные моменты инерции.

Обобщенные силы, действующие на ротор:

$$\sum W_1 = \frac{1}{Z_2 - Z_1} \sum_k M_k + \frac{1}{Z_2 - Z_1} \sum_m F_m (Z_2 - Z_m^F),$$

$$\sum W_2 = -\frac{1}{Z_2 - Z_1} \sum_k M_k + \frac{1}{Z_2 - Z_1} \sum_m F_m (Z_m^F - Z_1).$$

Преобразование уравнений (2) дает уравнения, описывающие динамику многомассового жесткого асимметричного ротора:

$$m\ddot{X}_1 = m \frac{I_z}{I} \omega \lambda_1 (\dot{Y}_2 - \dot{Y}_1) + me\omega^2 \cos \omega t - m \frac{I - I_z}{I} \lambda^2 \lambda_1 \delta \omega^2 \cos \omega t +$$

$$+ \sum W_1 \left(1 + m \frac{\lambda^2 \lambda_1^2}{I} \right) + \sum W_2 \left(1 - m \frac{\lambda^2 \lambda_1 \lambda_2}{I} \right),$$

$$m\ddot{X}_2 = -m \frac{I_z}{I} \omega \lambda_2 (\dot{Y}_2 - \dot{Y}_1) + me\omega^2 \cos \omega t + m \frac{I - I_z}{I} \lambda^2 \lambda_2 \delta \omega^2 \cos \omega t +$$

$$+ \sum W_1 \left(1 - m \frac{\lambda^2 \lambda_1 \lambda_2}{I} \right) + \sum W_2 \left(1 + m \frac{\lambda^2 \lambda_2^2}{I} \right),$$

$$m\ddot{Y}_1 = m \frac{I_z}{I} \omega \lambda_1 (\dot{X}_2 - \dot{X}_1) + me\omega^2 \sin \omega t + m \frac{I - I_z}{I} \lambda^2 \lambda_1 \delta \omega^2 \sin \omega t +$$

$$+ \sum W_3 \left(1 + m \frac{\lambda^2 \lambda_1^2}{I} \right) + \sum W_4 \left(1 - m \frac{\lambda^2 \lambda_1 \lambda_2}{I} \right),$$

$$m\ddot{Y}_2 = -m \frac{I_z}{I} \omega \lambda_2 (\dot{X}_2 - \dot{X}_1) + me\omega^2 \sin \omega t + m \frac{I - I_z}{I} \lambda^2 \lambda_2 \delta \omega^2 \sin \omega t +$$

$$+ \sum W_3 \left(1 - m \frac{\lambda^2 \lambda_1 \lambda_2}{I} \right) + \sum W_4 \left(1 + m \frac{\lambda^2 \lambda_2^2}{I} \right).$$

Здесь:

$$\lambda_1 = \frac{Z_G - Z_1}{Z_2 - Z_1}; \quad \lambda_2 = 1 - \frac{Z_G - Z_1}{Z_2 - Z_1}; \quad \lambda = Z_2 - Z_1.$$

Вычислительный эксперимент проводился с ротором смонтированным в турбонасосе с частотой вращения 83000 об/мин. В вычислениях использовались следующие параметры: модуль Юнга $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\mu=0,3$; плотность $\rho=7850$ кг/м³; полная масса ротора 4,3 кг; момент инерции ротора составляет $4,88 \cdot 10^{-3}$ кг/м²; скорость вращения ротора - 83000 об/мин.

Активное управление позволяет изменять жесткость и демпфирующие свойства АКП, которое помогает изменить собственные частоты системы ротора. Рисунок 4 показывает диаграмму Кэмпбелла для роторной системы с АКП. Точка 1 для всех значений собственных частот соответствует первому возможному состоянию роторной системы (при включенных электромагнитах жесткость опорного узла $3,7 \cdot 10^{10}$ Н/м), точка 2 соответствует второму возможному состоянию (при выключенных электромагнитах жесткость опорного узла $2,2 \cdot 10^8$ Н/м). При подходе к критической частоте, соответствующей первому состоянию роторной системы, меняется значение напряжения на электромагнитах, жесткость опорного узла уменьшается, роторная система переходит во второе состояние, которому соответствует значение критической частоты меньше текущей рабочей частоты ротора. При выходе на рабочую частоту вращения управляющие параметры можно подобрать таким образом, чтобы обеспечить минимальную виброактивность роторной системы.

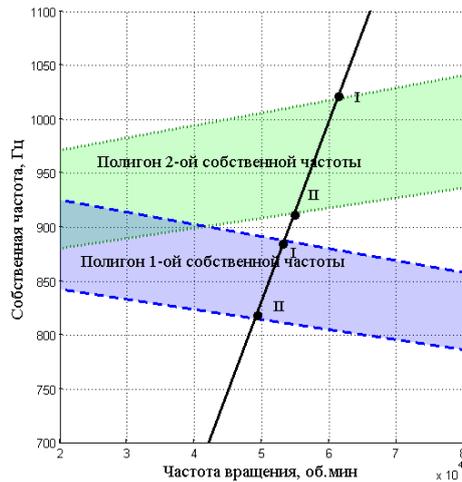


Рисунок 4 - Диаграмма Кэмпбелла для ротора в активных комбинированных подшипниках

На рисунке 5 показан процесс переключения между двумя различными уровнями жесткости АКП и его влияние на значения амплитуды колебаний ротора. Ротор имеет две различные собственные частоты для каждого значения жесткости АКП. Данный принцип позволяет сформулировать задачу управления, как преодоление резонансных частот с минимальными значениями амплитуды колебаний. Следовательно, процесс управления будет следующим. Во время разгона ротора при подходе к первой критической частоте АКП, соответствующей первому уровню жесткости, происходит переключение подшипника на второй уровень жесткости, где значение амплитуды колебаний находится в диапазоне между первой и второй критической скоростью второго уровня жесткости. При приближении ко второй критической частоте второго уровня жесткости, подшипник переключается на первый уровень жесткости, поэтому значение амплитуды колебаний становится в диапазоне после второй критической частоты первого уровня жесткости. Представленный алгоритм исключает возможность увеличения амплитуды колебаний при прохождении критических частот. Алгоритм может быть продлен для прохождения следующих критических частот до номинальной частоты вращения.

Алгоритм работы электромагнитных актуаторов (рис. 5,б) может быть разработан из имеющихся значений критических частот (рис. 5,а) и разгонной характеристики роторной машины (рис. 5,в).

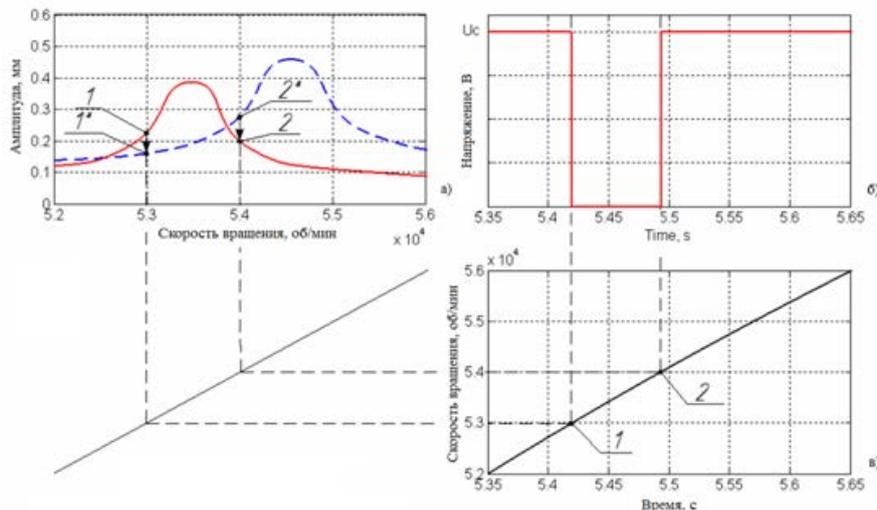


Рисунок 5 - Связь между динамическими параметрами системы ротора и управляющего напряжения, подаваемого на электромагнитные актуаторы

Таким образом, теоретическая модель многомассового жесткого ротора на АКП позволяет определить частотную характеристику ротора, выявить резонансные зоны с учетом переменной жесткости подшипников, определить взаимное влияние силовых факторов комбинации подшипников и необходимое время включения и выключения электромагнитных приводов для уменьшения значения вибрации при прохождении резонансных частот.

Работа выполнена по результатам прикладного научного исследования «Разработка активных комбинированных подшипниковых узлов роторных агрегатов летательных аппаратов» в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (соглашение №14.574.21.0044 о предоставлении субсидии, уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57414X0044).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханович, М.Г. Опоры жидкостного трения и комбинированные опоры [Текст] / М.Г. Ханович. - Ленинград: Машгиз, 1960. - 272 с.
2. Паркер, Р. Экспериментальная оценка серии гибридных подшипников качения [Текст] / Р. Паркер, Д. Флеминг. - NASA TN D-7011, 1970. - 27 с.
3. Бютнер, М. Долговечные подшипники главного двигателя Шаттла [Текст] / М. Бютнер, Б. Мёрфи. - NASA CR179455, 1986. - 163 с.
4. Нильсон, К. Комбинированные подшипники в турбомашиностроении [Текст] / К. Нильсон. - NASA CR-168124, 1982. - 386 с.
5. Андерсон, В. Гибридные подшипники - новый концепт высокоскоростных подшипников [Текст] / В. Андерсон, Д. Флеминг. - ASME J. Lubr. Techn. 94, 1972.
6. Понькин, В.Н. Совмещенные опоры быстроходных турбомашин, принципы конструирования и экспериментальное исследование [Текст] / В.Н. Понькин, Л.В. Горюнов, В.В. Такмовцев. - Казань: КГТУ, 2003. - 62 с.
7. Носов, В.Б. Подшипниковые узлы современных машин и приборов [Текст]: энциклопедический справочник / В.Б. Носов. - М.: Машиностроение, 1997. - 640 с.
8. Прокопенко, В.А. Динамика шпиндельных гидростатических подшипников при использовании схемы управления с регуляторами динамика шпиндельных гидростатических подшипников при использовании схемы управления с регуляторами [Текст] / В.А. Прокопенко, И.А. Чернов // Теория механизмов и машин. - 2007. - № 9.
9. Сарычев, А. П. Особенности управления активными электромагнитными подшипниками газоперекачивающих агрегатов с гибкими роторами. Вопросы электромеханики [Текст]: труды НПП ВНИИЭМ / А.П. Сарычев, И.Г. Руковицын. - М. - 2009. - Т. 113. - № 6.
10. Сарычев, А. П. Математическая модель ротора для анализа управления магнитными подшипниками. Вопросы электромеханики [Текст]: Труды НПП ВНИИЭМ / А.П. Сарычев, И.Г. Руковицын. - М. - 2008. - Т. 107.
11. Феодосьев, В.И. Сопrotивление материалов [Текст] / В.И. Феодосьев. - М.: МГТУ им. Баумана, 1999. - 592 с.
12. Работнов, Ю. Н. Сопrotивление материалов [Текст] / Ю.Н. Работнов. - М.: Физматгиз, 1962. - 456 с.
13. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа [Текст] / Л.Г. Лойцянский. - М.: Наука, 1978. - 736 с.
14. Коровчинский, М. В. Теоретические основы работы подшипников скольжения [Текст] / М.В. Коровчинский. - М.: Машгиз, 1959. - 404 с.
15. Константиnescу, В.Н. Подшипники скольжения: расчет, проектирование, смазка [Текст] / В.Н. Константиnescу и др. - Бухарест: АН РНР, 1964. - 458 с.
16. Дроздович, В.Н. Газодинамические подшипники [Текст] / В.Н. Дроздович. - М.: Машиностроение, 1976. - 208 с.
17. Хори, Ю. Гидродинамическая теория смазки [Текст] / Ю. Хори. - Springer, 2005.
18. Харрис, Т. Анализ подшипников качения. Основные понятия технологии подшипников качения [Текст] / Т. Харрис, М. Котсалас. - CRC Press, Boca Raton.
19. Харрис, Т. Анализ подшипников качения. Дополнительные понятия технологии подшипников качения [Текст] / Т. Харрис, М. Котсалас. - CRC Press, Boca Raton.
20. Журавлев, Ю.Н. Активные магнитные подшипники: теория, расчет, применение [Текст] / Ю.Н. Журавлев. - СПб.: Политехника, 2003. - 206 с.

21. Хамой, А. Проектирование подшипников в машиностроении [Текст] / А. Хамой. - N.-Y., 2003. - 628 с.
22. Тебекин, М.Д. Проблемы эксплуатации шаровых опор легковых автомобилей [Текст] / М.Д. Тебекин, А.А. Катунин, А.Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - №3(30). - С.42-45.

Бондаренко Максим Эдуардович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29
Аспирант кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

Поляков Роман Николаевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

Савин Леонид Алексеевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Мехатроника и международный инжиниринг»
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

Майоров Сергей Владимирович

НТЦ «АПМ»
Адрес: Россия, 141070, Московская область, г. Королев, Октябрьский бульвар, д.14, офис 6
Канд. техн. наук, доцент
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

R.N. POLYAKOV, S.V. MOROZOV, M.E. BONDARENKO, L.A. SAVIN

MULTIMASS ROTOR DYNAMICS IN ACTIVE COMBI-NATED BEARINGS

The paper focuses on the results of studying the dynamic behavior of a multi-mass asymmetric rigid rotor on the active hybrid bearings (AHB) including a rolling bearing, a gas-dynamic multi-foil bearing and a system of the electromagnetic and piezo actuators. The mechanisms of electromagnetic and piezo actuators operation are described by a simulation model based on the equations describing electromagnetism and piezo effect. The results of mathematical modeling in the form of Campbell diagrams, the frequency response of the rotor-bearing system, the stiffness of the AHB.

Keywords: rotor, hybrid bearings, stiffness, natural frequencies, active control.

BIBLIOGRAPHY

1. Hanovich, M.G. Oporы zhidkostnogo treniya i kombinirovannye opory [Tekst] / M.G. Hanovich. - Lenin-grad: Mashgiz, 1960. - 272 s.
2. Parker, R. Eksperimental'naya otsenka serii gibridnykh podshipnikov kacheniya [Tekst] / R. Parker, D. Fleming. - NASA TN D-7011, 1970. - 27 s.
3. Byutner, M. Dolgovechnye podshipniki glavnogo dvigatelya Shattla [Tekst] / M. Byutner, B. Miorfi. - NASA CR179455, 1986. - 163 s.
4. Nil'son, K. Kombinirovannye podshipniki v turbomashinostroenii [Tekst] / K. Nil'son. - NASA CR-168124, 1982. - 386 s.
5. Anderson, V. Gibridnye podshipniki - novyy kontsept vysokoskorostnykh podshipnikov [Tekst] / V. Anderson, D. Fleming. - ASME J. Lubr. Techn. 94, 1972.
6. Pon`kin, V.N. Sovmeshchennye opory bystrokhodnykh turbomashin, printsipy konstruirovaniya i eksperi-mental'noe issledovanie [Tekst] / V.N. Pon`kin, L.V. Goryunov, V.V. Takmovtsev. - Kazan`: KGTU, 2003. - 62 s.
7. Nosov, V.B. Podshipnikovyе uzly sovremennykh mashin i priborov [Tekst]: entsiklopedicheskiy spravoch-ник / V.B. Nosov. - M.: Mashinostroenie, 1997. - 640 s.
8. Prokopenko, V.A. Dinamika shpindel'nykh gidrostaticheskikh podshipnikov pri ispol'zovanii skhemy upravleniya s regulyatorami dinamika shpindel'nykh gidrostaticheskikh podshipnikov pri ispol'zovanii skhemy upravleniya s regulyatorami [Tekst] / V.A. Prokopenko, I.A. Chernov // Teoriya mekhanizmov i mashin. - 2007. - № 9.

9. Sarychev, A. P. Osobennosti upravleniya aktivnymi elektromagnitnymi podshipnikami gazoperekachivayushchikh agregatov s gibkimi rotorami. Voprosy elektromekhaniki [Tekst]: trudy NPP VNIIEМ / A.P. Sarychev, I.G. Rukovitsyn. - M. - 2009. - T. 113. - № 6.
10. Sarychev, A. P. Matematicheskaya model` rotora dlya analiza upravleniya magnitnymi podshipnikami. Voprosy elektromekhaniki [Tekst]: Trudy NPP VNIIEМ / A.P. Sarychev, I.G. Rukovitsyn.- M. - 2008. - T. 107.
11. Feodos`ev, V.I. Soprotivlenie materialov [Tekst] / V.I. Feodos`ev. - M.: MGTU im. Baumana, 1999. - 592 s.
12. Rabotnov, YU. N. Soprotivlenie materialov [Tekst] / YU.N. Rabotnov. - M.: Fizmatgiz, 1962. - 456 s.
13. Loytsyanskiy, L.G. Mekhanika zhidkosti i gaza [Tekst] / L.G. Loytsyanskiy. - M.: Nauka, 1978. - 736 s.
14. Korovchinskiy, M. V. Teoreticheskie osnovy raboty podshipnikov skol`zheniya [Tekst] / M.V. Korovchinskiy. - M.: Mashgiz, 1959. - 404 s.
15. Konstantinesku, V.N. Podshipniki skol`zheniya: raschet, proektirovanie, smazka [Tekst] / V.N. Konstantinesku i dr. - Bukharest: AN RNR, 1964. - 458 s.
16. Drozdovich, V.N. Gazodinamicheskie podshipniki [Tekst] / V.N. Drozdovich. - M.: Mashinostroenie, 1976. - 208 s.
17. Hori, YU. Gidrodinamicheskaya teoriya smazki [Tekst] / YU. Hori. - Springer, 2005.
18. Harris, T. Analiz podshipnikov kacheniya. Osnovnye ponyatiya tekhnologii podshipnikov kacheniya [Tekst] / T. Harris, M. Kotsalas. - CRC Press, Boca Raton.
19. Harris, T. Analiz podshipnikov kacheniya. Dopolnitel`nye ponyatiya tekhnologii podshipnikov kacheniya [Tekst] / T. Harris, M. Kotsalas. - CRC Press, Boca Raton.
20. ZHuravlev, YU.N. Aktivnye magnitnye podshipniki: teoriya, raschet, primeneniye [Tekst] / YU.N. ZHuravlev. - SPb.: Politekhnik, 2003. - 206 s.
21. Hamoy, A. Proektirovanie podshipnikov v mashinostroenii [Tekst] / A. Hamoy. - N.-Y., 2003. - 628 s.
22. Tebekin, M.D. Problemy jekspluatatsii sharovykh opor legkovykh avtomobilej/M.D. Tebekin, A.A. Katunin, A.N. Novikov//Mir transporta i tehologicheskikh mashin.-2010. -№3(30). -S.42-45.

Bondarenko Maxim Aduardovich

FGBOU VO «Prioksky State University»
Address: Russia, 302020, Oryol, Naugorskoe Shosse. 29
Student of «International Mechatronics and Engineering»
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

Polyakov Roman Nikolaevich

FGBOU VO «Prioksky State University»
Address: Russia, 302020, Oryol, Naugorskoe Shosse, 29
Kand. tehn. professor of «International Mechatronics and Engineering»
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

Savin Leonid Alekseevich

FGBOU VO «Prioksky State University»
Address: Russia, 302020, Oryol, Naugorskoe Shosse. 29
Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. the department «International Mechatronics and Engineering»
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

Mayorov Sergey Vladimirovich

NTC «APM»
Address: Russia, 141070, Moscow region, Korolev, October Blvd., 14, office 6
Kand. tehn. Sciences, Associate Professor
E-mail: maxbondarenko22@yandex.ru

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ И СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Рассмотрены проблемы разработки надёжных транспортных и технологических машин. Рассмотрено ряд научных теорий с позиций математического и имитационного моделирования процессов, происходящих в элементах конструкции ТТМ. Установлено, что теория вероятностей оперирует понятием случайность, а не понятием неопределённость, а иерархически структурированная техническая система может быть описана потенциально и кинетически сопряжёнными субэлементами. Дана характеристика вариационного принципа развития функционирования системы. В доказательной форме представлено, что устойчивость систем определяется порогом сложности и их структурным разнообразием. Установлено, что безотказность технических систем обеспечивается параметрической инвариантностью каждого сопряжения конструкции. Обосновано, что исследование надёжности транспортных и технологических машин на основе различных научных теорий позволяет найти дополнительные пути повышения эффективности их надёжности.

Ключевые слова. *Транспортные, технологические машины, наука, теория, моделирование, система, элемент, устойчивость, инвариантность, разнообразие, эффективность.*

Транспортная стратегия правительства Российской Федерации до 2030г предусматривает решение широкого круга проблем, выводящих страну на мировой уровень. При этом очевиден дисбаланс в сфере использования транспортных и технологических машин, заключающийся практически в полномасштабном замещении отечественного производства импортными. Высокая надёжность импортных ТТМ подтверждается на практике, тем самым обеспечивая их конкурентоспособность, не смотря на высокие закупочные затраты и содержание.

Для повышения конкурентоспособности отечественные производители ТТМ идут по пути увеличения их производительности, базируясь на внедрении новых технологий и разработках, повышающих их надёжность.

В свою очередь повышение надёжности техники требует дополнительных исследований не только в рамках отдельных научных теорий, но и работ на стыке научных теорий [1-20].

В данной статье рассмотрено ряд научных теорий с позиций математического и имитационного моделирования процессов происходящих в элементах конструкции ТТМ.

Общеизвестен вероятностный характер надёжности технической системы, в нашем случае, ТТМ, количественно выражающий определённые состояния её элементов при воздействии различных как внутренних, так и внешних факторов.

Учитывая, что теория вероятностей оперирует понятием случайность, а не понятием неопределённость, то следует установить различия между ними. В общем случае понятие неопределённость указывает на невозможность чёткой формализации процесса или явления, а вот оперировать понятием случайность имеет смысл только тогда, когда физически реализуется свойство статической устойчивости событий или величин.

Иерархически структурированная техническая система в конечном итоге может быть описана потенциально и кинетически сопряжёнными субэлементами, физико-статистические закономерности которых характеризуются усреднёнными параметрами системы многих частиц (энергии, скорости, импульса) с макроскопическими свойствами (температурой, давлением, объёмом, энтропией). Для повышения уровня определённости усредняются параметры очень большого количества частиц.

Следует отметить, что вероятность всегда является условной по отношению к некоторому комплексу условий.

Техническая система должна обладать структурной устойчивостью всех элементов, что в свою очередь гарантирует надёжность системы в целом.

В работах [1, 14, 15, 19] дана характеристика вариационного принципа развития функционирования системы. В доказательной форме представлено, что устойчивость систем определяется порогом сложности и их структурным разнообразием.

Т.к. каждый элемент системы параметрически определим, то закон их изменения выражается произведениями сомножителей отражающих внутреннее состояние и внешнее взаимодействие.

Представляется возможным дать описание «закона устойчивости» технической системы в виде предварительной (пока на качественном уровне) формулы (1): устойчивость системы (P) пропорциональна соотношению числа внутрисистемных связей (ΣC) к числу ее элементов (ΣM) и обратно пропорциональна потерям энергии потока $\left(\frac{I}{\Delta E}\right)$ в каждом звене системы:

$$P = f\left(\frac{\Sigma C}{\Sigma M}; \frac{I}{\Delta E}\right). \quad (1)$$

Формула «закона устойчивости» технической системы позволяет представить концепцию теории развития технических систем - развитие систем предопределяется принципом энергетического минимума: система тем жизнеспособней, чем меньше потери проводимого ею потока энергии.

Техническая система - это, прежде всего, последовательность преобразований или передач энергии, а эффективная система - это система с малыми потерями на эти преобразования и передачи процесса, в форме образования постоянно наращивающейся элементами, усложняющими её структуру. Наращивание над- и подсистем, необходимых для обслуживания рассматриваемой системы, также требует затрат энергии, что, следовательно, ведёт к образованию потенциальных каналов для потоков энергии.

Любой элемент сложной технической системы имеет своё многокомпонентное отражение.

Техническая система образуется из функций, которые в свою очередь создают фрактальную структуру, воспринимаемую как иерархическую. Вполне вероятно, что фрактал - это ещё одна основа законов развития технических систем. И если принцип энергетического минимума выявляет физическую основу закона развития технических систем, то фрактал - математическую. При этом следует иметь в виду, что фрактальная форма свойственна именно процессу развития структуры системы, а не самой структуре, но не исключается возможность существования структуры во фрактальной форме.

Для исследования динамики ТТМ в различных стадиях жизненного цикла применима теория фрактальных трещин, модель трения для фрактальных поверхностей, т.е. исследования проводятся с позиций фрактального подхода.

В свою очередь, при разработке методик оценки безотказности элементов системы, более применима теория динамических систем, рассматривающая не структуру системы, а процессы в них происходящие, с точками бифуркации каналами передачи энергии [2, 5-9, 11, 16, 17, 18, 20-22].

Очевиден вывод, т.к. устойчивая система структурирована элементами, в которых происходящие процессы энергетически минимальны, т.е. стабильно неизменны, то можно выполнять описание устойчивости системы с точки зрения теории инвариантов.

Инварианты (латинское *invariantis*- неизменяющийся) - числа, математические выражения и т.п., связанные с каким-либо математическим объектом и остающиеся неизменными при определённых преобразованиях этого объекта или системы отсчёта, в которой описывается объект. Иными словами, если инвариант для двух несовпадающих друг с другом внешних ситуаций характеризуется двумя наборами различных аргументов, для него справедливо соотношение

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x'_1, x'_2, \dots, x'_n). \quad (2)$$

Моделирование системы или процессов, происходящих в её элементах, основывается на субъективной оценке факторов и показателей, выявляя инвариантные [1, 8, 14, 15, 19]. Правильность выбора требует математического подтверждения. Приёмом такого подтверждения может служить доказательство тождественного равенства нулю вариаций инварианта по выродившимся его аргументам. Таким образом, инварианты последовательно подключаются друг к другу, что обеспечивает устойчивость системы в целом.

Для построения дерева инвариантов процессов необходима универсальная в общем случае (или ограниченная в частностях) их классификация. Следует учитывать, что развитие научных теорий и появление новых будет расширять полноту охвата всех процессов.

В настоящее время широкое распространение получила теория больших систем, в частности, исследования в области оценки синергетических свойств различных технических систем.

Все элементы технической системы взаимосвязаны и характеризуются сменой состояний взаимозависимости протекающих в них процессах. Наиболее важным для выполнения ресурсных показателей транспортных машин является процесс приработки. С позиции синергетики период приработки для машины можно назвать процессом самоорганизации элементов системы.

Базируясь на многочисленных исследованиях предыдущих лет в этот период взаимодействующие элементы всех систем машины путём приработки, принимают те оптимальные показатели и характеристики, которые впоследствии и станут основными при выполнении машины целевых задач [6-10].

В этот период система приспособляется, а точнее адаптируется не столько к внешней среде эксплуатации, сколько к факторам, формирующим внутреннюю среду существования элементов взаимодействия. При этом адаптация идёт в сторону поиска оптимального энергетического минимума.

Следует отметить, что разные части системы даже теоретически не могут развиваться равномерно - это запрещает принцип энергетического минимума. Неравномерность свойственна и фракталу. Траектории потоков энергии а, следовательно, состояние элементов системы будет меняться скачкообразно, что впрочем, уже имеет доказательную научную и статистическую базу.

Рассмотрим процесс самоорганизации элементов системы машины с позиций детерминированного подхода, в данном случае входные данные (в числе которых могут входить и начальные условия) полностью определяют решение. Для нелинейных систем существуют такие параметры, при которых возможны «пороговые» явления решения: ветвление, скачки, катастрофы и т.п. До достижения критических параметров траектории динамической системы могут притягиваться некоторым аттрактором (предельной точкой траектории). Но по достижении критического параметра картина резко меняется, и динамическая система начинает вести себя по-другому. Её траектории могут стремиться к некоторому циклу значений, которые будут повторяться вновь и вновь («странные аттракторы»). Но, если параметры системы будут увеличиваться, эта последовательность начинает вести себя беспорядочно («скры-

вается к хаосу»). Она, хоть и определена динамическим законом и детерминированным начальным значением, но, тем не менее, непредсказуема [10, 19].

Безусловно, с увеличением сложности технической системы возрастает число возможных вариантов её структуры. Число вариантов структурных схем по порядку элементов велико, в качестве примера представляется базовая (типовая) схема (рис.1).

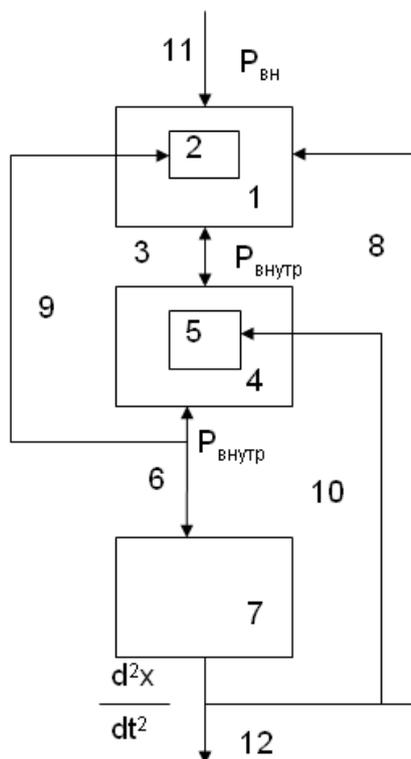


Рисунок 1 - Принципиальная схема алгоритмов процесса [1, 19]:

1 и 4 - потенциальные субэлементы; 2 и 5 - их параметры; 7 - кинетический элемент;
3 и 6 прямые связи (внутренние силовые воздействия); 8, 9 и 10 - обратные связи;
11 - внешнее силовое воздействие; 12 - выход системы

На данной схеме отражены процессы взаимодействия элементов, имеющие в своей структуре два потенциальных субэлемента 1, 4 и один кинетический субэлемент 7. Анализ схемы позволяет установить, как минимум три случая процессного взаимодействия с обратной связью 8, 9 и 10 [1, 14, 15].

Следует учитывать, что процесс развития той или иной конкретной технической системы представляет собой процесс изменения параметров, структуры, а также принципов действия всех подсистем технической системы, кроме основной - функциональной. Представление технической системы в виде единства главной полезной функции и принципа действия показывает, что замена принципа действия системы приводит к появлению совершенно иной технической системы.

Используя закон вариативности, базовая схема математически может быть представлена выражением [1, 15]:

$$R_t = R_{t_0} e^{at} \quad (3)$$

где R_t - текущее значение принятого параметра;

R_{t_0} - условно принятое за начальное значение параметра;

e - основание натуральных логарифмов;

a - постоянная;

t - время, отсчитываемое от момента, соответствующего R_{t0} .

Общий системный признак технической системы: несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих её элементов ведёт к противоречиям. Поскольку механизм действия противоречий в технической системе невозможно раскрыть без учёта процессов, происходящих в системе, то основной формой представления противоречия в теории развития технических систем является физическое противоречие [10].

В физических противоречиях отношения противоречий формируются на уровне внутреннего функционирования технической системы, на котором производятся все манипуляции по формированию нового облика технической системы и которое придаёт всем действиям вид абсолютной объективности.

Логическая же структура физических противоречий получается из логической структуры технических противоречий путём отрицания ветви, приводящей к нежелательному эффекту.

Объективность процедуры выявления технических противоречий обеспечивается выявлением всех элементов логической структуры противоречия с установлением причинно-следственной связи между ними, то есть между изменением состояния узлового компонента и улучшением или ухудшением состояний технической системы. При этом недостаточно обозначить только основные элементы системы, необходимо выявить и зафиксировать все промежуточные звенья, составляющие причинно-следственные цепочки. Причинная картина кроме действия, являющегося непосредственной причиной некоторого явления (состояния, эффекта) должна включать и структуру, в которой осуществляется данное причинное действие в той или иной структуре приводит к соответствующему следствию.

Необходимо быть уверенным в правильности и объективности выявления технических противоречий, которые для исследователей являются базисом при научном обосновании надёжности, функциональности, экологичности и безопасности ТТМ.

ВЫВОДЫ

1. Система - это совокупность не объектов, а процессов, при этом сам объект становится абстракцией, воспринимаемой через процессы (связи), т.е., всякая система представляет собой процессную структуру;

2. Дано обоснование структурной устойчивости технической системы, как фактора гарантирующего её надёжность, при этом физическая основа развития системы базируется на принципе энергетического равновесия элементной структуры;

3. Установлено, что безотказность технических систем обеспечивается параметрической инвариантностью каждого сопряжения конструкции.

4. Расширение исследований надёжности транспортных и технологических машин на основе позиций различных научных теорий позволяет найти дополнительные пути повышения эффективности их функционирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов, А.А. Структура и семантика вариационной оптимизации транспортных машин и технологических процессов в общей теории систем [Текст]: монография / А.А. Богомолов, М.В. Бунин, Н.С. Севрюгина. - Белгород: БГТУ, 2009. - 83 с.

2. Венцель, Е.С. Методы оценки технической безопасности строительных, дорожных и других машин [Текст] / Е.С. Венцель, Н.С. Севрюгина // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Харьков: Национальный автомобильно-дорожный университет. - 2013. - №63. - С. 56-61.

3. Виленкин, С.Я. Статистическая обработка результатов исследования случайных функций [Текст] / С.Я. Виленкин. - М.: Энергия, 1979. - 320 с.

4. Дудников, Е.Г. Построение математических моделей химико-технологических объектов [Текст] / Е.Г. Дудников, В. С. Балакирев, В. Н. Кривсунов и др. - Ленинград: Химия, 1970. - 312 с.

5. Ешуткин, Д.Н. Анализ проблемы экологической и дорожной безопасности автотранспортных средств в России [Текст] / Д.Н. Ешуткин, М.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Гос-

университет-УНПК. - 2009 - № 3 (26). - С. 79-82.

6. Зорин, В.А. Анализ работоспособности элементов металлоконструкций машин с применением аппарата теории катастроф [Текст] / В.А. Зорин, Н.И. Баурова // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - М.: МАДИ. - 2009. - № 1. С. 7-10.

7. Зорин, В.А. Использование конечно-элементной модели для оценки надежности и безопасности металлоконструкции автомобиля [Текст] / В.А. Зорин, Н.И. Баурова // Автотранспортное предприятие. - 2010. - № 12. - С. 37-40.

8. Зорин, В.А. Дорожные, строительные и коммунальные машины: требования безопасности [Текст]: учебное пособие / В.А. Зорин, В.А. Даугелло, Н.С. Севрюгина. - М.: ООО «Техполиграфцентр», 2008. - 201 с.

9. 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. Костецкий, Б.И. Надежность и долговечность машин [Текст] / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, Л.И. Бершадский и др. - Киев: Техника, 1975. - 408 с.

11. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Ивашук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2009. - № 1. - С. 107-111.

12. Розанов, Ю.А. Случайные процессы (краткий курс) [Текст] / Ю.А. Розанов. - М.: Наука, 1971. - 288 с.

13. Севрюгина, Н.С. Анализ влияния ресурсных характеристик элементной базы и систем автомобиля на показатель комфортности водителя [Текст] // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2015. - № 3 (50). - С. 12-16.

14. Севрюгина, Н.С. Интегрирование теории вероятности случайных процессов в информационно-аналитическом комплексе мониторинга работоспособности дорожных машин [Текст] // Интерстроймех - 2015. - Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет. - 2015. - С. 188-192.

15. Севрюгина, Н.С. Вариационная трактовка жизненного цикла технических систем [Текст] / Н.С. Севрюгина, А.А. Богомолов // Строительные и дорожные машины. - 2010. - №10. - С. 48-52.

16. Севрюгина, Н.С. Модернизация строительных и дорожных машин как фактор целевых установок [Текст] / Н.С. Севрюгина // Строительные и дорожные машины. - 2007. - №7. - С. 28-29.

17. Севрюгина, Н.С. Ресурсная модернизация самоходных машин [Текст] / Н.С. Севрюгина, В.М. Бабин // Строительные и дорожные машины. - 2007. - №9. - С. 49-53.

18. Севрюгина, Н.С. Совершенствование методов управления надежностью строительных и дорожных машин путем мониторинга моторных масел [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Надежда Савельевна Севрюгина. - Орел: Орловский государственный технический университет, 2004. - 16 с.

19. Севрюгина, Н.С. Теория формирования технической безопасности полного жизненного цикла транспортных и технологических машин [Текст]: монография / Н.С. Севрюгина. - Белгород: БГТУ, 2012. - 179 с.

20. Трясцин, А.П. Методологические аспекты системного анализа опасностей при эксплуатации мобильных самоходных машин сельскохозяйственного назначения [Текст] / А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, О.Н. Данилина // Вестник АПК Верхневолжья. - 2009. - № 3. - С. 77-80.

21. Трясцин, А.П. Обеспечение системного подхода к технологической безопасности мобильных самоходных машин путем разработки базовых технологических блоков [Текст] / А.П. Трясцин // Известия Орловского государственного технического университета. - Серия: Строительство и транспорт. - 2006. - № 3-4. - С. 102-105.

22. Трясцин, А.П. Формирование комплексной технологической безопасности автотранспортных систем [Текст] / А.П. Трясцин // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2013. - № 3 (42). - С. 89-94.

23. Новиков, А.Н. Окраска автомобилей при ремонте: монография/А.Н. Новиков, А.С. Бодров. -Орел: ОрелГТУ, 2008. -127с.

24. Новиков А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами. Дисс.докт. техн. наук. -М., 1999. 270 с.

Севрюгина Надежда Савельевна

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»

Адрес: 302020, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: nssev1@yandex.ru

Кулева Наталья Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

N.S. SEVRUYGINA, N.S. KULEVA

EVALUATION OF THE EFFICACY OF VARIOUS SCIENTIFIC THEORIES IN RESEARCH THE CHARACTERISTICS OF RELIABILITY OF COMPONENTS AND SYSTEMS OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINERY

The problems of the development of reliable transport and technological machines. Considered a number of scientific theories from the standpoint of mathematical and simulation processes occurring in subassemblies TTM. Found that the probability theory operates the notion of randomness, rather than the notion of uncertainty and hierarchically structured technical system can be described potentially and kinetically conjugate subelementami. The characteristic of the variational principle for the development of the functioning of the system. In evidence submitted to the form that the sustainability of systems is determined by the threshold of complexity and their structural diversity. Found that the reliability of technical systems parametric invariant each conjugation structure. It is proved, that the study of reliability of transport and technological machines on the basis of the various scientific theories allows you to find additional ways to improve their reliability.

Keywords: transport, technological machines, science, theory, modeling, system element, resistance, invariance, diversity, efficiency.

BIBLIOGRAPHY

1. Bogomolov, A.A. Struktura i semantika variatsionnoy optimizatsii transportnykh mashin i tekhnologicheskikh protsessov v obshchey teorii sistem [Tekst]: monografiya / A.A. Bogomolov, M.V. Bunin, N.S. Sevryugina. - Belgorod: BGU, 2009. - 83 s.
2. Ventsel', E.S. Metody otsenki tekhnicheskoy bezopasnosti stroitel'nykh, dorozhnykh i drugikh mashin [Tekst] / E.S. Ventsel', N.S. Sevryugina // Vestnik Har'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. Har'kov: Natsional'nyy avtomobil'no-dorozhnyy universitet. - 2013. - №63. - S. 56-61.
3. Vilenkin, S.YA. Statisticheskaya obrabotka rezul'tatov issledovaniya sluchaynykh funktsiy [Tekst] / S.YA. Vilenkin. - M.: Energiya, 1979. - 320 s.
4. Dudnikov, E.G. Postroyeniye matematicheskikh modeley khimiko-tekhnologicheskikh ob'ektov [Tekst] / E. G. Dudnikov, V. S. Balakirev, V. N. Krivsunov i dr. - Leningrad: Himiya, 1970. - 312 s.
5. Eshutkin, D.N. Analiz problemy ekologicheskoy i dorozhnoy bezopasnosti avtotransportnykh sredstv v Rossii [Tekst] / D.N. Eshutkin, M.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gos-universitet-UNPK. - 2009 - № 3 (26). - S. 79-82.
6. Zorin, V.A. Analiz rabotosposobnosti elementov metallokonstruktsiy mashin s primeneniem ap-parata teorii katastrof [Tekst] / V.A. Zorin, N.I. Baurova // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - M.: MADI. - 2009. - № 1. S. 7-10.
7. Zorin, V.A. Ispol'zovanie konechno-elementnoy modeli dlya otsenki nadezhnosti i bezopasnosti metallokonstruktsii avtomobilya [Tekst] / V.A. Zorin, N.I. Baurova // Avtotransportnoe predpriyatie. -2010. - № 12. - S. 37-40.
8. Zorin, V.A. Dorozhnye, stroitel'nye i kommunal'nye mashiny: trebovaniya bezopasnosti [Tekst]: uchebnoe posobie / V.A. Zorin, V.A. Daugello, N.S. Sevryugina. - M.: OOO «Tekhpolygon», 2008. - 201 s.
9. Zorin, V.A. Trebovaniya bezopasnosti k nazemnym transportnym sistemam [Tekst]: uchebnyy / V.A. Zorin, V.A. Daugello, N.S. Sevryugina. - Belgorod: BelGTU, 2009. - 186 s.
10. Kostetskiy, B.I. Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin [Tekst] / B.I. Kostetskiy, I.G. Nosovskiy, L.I. Ber-shadskiy i dr. - Kiev: Tekhnika, 1975. - 408 s.
11. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo akusticheskoy sredy [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2009. - № 1. - S. 107-111.
12. Rozanov, YU.A. Sluchaynye protsessy (kratkiy kurs) [Tekst] / YU.A. Rozanov. - M.: Nauka, 1971. - 288 s.
13. Sevryugina, N.S. Analiz vliyaniya resursnykh kharakteristik elementnoy bazy i sistem avtomobilya na pokazatel' komfortnosti voditelya [Tekst] // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2015. - № 3 (50). - S. 12-16.

14. Sevryugina, N.S. Integrirovanie teorii veroyatnosti sluchaynykh protsessov v informatsionno-analiticheskom komplekse monitoringa rabotosposobnosti dorozhnykh mashin [Tekst] // Interstroymekh - 2015. - Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet. - 2015. - S. 188-192.
15. Sevryugina, N.S. Variatsionnaya traktovka zhiznennogo tsikla tekhnicheskikh sistem [Tekst] / N.S. Sevryugina, A.A. Bogomolov // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2010. - №10. - S. 48-52.
16. Sevryugina, N.S. Modernizatsiya stroitel'nykh i dorozhnykh mashin kak faktor tselevykh ustanovok [Tekst] / N.S. Sevryugina // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2007. - №7. - S. 28-29.
17. Sevryugina, N.S. Resursnaya modernizatsiya samokhodnykh mashin [Tekst] / N.S. Sevryugina, V.M. Babin // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2007. - №9. - S. 49-53.
18. Sevryugina, N.S. Sovershenstvovanie metodov upravleniya nadezhnost'yu stroitel'nykh i dorozhnykh mashin putem monitoringa motornykh masel [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / Nadezhda Savel'evna Sevryugina. - Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2004. - 16 s.
19. Sevryugina, N.S. Teoriya formirovaniya tekhnicheskoy bezopasnosti polnogo zhiznennogo tsikla transportnykh i tekhnologicheskikh mashin [Tekst]: monografiya / N.S. Sevryugina. - Belgorod: BGTU, 2012. - 179 s.
20. Tryastin, A.P. Metodologicheskie aspekty sistemnogo analiza opasnostey pri ekspluatatsii mo-bil'nykh samokhodnykh mashin sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Tekst] / A.P. Tryastin, YU.N. Baranov, O.N. Danilina // Vestnik APK Verkhnevolzh'ya. - 2009. - № 3. - S. 77-80.
21. Tryastin, A.P. Obespechenie sistemnogo podkhoda k tekhnologicheskoy bezopasnosti mobil'nykh samokhodnykh mashin putem razrabotki bazovykh tekhnologicheskikh blokov [Tekst] / A.P. Tryastin // Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Seriya: Stroitel'stvo i transport. - 2006. - № 3-4. - S. 102-105.
22. Tryastin, A.P. Formirovanie kompleksnoy tekhnologicheskoy bezopasnosti avtotransportnykh sistem [Tekst] / A.P. Tryastin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2013. - № 3 (42). - S. 89-94.
23. Novikov, A.N. Okraska avtomobilej pri remonte: monografiya/A.N. Novikov, A.S. Bodrov. -Orel: OrelGTU, 2008. -127s.
24. Novikov A.N. Tehnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detalej sel'skohozhajstvennoj tehniki iz aljuminievyyh splavov jelektrohimicheskimi sposobami. Diss.dokt. tehn. nauk. -M., 1999. 270 s.

Sevryugina Nadegda Savelievna

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302020, Russia, Orel, ul. Moscow, d. 77

Kand. tehn. professor of «Service and repair of machinery»

E-mail: nssevr@yandex.ru

Kuleva Natalya Sergeevna

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: Rossia, 302030, g. Orel, Moscows Street., 77

Master degree

E-mail: srmostu@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

В.И. ВОРОБЬЕВ, О.В. ИЗМЕРОВ, М.И. БОРЗЕНКОВ, С.О. КОПЫЛОВ

ФРИКЦИОННЫЕ АВТОКОЛЕБАНИЯ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ПРИ ВНЕШНЕМ ВОЗМУЩЕНИИ

Исследовано влияние внешнего возмущения на автоколебания в тяговом приводе локомотива. Для математической модели двухмассовой колебательной системы предложена методика определения режима захватывания и бигармонического режима и нахождения параметров движения при этих режимах. Установлена принципиальная возможность синхронизации автоколебаний привода со второй и третьей гармониками динамического момента в приводе.

Ключевые слова: двухмассовая колебательная система, фрикционные автоколебания, тяговый привод локомотива.

Нарушение сцепления между колесом и рельсом локомотива приводит к возникновению высоких нагрузок в элементах тягового привода [1], которые многократно превышают нагрузки от реализации режима тяги и могут вызывать разрушения деталей экипажной части с опасностью крушений (например, поломки оси колесной пары). Радикальный путь решения этой проблемы был предложен в работах [2, 3] в виде устройств, регулирующих коэффициент сцепления колеса с рельсом путем воздействия на зону контакта электрического тока или магнитного поля. Вместе с тем, в эксплуатации еще длительное время будут оставаться локомотивы, не имеющие устройств регулирования коэффициента сцепления, в связи с чем исследование автоколебаний в системе тягового привода локомотива остается актуальным. Наименее исследованным вопросом в этой области является влияние на развитие автоколебаний различных внешних возмущений, действующих в приводе, при этом остается неясным, могут ли внешние возмущения существенно менять характер и статистические параметры автоколебаний в приводе. Настоящая статья является попыткой ответа на этот вопрос.

Исследованию фрикционных автоколебательных процессов в приводах транспортных машин посвящено большое количество теоретических и экспериментальных работ [4, 5, 6, 7] Большинство теоретических работ выполнялись для двухмассовых систем. На основании этих работ представляется невозможным дать точную количественную оценку характеристикам сложных (многомассовых систем), но с их помощью становится возможной оценка влияния ряда конструктивных характеристик на автоколебательные процессы.

В этой статье влияние гармонического возмущения на фрикционные автоколебательные процессы в тяговом приводе локомотива также рассмотрено для двухмассовой системы.

Рассмотрим двухмассовую систему, для которой J_1 - приведенный момент инерции ведущих частей тягового привода; J_2 - приведенный момент инерции ведомых масс привода; C_{12} - приведенная жесткость общего валопровода. Моменты $M_{дв}$ и $M_{тр}$ представляют собой движущий момент тягового электродвигателя и момент сил сопротивления (сцепления) между колесной парой и рельсом.

Зависимость $M_{дв}$ от скорости вращения вала обычно принимают линейной [4] и аналитически записывают в виде:

$$M_{дв} = M_o - k\dot{\phi}, \quad (1)$$

где k – тангенс угла наклона механической характеристики.

Помимо этого, на валу асинхронного двигателя имеет место пульсирующая составляющая момента, которая представляется в виде:

$$M_{п} = M_1 \sin pt, \quad (2)$$

где M_1 – амплитудное значение пульсирующей составляющей момента;

$p = 6f_1$ – частота возмущающего (пульсирующего) момента;

f_1 – частота питающего АД напряжения.

Таким образом, окончательно выражение для вращающего момента может быть записано:

$$M_{дв} = M_0 - k\dot{\phi}_1 + M \sin pt. \quad (3)$$

Зависимость $M_{тр}$ от скорости скольжения колеса по рельсу принимается криволинейной [4] и записывается в виде:

$$M_{тр} = A\dot{\phi}_2^3 - B\dot{\phi}_2 + C \text{sign} \dot{\phi}_2, \quad (4)$$

где А, В, С – коэффициенты, учитывающие форму кривой сил сопротивления.

С учетом выражений (1-4) уравнения движения для двухмассовой системы могут быть записаны в виде:

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\phi}_1 + C_{12}(\phi_1 - \phi_2) = M_0 - k\dot{\phi}_1 + M \sin pt; \\ J_2 \ddot{\phi}_2 + C_{12}(\phi_2 - \phi_1) = B\dot{\phi}_2 - A\dot{\phi}_2^3 - c \text{sign} \dot{\phi}_2. \end{cases} \quad (5)$$

Если частота возмущений силы p близка к частоте автоколебаний $\omega = \sqrt{\frac{C_{12}}{J_1} + \frac{C_{12}}{J_2}}$, в

системе возможны два режима движения: периодический режим захватывания, когда автоколебания системы полностью синхронизированы (захвачены) частотой внешнего воздействия и так называемый «бигармонический» режим, при котором в системе наряду с вынужденными колебаниями частоты возмущающей силы существуют еще и отличные от них по частоте автоколебания. В работах [8, 9, 10] показано, что эффект захватывания возможен при произвольно малой амплитуде возмущающей силы.

Для систем с одной степенью свободы иногда удается явно находить интервал частот $p_1 < p < p_2$, в котором наблюдается периодический режим захватывания. Для систем с двумя и более степенями свободы такой интервал, как правило, можно найти лишь приближенно с использованием вычислительной техники.

В работе [4] показано, что автоколебательная система «колесо-рельс» может быть принята слаболинейной. При таком допущении для решения системы дифференциальных уравнений могут применяться асимптотические методы.

Исследования процесса синхронизации фрикционных автоколебаний с частотой внешней возмущающей силы проводилось методом медленно меняющихся коэффициентов [11, 12].

В основе этого метода лежит гипотеза о наличии порождающего решения, за которое берется решение системы при равенстве нулю коэффициента при нелинейной функции. Впервые для исследования нелинейных уравнений этот метод применил Ван-дер-Поль [8]. Также этот метод получил развитие в работах [12, 13, 14].

При исследовании процесса методом медленно меняющихся коэффициентов система (5) была приведена к виду:

$$\begin{cases} \psi'_{10} = \alpha_{10} - \varepsilon_{11}\psi_{10} - \alpha_{11}\psi_{10}^3 - \beta_{11}\psi_{10}(a^2 + b^2) - \omega A_0; \\ a' = \varepsilon_{22}a - \xi_1 b - \alpha_{21}\psi_{10}^2 a - \alpha_{22}a(a^2 + b^2) + \omega B_1; \\ b' = -\alpha_{30} + \varepsilon_{22}b + \xi_1 a - \alpha_{21}\psi_{10}^2 b - \alpha_{22}b(a^2 + b^2) - \omega A_1. \end{cases} \quad (6)$$

Данную систему можно использовать для определения автоколебаний и проверки их устойчивости. Для этого достаточно положить в системе (6) $a = 0$, $\xi_1 = 0$, $\alpha_{30} = 0$, $b > 0$.

В итоге получим систему:

$$\begin{cases} \psi'_{10} = \alpha_{10} - \varepsilon_{11}\psi_{10} - \alpha_{11}\psi_{10}^3 - \beta_{11}\psi_{10}b^2 - \omega A_0; \\ b' = \varepsilon_{22}b - \alpha_{21}\psi_{10}^2b - \alpha_{22}b^3 - \omega A_1. \end{cases} \quad (7)$$

В ходе дальнейшего исследования было выяснено, что для определения зоны захватывания фрикционных автоколебаний частотой возмущающей силы необходимо решить систему (7) и определить устойчивость автоколебаний. Затем решать систему (6) и выяснить устойчиво ли решение. Если решение устойчиво, то имеет место захватывание, если нет – то имеется бигармонический режим (режим биений).

Для исследования бигармонического режима (процесса биений) в автоколебательной системе в качестве исходных данных принимается общее решение системы:

$$\begin{cases} \varphi_1'' + m_1(\varphi_1 - \varphi_2) = \bar{M} \sin \tau; \\ \varphi_2'' + m_2(\varphi_2 - \varphi_1) = 0, \end{cases}$$

которое имеет вид:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \varphi_{10} + \psi_{10}\tau + A_1 \sin \tau + a \sin(v\tau + \theta); \\ \varphi_2 = \varphi_{10} + \psi_{10}\tau + A_2 \sin \tau - \frac{J_1}{J_2} a \sin(v\tau + \theta), \end{cases} \quad (8)$$

где

$$v = \sqrt{m_1 + m_2} = \frac{\omega}{p}, \quad A_1 = \frac{(1 - m_2)\bar{M}}{m_1 + m_2 - 1}, \quad A_2 = \frac{m_2\bar{M}}{m_1 + m_2 - 1},$$

$\varphi_{10}, \psi_{10}, a, \theta$ - произвольные постоянные.

Будем искать приближенное решение системы (6) в виде:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \varphi_{10} + \psi_{10}\tau + A_1 \sin \tau + a \sin(v\tau + \theta); \\ \varphi_2 = \varphi_{10} + \alpha + \psi_{10}\tau + A_2 \sin \tau + \left(b - \frac{\pi}{J_2} a\right) \sin(v\tau + \theta + \beta), \end{cases} \quad (9)$$

где φ_{10} - произвольная постоянная;

ψ_{10}, a, θ - медленно меняющиеся функции времени, производные которых по времени первого порядка малости, а вторые производные – второго порядка малости; поправки на амплитуду - b и частоту - β медленно меняющиеся функции времени первого порядка малости, а производные от поправок по времени – второго порядка малости.

Вычисляем, сохраняя лишь члены первого порядка малости и, упрощая, получим следующие выражения для нахождения стационарных решений системы:

$$\begin{aligned} (a^\circ)^2 &= \frac{\varepsilon_{21}}{\varepsilon_{23}} - \frac{\varepsilon_{22}}{\varepsilon_{23}} (\psi_{10}^\circ)^2, \\ (\psi_{10}^\circ)^3 + d_1\psi_{10}^\circ - d_0 &= 0. \end{aligned}$$

Далее исследуем устойчивость бигармонического режима стандартным методом.

Для определения режимов стационарных колебаний необходимо решить систему уравнений (6) относительно ψ_{10}, a, b .

Представим первое уравнение системы (6) в виде двух функций:

$$\begin{aligned} D &= \alpha_{10} - \varepsilon_{11}\psi_{10} - \alpha_{11}\psi_{10}^3, \\ F(T) &= \beta_{11}\psi_{10}T^2 + \omega A_0, \end{aligned}$$

где $T = a^2 + b^2$

$$\begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq T < \frac{J_2}{J_1} \psi_{10}; \\ \frac{2}{\pi} \arcsin\left(\frac{J_2 \psi_{10}}{J_1 T}\right), & \text{если } T > \frac{J_2}{J_1} \psi_{10}. \end{cases}$$

При фиксированном ψ_{10} , функция D будет постоянной величиной и функция $F(T)$ будет функцией одной переменной T . Анализируя эти зависимости, рассматриваем два случая:

1. $F(T_{кр}) > \omega$, 2. $F(T_{кр}) < \omega$

В первом случае график функции $F(T)$ имеет вид, представленный на рисунке 1, во втором случае – на рисунке 2.

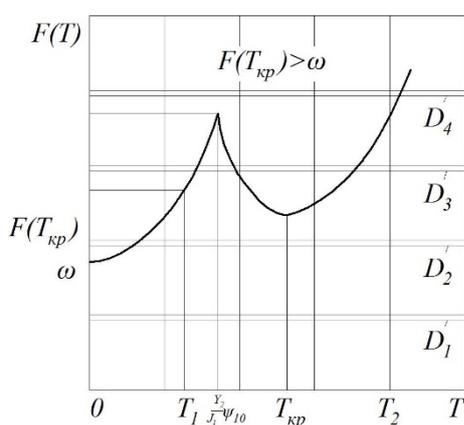


Рисунок 1 - Функция $F(T)$

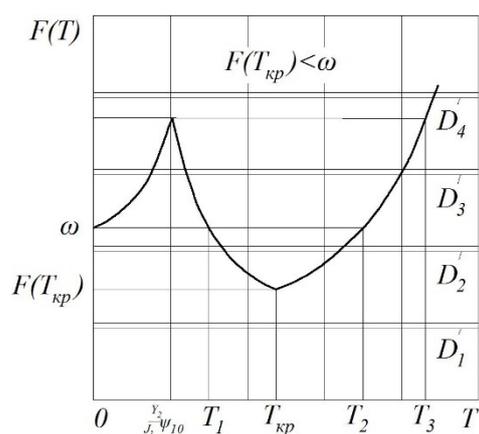


Рисунок 2 - Функция $F(T)$

Решаем первое уравнение системы (6) при фиксированном ψ_{10} относительно $T = a^2 + b^2$. Подставляя найденное значение T в оставшиеся два уравнения системы (6) определяем значения a и b , а затем и величину $\Delta = T - (a^2 + b^2)$.

Если для двух близких значений ψ_{10} величина Δ меняет знак, то, значит, в этом случае мы имеем решение всей системы (6).

В качестве примеров на рисунках 3-6 приведены графики относительной амплитуды

колебаний $\frac{A}{a}$ в зависимости от величины расстройки $-\xi$ (A – амплитуда колебаний при дей-

ствии гармонического возмущения, a – амплитуда фрикционных автоколебаний, ξ – величина, определяющая близость частоты фрикционных автоколебаний к частоте гармонического возмущения). На графиках точками $B-B'$, $C-C'$, $D-D'$ обозначены переходы из области синхронизации автоколебаний в область бигармонического режима (режима биений). Как видно из рисунка 7, между результатами определения зависимости $A/a = f(\xi)$ аналитическими и численными методами наблюдается удовлетворительная сходимость. Заштрихованные области на графиках показывают зоны, где амплитуда скорости скольжения превосходит среднюю скорость скольжения ψ_2 и может переходить в область отрицательных значений.

В реальной системе индивидуального тягового привода современного локомотива возможно преимущественно возникновение двух форм автоколебаний: автоколебания колес-

ной пары локомотива, при которых колеса движутся в противофазе, и так называемые автоколебания тягового привода, под которыми подразумеваются автоколебания колесной пары, как единого целого, на упругой связи колесной пары и ротора тягового электродвигателя (ТЭД) [15]. Вероятность обнаружения других форм автоколебаний зависит от конструктивных особенностей конкретного привода и экипажной части. Так, колебания ТЭД на траверсной подвеске возможны в случае отсутствия упругих звеньев между ротором ТЭД и колесной парой и наличие упругой связи между ТЭД и рамой тележки, колебания наддрессорного строения – в случае значительного перераспределения нагрузки по осям локомотива при реализации силы тяги, продольные автоколебания тележки – при существенной податливости продольной связи между кузовом и тележкой.

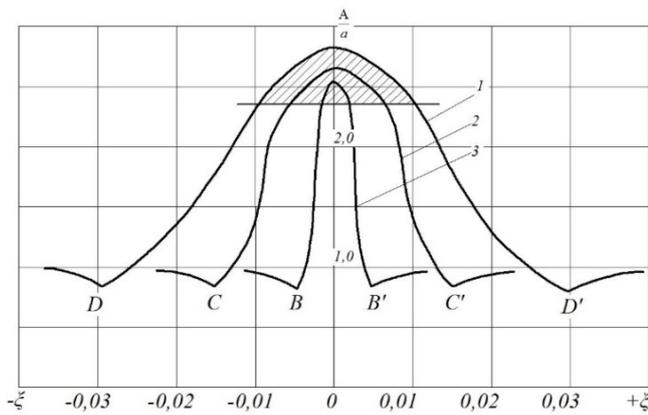


Рисунок 3 - Зависимость относительной амплитуды колебаний A/a от расстройки ξ :
 1- $M=0,28M_0$, 2- $M=0,16M_0$, 3- $M=0,05M_0$, $K=58 \cdot 10^3$ Нм/рад, $J_1/J_2=1,8$; $C_{12}=0,25 \cdot 10^7$ Нм/рад

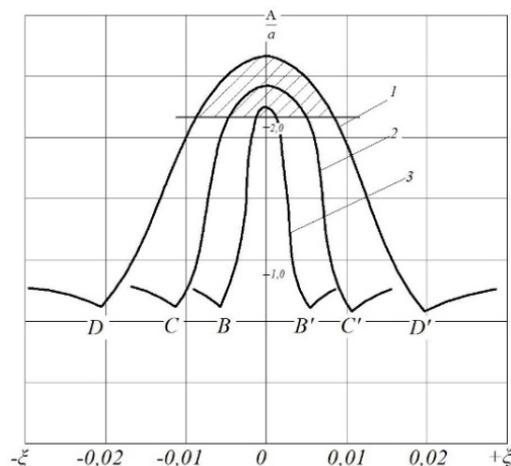


Рисунок 4 - Зависимость относительной амплитуды колебаний A/a от расстройки ξ :
 1- $M=0,28M_0$, 2- $M=0,16M_0$, 3- $M=0,05M_0$, $K=68 \cdot 10^3$ Нм/рад, $J_1/J_2=1,8$; $C_{12}=0,25 \cdot 10^7$ Нм/рад

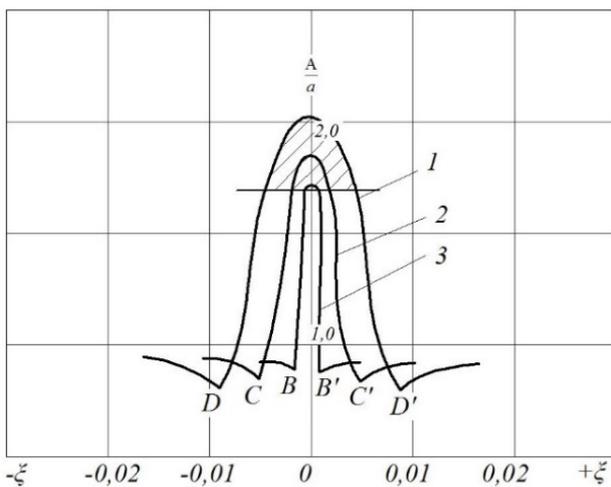


Рисунок 5 - Зависимость относительной амплитуды колебаний A/a от расстройки ξ :
 1- $M=0,28M_0$, 2- $M=0,16M_0$, 3- $M=0,05M_0$, $K=68 \cdot 10^3$ Нм/рад, $J_1/J_2=2,1$; $C_{12}=0,25 \cdot 10^7$ Нм/рад

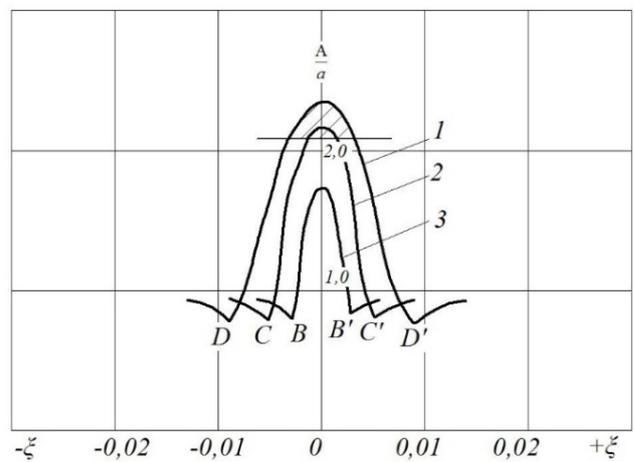


Рисунок 6 - Зависимость относительной амплитуды колебаний A/a от расстройки ξ :
 1- $M=0,28M_0$, 2- $M=0,16M_0$, 3- $M=0,05M_0$, $K=68 \cdot 10^3$ Нм/рад, $J_1/J_2=1,8$; $C_{12}=0,5 \cdot 10^7$ Нм/рад

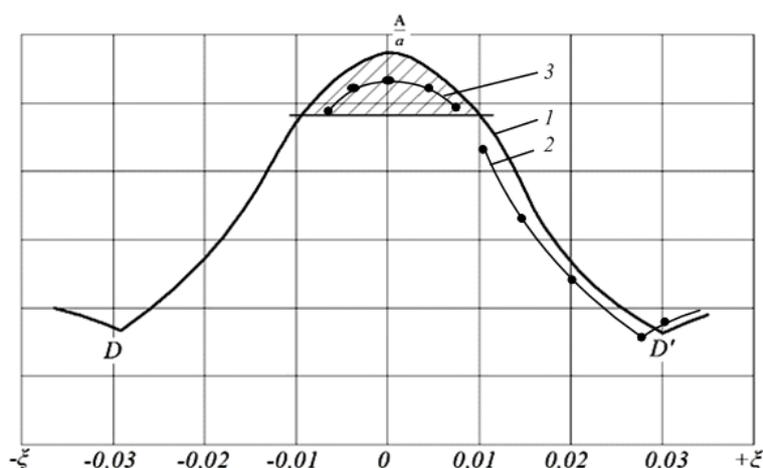


Рисунок 7 - Зависимость $A/a=f(\xi)$: 1- рассчитанные с использованием аналитического метода; 2- полученные численным интегрированием; 3 - с учетом восходящего участка коэффициента сцепления

Рассматривая эти две типичные формы колебаний, отметим, что для автоколебаний колесной пары исследование влияние возмущающей силы, то есть пульсации тягового момента будет представлять интерес лишь в том случае, если частота этих пульсаций будет сопоставима с частотой автоколебаний, в противном случае мгновенное значение тягового момента можно просто рассматривать, как квазистатическое по отношению к процессу автоколебаний. Однако, если крутильная жесткость связи ротора ТЭД и колесной пары, приведенная к оси колесной пары, сопоставима с жесткостью самой оси колесной пары, то развитию процесса автоколебаний колесной пары препятствуют удары зубьев в тяговой передаче.

Отсюда следует, что практический интерес для исследований влияния возмущающего момента в тяговом приводе на процесс автоколебаний представляют, прежде всего, автоколебания тягового привода.

Как показывают экспериментальные исследования тяговых приводов различных конструкций, с диаметром колеса от 510 до 1250 мм, частота автоколебаний привода в наибольшем числе случаев приходится на диапазон 12...14 Гц, что обусловлено конструктивными особенностями привода и экипажной части локомотива. Например, на основе данных отчетов ВНИКТИ, частота автоколебаний тягового привода локомотивов 2ТЭ10Л – 8,2...13 Гц, 2ТЭ121 – 12,5...13 Гц, ЧС200 – 13 Гц.

Частота динамического момента, возникающего в тяговом приводе от колебаний надрессорного строения и периодических ударов при проезде неровностей, обычно находится в диапазоне 4...8 Гц, что указывает на принципиальную возможность синхронизации автоколебаний привода со второй - третьей гармоникой динамического момента в приводе. В частности, известно, что при исследовании электровоза с монодвигательным приводом с полым валом типа Жакмен в кривых на уклонах возникали крутильные колебания с частотой 10...15 Гц и динамическим моментом, в несколько раз превышавшим расчетный тяговый момент по условиям сцепления [16].

Таким образом, исследования автоколебательных режимов при внешнем гармоническом возмущении позволяют сделать следующие выводы:

- синхронизация частоты автоколебаний наступает даже при малой амплитуде возмущающей силы;
- в режиме синхронизации амплитуда колебаний значительно больше по сравнению с амплитудой в режиме автоколебаний;

- границы области синхронизации зависят как от амплитуды возмущающей силы, так и от параметров системы: моментов инерции ведомого – J_2 ведущего – J_1 валов, жесткости валопровода – C_{12} , коэффициента наклона механической характеристики двигателя – k ;

- увеличение k приводит к уменьшению области синхронизации и увеличению амплитуды колебаний, увеличение C_{12} приводит к снижению амплитуды колебаний и к сужению области синхронизации, а увеличение отношения J_1/J_2 приводит к сужению области синхронизации;

- в режиме биений амплитуда комбинационных колебаний не превышает амплитуды автоколебаний системы и с увеличением расстройки (разности между частотой возмущающей силы и частотой автоколебаний) стремится к амплитуде автоколебаний;

- в тяговом приводе локомотива явление синхронизации автоколебаний с внешним полигармоническим возмущением, предположительно, возможно при возникновении фрикционных автоколебаний привода, которые могут синхронизироваться с одной из гармоник динамического момента в приводе (для изучения данного явления предложена и запатентована конструкция стенда).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров, О.В. Техническая инновационика. Проектирование конкурентоспособных машин [Текст]: монография / О.В. Измеров и др.; под ред. А.С. Космодамианского. - Орел: Госуниверситет - УНПК, 2013. - 415 с.
2. Борзенков, М.И. Особенности синтеза механической части энергосберегающего тягового привода локомотивов [Текст] / М.И. Борзенков, В.И. Воробьев, О.В. Измеров и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: Госуниверситет-УНПК. – 2015. - № 1(309).
3. Воробьев, В.И. Методы поиска конструкции тягового привода локомотива с минимальными потерями энергии в эксплуатации [Текст] / В.И. Воробьев, С.Г. Волохов, О.В. Измеров, В.О. Корчагин; под редакцией О.В. Пилипенко, А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XII международной научно-практической интернет-конференции. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2014. - С. 162-166.
4. Качурин, А.А. Исследование фрикционных автоколебаний тяговых приводов локомотивов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / А.А. Качурин. - Брянск, 1975. - 21 с.
5. Лысак, В.А. Динамика карданных приводов движущих осей тепловозов с гидropередачами [Текст] / В.А. Лысак // Транспортное машиностроение. - 1966. - Вып. 1. - С. 4-6.
6. Лысак, В.А. Динамика трансмиссии тепловоза ТУ6 [Текст] / В.А. Лысак // Транспортное машиностроение. - 1966. - Вып. 7. - С. 8-10.
7. Суздальцев, М.Я. Исследование автоколебаний колесной пары локомотива при боксовании [Текст] / М.Я. Суздальцев, А.А. Воробьева // Труды МИИТ. - 1962. - Вып. 150. - С. 23-30.
8. Ван-дер-Поль Нелинейная теория электрических колебаний [Текст] / Ван-дер-Поль. - Связьиздат, 1935. - 185 с.
9. Теодорчик, К.Ф. Автоколебательные системы [Текст] / К.Ф. Теодорчик. - М.: Гостехиздат. - 1952. - 252 с.
10. Хохлов, Р.В. К теории захватывания при малой амплитуде внешней силы [Текст] / Р.В. Хохлов // ДАН СССР. – 1954. - №3. - С. 411-414.
11. Бутенин, Н.В. Введение в теорию нелинейных колебаний [Текст] / Н.В. Бутенин, Ю.И. Неймарк, Н.А. Фуфаев. – М.: Наука. - 384 с.
12. Бутенин, Н.В. Теория колебаний [Текст] / Н.В. Бутенин. - М.: Высшая школа. – 1963. - 282 с.
13. Боголюбов, Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний [Текст] / Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. - М.: Наука. - Изд. 4-е, исп. и доп. - 1974. - 503 с.
14. Митропольский, Ю.А. Метод усреднения в нелинейной механике [Текст] / Ю.А. Митропольский. – Киев: Наукова думка. - 1971. - 440 с.
15. Беляев, А.И. Повышение надежности экипажной части тепловозов [Текст]: монография / А.И. Беляев, Б.Б. Бунин, С.М. Голубятников и др.; под ред. Л.К. Добрынина. - М.: Транспорт, 1984. - 248 с.
16. Вир, Р.К. Конструкция и опыт эксплуатации мономоторных тележек электровозов железных дорог Индии [Текст] / Р.К. Вир // Железные дороги мира. - 1981. - № 11. - С. 41-46.
17. Ломакин, Д.О. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров, Д.О. Ломакин // Бюллетень транспортной информации. - 2009. - №8 (170). - С. 36-40.
18. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / Новиков Александр Николаевич. - М., 1999. - 270 с.

19. Севрюгина, Н.С. Вариационная трактовка жизненного цикла технических систем [Текст] / Н.С. Севрюгина, А.А. Богомолов // Строительные и дорожные машины. – 2010. - № 10. - С. 48-52.

Воробьев Владимир Иванович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7
Канд. техн. наук, доцент
E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

Измеров Олег Васильевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7
Соискатель по кафедре «Подвижной состав железных дорог»
E-mail: izmerov@yandex.ru

Борзенков Михаил Иванович

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Канд. техн. наук, доцент
E-mail: bim@ostu.ru

Копылов Степан Олегович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7
Аспирант
E-mail: kopylov.stepan@gmail.com

V.I. VOROBIEV, O.V. IZMEROV, M.I. BORZENKOV, S.O. KOPYLOV

SELF-EXCITED FRICTIONAL OSCILLATIONS WITH EXTERNAL HARMONIOUS INDIGNATION IN TRACTION DRIVE

Influence of external indignation on self-oscillations in the locomotive traction drive is investigated. For mathematical model of two-mass oscillatory system the technique of definition of the mode of grab and the biharmonic mode and finding of parameters of the movement at these modes is offered. Basic possibility of synchronization of self-oscillations of the drive with the second and third harmonicas of the dynamic moment in the drive is found.

Keywords: two-mass oscillatory system, frictional self-oscillations, traction drive of the locomotive.

BIBLIOGRAPHY

1. Izmerov, O.V. Tekhnicheskaya innovatsionika. Proektirovanie konkurentosposobnykh mashin [Tekst]: monografiya / O.V. Izmerov i dr.; pod red. A.S. Kosmodamianskogo. - Orel: Gosuniversitet - UNPK, 2013. - 415 s.
2. Borzenkov, M.I. Osobennosti sinteza mekhanicheskoy chasti energosberegayushchego tyagovogo privoda lokomotivov [Tekst] / M.I. Borzenkov, V.I. Vorob`ev, O.V. Izmerov i dr. // Fundamental`nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2015. - № 1(309).
3. Vorob`ev, V.I. Metody poiska konstruksii tyagovogo privoda lokomotiva s minimal`nymi poteryami energii v ekspluatatsii [Tekst] / V.I. Vorob`iov, S.G. Volokhov, O.V. Izmerov, V.O. Korchagin; pod redaktsiey O.V. Pili-penko, A.N. Kachanova, YU.S. Stepanova // Energo- i resursoberezhenie - XXI vek: materialy XII me-zhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. - Oriol: Gosuniversitet-UNPK. - 2014. - S. 162-166.
4. Kachurin, A.A. Issledovanie friktsionnykh avtokolebaniy tyagovykh privodov lokomotivov [Tekst]: avto-ref.dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk / A.A. Kachurin. - Bryansk, 1975. - 21 s.
5. Lysak, V.A. Dinamika kardannykh privodov dvizhushchikh osey teplovozzov s gidroperedachami [Tekst] / V.A. Lysak // Transportnoe mashinostroenie. - 1966. - Vyp. 1. - S. 4-6.
6. Lysak, V.A. Dinamika transmissii teplovoza TU6 [Tekst] / V.A. Lysak // Transportnoe mashino-stroenie. - 1966. - Vyp. 7. - S. 8-10.

№ 1(52) 2016 (январь-март) Технологические машины

7. Suzdal'tsev, M.YA. Issledovanie avtokolebaniy kolesnoy pary lokomotiva pri boksovaniy [Tekst] / M.YA. Suzdal'tsev, A.A. Vorob'eva // Trudy MIIT. - 1962. - Vyp. 150. - S. 23-30.
8. Van-der-Pol' Nelineynaya teoriya elektricheskikh kolebaniy [Tekst] / Van-der-Pol'. - Svyaz'izdat, 1935. - 185 s.
9. Teodorchik, K.F. Avtokolebatel'nye sistemy [Tekst] / K.F. Teodorchik. - M.: Gostekhizdat. - 1952. - 252 s.
10. Hokhlov, R.V. K teorii zakhvatyvaniya pri maloy amplitude vneshney sily [Tekst] / R.V. Hokhlov // DAN SSSR. - 1954. - №3. - S. 411-414.
11. Butenin, N.V. Vvedenie v teoriyu nelineynykh kolebaniy [Tekst] / N.V. Butenin, YU.I. Neymark, N.A. Fufaev. - M.: Nauka. - 384 s.
12. Butenin, N.V. Teoriya kolebaniy [Tekst] / N.V. Butenin. - M.: Vysshaya shkola. - 1963. - 282 s.
13. Bogolyubov, N.N. Asimptoticheskie metody v teorii nelineynykh kolebaniy [Tekst] / N.N. Bogolyubov, YU.A. Mitropol'skiy. - M.: Nauka. - Izd. 4-e, isp. i dop. - 1974. - 503 s.
14. Mitropol'skiy, YU.A. Metod usredneniya v nelineynoy mekhanike [Tekst] / YU.A. Mitropol'skiy. - Kiev: Naukova dumka. - 1971. - 440 s.
15. Belyaev, A.I. Povyshenie nadezhnosti ekipazhnoy chasti teplovozov [Tekst]: monografiya / A.I. Be-lyaev, B.B. Bunin, S.M. Golubyatnikov i dr.; pod red. L.K. Dobrynina. - M.: Transport, 1984. - 248 s.
16. Vir, R.K. Konstruktsiya i opyt ekspluatatsii monomotornykh telezhek elektrovozov zheleznykh dorog Indii [Tekst] / R.K. Vir // Zheleznye dorogi mira. - 1981. - № 11. - S. 41-46.
17. Lomakin D.O. Vybory faktorov, opredeljayushhih kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-celevym metodom / A.N. Novikov, A.S. Bodrov, D.O. Lomakin. // Bjulleten' transportnoj informacii. - 2009. - №8 (170). - s. 36-40.
18. Novikov A.N. Tehnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detalej sel'skohozhaj-stvennoj tehniki iz aljuminievykh splavov jelektrohimičeskimi sposobami. Diss.dokt. tehn. nauk. -M., 1999. 270 s.
19. Sevrjugina N.S., Bogomolov A.A. Variacionnaja traktovka zhiznennogo cikla tehničeskikh sistem // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, 2010, № 10. -S. 48-52.

Vorobiev Vladimir Ivanovich

FGBOU VO «Bryansk State Technical University»

Address: 241035, Russia, g. Bryansk, Boulevard 50th Anniversary of October, etc. 7

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor

E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

Izmerov Oleg Vasilevich

FGBOU VO «Bryansk State Technical University»

Address: 241035, Russia, g. Bryansk, Boulevard 50th Anniversary of October, etc. 7

The applicant in the department of «Railway rolling stock»

E-mail: izmerov@yandex.ru

Borzenkov Mikhail Ivanovich

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302020, Russia, g. Orel, Naugorskoe Highway 29

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor

E-mail: bim@ostu.ru

Kopylov Stepan Olegovich

FGBOU VO «Bryansk State Technical University»

Address: 241035, Russia, g. Bryansk, Boulevard 50th Anniversary of October, etc. 7

Graduate student

E-mail: kopylov.stepan@gmail.com

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

УДК 656.022

С.В. КОНДРАТОВ, А.Н. НОВИКОВ, А.П. ТРЯСЦИН

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

В статье рассмотрены методологические аспекты анализа рисков при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом, в системе «человек – машина – среда – груз» на основе теории чувствительности. Показана возможность экспериментального определения качества вождения при перевозке опасных грузов.

Ключевые слова: анализ, риск, опасный груз, теория чувствительности, транспорт, ИТС.

Тяжесть последствий происшествий при перевозке опасных грузов во много раз выше, чем в ДТП, не связанных с опасными грузами. Отсюда следует вывод, что перевозка опасных грузов заслуживает особого внимания.

Признанной методологией управления сложными объектами и процессами, когда решаемая проблема содержит элементы как количественного, так и качественного характера, является системный подход. Развитие системных представлений характеризуется постепенным переходом от простого к сложному - от структурных понятий к методам функционирования, которые определяют эффективность систем.

Для количественного и качественного анализа опасностей технических объектов широкое распространение получила система «Человек - Машина - Среда» (Ч-М-С), которая представляет собой единый комплекс, предназначенный для выполнения определенных функций. Система Ч-М-С объединяет в себе технические средства, людей и окружающую среду, взаимодействующие друг с другом.

В свою очередь большинство технологических процессов на автомобильном транспорте являются полисистемами, т.е. системами, в состав которых входит коллектив и взаимодействующие с ним технические средства.

Таким образом, в более общем виде под системой Ч-М-С следует понимать некую совокупность моносистем, объединенных между собой в соответствии с протекающими технологическими процессами, а вопрос безопасности системы определяется технологической безопасностью.

Основными компонентами такой системы являются человек, машина, среда, а сложные процессы, происходящие между основными компонентами, нуждаются в управлении.

При рассмотрении безопасности технологических процессов, протекающие с использованием автомобильного транспорта, система Ч-М-С также нашла свое отражение во многих исследованиях. Однако следует отметить, что большинство исследователей системы Ч-М-С представляют ее как моносистему, в которой взаимодействует отдельно взятый человек с отдельно взятой машиной в определенной среде.

Технологическому процессу перевозки опасных грузов, как и любой технической системе, также присущи эти свойства. При этом следует отметить, одну характерную особенность - опасный груз в силу присущих ему особенностей выступает самостоятельным источником опасности и должен быть рассмотрен как отдельный элемент системы. Таким образом, систему Ч-М-С при рассмотрении технологического процесса перевозки опасных

грузов представляется целесообразным дополнить еще одним элементом - грузом, вместе с которым будет образована новая система «Человек - Машина - Среда - Груз» (Ч-М-С-Г).

Исходя из выше сказанного, при разработке проблем риска и технологической безопасности перевозки опасного груза самое пристальное внимание должно быть уделено системному подходу и учету факторов, влияющих на показатели риска - анализ риска. Анализ риска при перевозке опасных грузов может быть определен как процесс идентификации опасностей и оценки риска для людей, участвующих или не участвующих в технологическом процессе, транспортных средств, грузов, сооружений, окружающей природной среды, а также других объектов.

Процесс зарождения и развития риска складывается под влиянием различных факторов и условий, определяемых системой Ч - М - С - Г. Функциональная модель развития риска при перевозке опасных грузов, представлена в виде схемы (рис. 1).

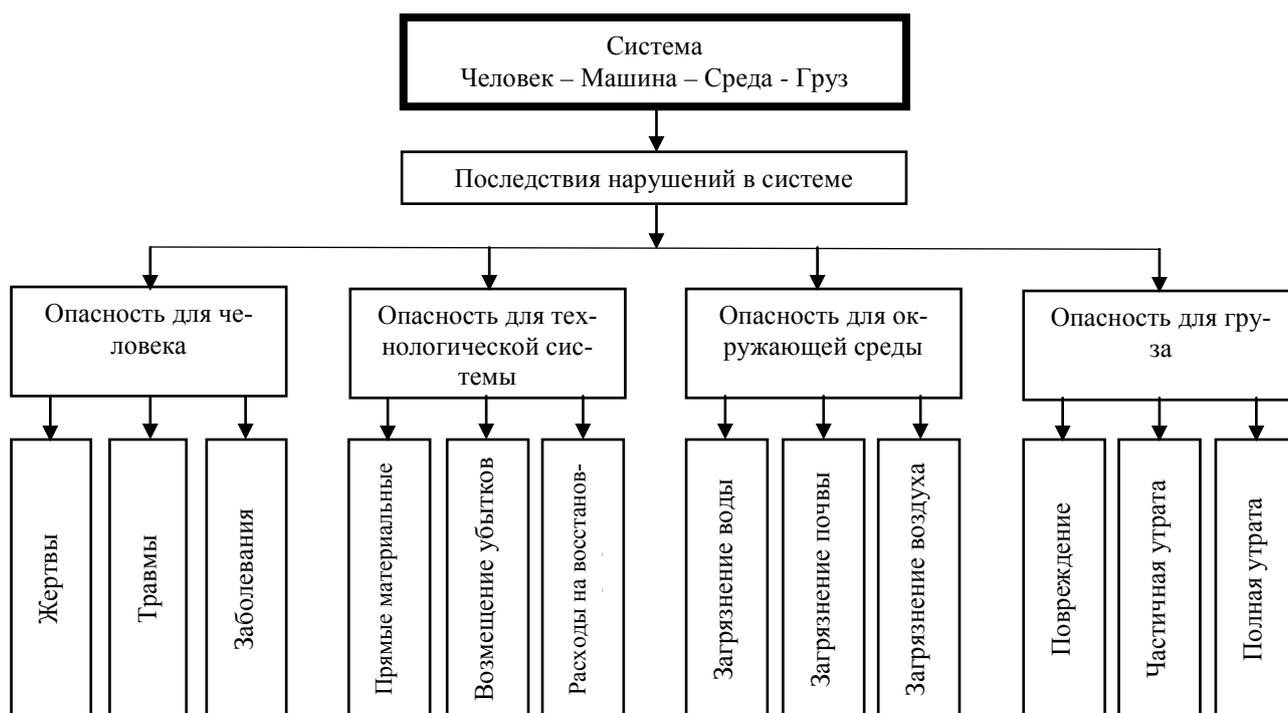


Рисунок 1 – Функциональная модель риска при перевозке опасных грузов

Анализ функциональной модели позволяет выявить первопричины риска, заключенные в свойствах элементов системы. Вследствие возможности возникновения этих причин, технологический процесс перевозки опасных грузов находится в неустойчивом состоянии, т.е. риск является неизбежным фактором.

Результаты анализа риска используются для принятия обоснованных решений по выбору безопасной технологии перевозки. Сложность анализа риска в транспортных системах обусловлена, в первую очередь, тем, что аварийная ситуация потенциально может возникнуть в любой точке маршрута, при этом одинаковые события могут привести к совершенно разным последствиям. Анализ риска в этом случае может быть определен как процесс решения ряда задач: идентификация опасностей в системе; анализ вероятности распределения опасности в пространстве; анализ частоты с разбивкой по причинам; анализ последствий.

Под риском перевозки опасных грузов следует понимать ожидаемую частоту или вероятность возникновения опасностей определенного характера, или размер возможного ущерба (потери), или вред, связанные с ранениями или гибелью людей, потери технико-экономического характера, экологический ущерб от аварий с опасными грузами или комбинацию этих величин.

Процесс зарождения и развития риска складывается под влиянием различных факторов и условий, определяемых системой Ч – М – С – Г. Анализ системы позволяет выявить первопричины риска, заключенные в свойствах элементов системы. Вследствие возможности возникновения этих причин, технологический процесс перевозки опасных грузов находится в неустойчивом состоянии, т.е. риск является неизбежным фактором.

Основным этапом анализа риска является идентификация опасностей. Идентификация опасностей при перевозке опасных грузов имеет свою, ярко выраженную специфику, обусловленную следующими факторами. С одной стороны, риск определяется свойствами перевозимого опасного груза (возможна группировка по грузам, обладающим аналогичными свойствами), с другой стороны, риск во многом зависит от характера маршрута перевозки (объекты через которые проходит маршрут) и, наконец, используемой технологии транспортного процесса. Следовательно, этапом, предшествующим идентификация опасности должно стать четкое и однозначное определение объектов анализа, их группировка, а при необходимости разбивка на отдельные элементы. Результатом идентификации должно стать выявление и четкое описание всех присущих данной системе опасностей.

Анализ риска тесно связан с его оценкой. Под оценкой риска традиционно понимают процесс определения величины риска анализируемой опасности для человека, материальных ценностей и окружающей среды. При оценке риска технологического процесса перевозки опасных грузов представляется целесообразным выделить анализ опасности для жизни и здоровья людей, рассматривая отдельно человека, участвующего в технологическом процессе и попавшего в опасную зону случайно.

В результате проведения анализа должны быть получены данные о частоте риска и их последствиях. Большим недостатком существующих методик оценки риска является то, что вероятность возникновения события, рассматривается в отрыве от возможных последствий. Это обстоятельство часто не позволяет получить объективную информацию о степени опасности того или иного груза, груз оказывается «оторванным» от конкретного маршрута и технологии.

Количественно риск при перевозке опасных грузов обычно оценивают, как вероятность возникновения нежелательного события (инцидента). В теории риска также нашел применение такой показатель величины риска как математическое ожидание величины нежелательных последствий. Применительно к оценке риска при перевозке опасных грузов и, в первую очередь, оценки степени опасности конкретного вида груза, использование этого показателя представляется более рациональным. При этом следует признать, что определение математического ожидания ущерба от перевозки опасного груза потребует нового подхода к формированию информационной базы. Таким образом, принимая во внимание все возможные виды опасных происшествий, вызванные нарушениями в системе Ч – М – С – Г, и количественную оценку риска, математическое ожидание величины ущерба будет определено по следующей зависимости:

$$R_{ог} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot U_i, \quad (1)$$

где P_i – вероятность возникновения i -го опасного события в системе Ч – М – С – Г;

U_i – величина ущерба при i -ом событии.

Следует отметить, что особенностью большинства технологических процессов, связанных с использованием автомобилей, является отсутствие четко выраженных, постоянных по времени и месту проведения технологических операций. В этих условиях оценка риска всей системы представляется сложной, а зачастую трудно выполнимой задачей [1].

Определить, по какому из параметров системы происходит его движение к аварийной ситуации, можно с помощью теории чувствительности для функции состояния технологического процесса.

Основными элементами теории чувствительности являются: дополнительные движения, функции и коэффициенты чувствительности. Коэффициенты и функции чувствительности позволяют оценить влияние изменения отдельных параметров на состояние системы.

В качестве инструмента анализа результатов прогнозирования, полученных предварительно с помощью системы прогнозирования аварийных ситуаций (СИПАС), будем использовать коэффициенты чувствительности.

В общем случае коэффициенты чувствительности определяются в виде частных производных выходных показателей системы по её параметрам. Выходных показателей у различных систем может быть несколько. Коэффициенты чувствительности могут быть определены для всех них, что открывает широкие возможности для исследования зависимости этих показателей от различных внешних и внутренних факторов.

Процедура определения коэффициентов чувствительности позволяет сделать вывод об относительной важности переменных для конкретной функции, в нашем случае - функции состояния рассматриваемой системы, и таким образом выявить переменные с низкими или, напротив, высокими показателями чувствительности.

По результатам такого анализа определяются наиболее критичные параметры технологического процесса.

Определение чувствительности (коэффициентов чувствительности) функции состояния основывается на понятии частного дифференциала:

$$\Delta F(x_i) \approx dF(x_i) = \frac{\partial F(x)}{\partial x_i} \cdot \Delta x_i, \quad (2)$$

где $F(X)$ - функция состояния технологического процесса;

x_i , - один из параметров, воздействующих на значение функции.

Коэффициент чувствительности определяется по следующей формуле:

$$k_i = \frac{\partial F(x)}{\partial x_i} \approx \frac{\Delta F(x_i)}{\Delta x_i} \cdot \quad (3)$$

Коэффициент показывает, насколько изменится значение функции $F(X)$ при изменении одного из параметров x_i , то есть фактически является «скоростью» изменения функции. Расчет коэффициентов чувствительности по всем параметрам x_i , позволяет определить именно тот параметр x_m , к изменению которого наиболее чувствительна функция состояния рассматриваемого процесса (коэффициент чувствительности для параметра x_m будет максимальным), т.е., по какой из переменных значение функции изменяется быстрее всего. Нахождение параметра x_m повышает эффективность прогнозирования аварийной ситуации, так как по найденному параметру x_m риск аварийной ситуации минимизируется в первую очередь.

Из функциональной модели риска видно, что самым слабым параметром системы Ч – М – С – Г является человек (водитель). Водитель может оказывать следующее негативное воздействие на систему:

- ошибочные действия;
- нарушение ПДД и требований;
- неудовлетворительная организация труда;
- нарушения режимов работы.

Одним из перспективных направлений повышения безопасности (снижение риска) является применение Интеллектуальных Транспортных Систем (ИТС) базирующихся на ГНСС (GPS, ГЛОНАСС). Интеллектуальные Транспортные Системы, основанные на взаи-

модействии одного транспортного средства с другим и транспортного средства с дорожной Инфраструктурой, должны обеспечить высокую эффективность и безопасность дорожного движения. ИТС реально увеличивают «временной горизонт», качество и достоверность информации о непосредственной обстановке на дороге, о местоположении других транспортных средств и участниках дорожного движения для обеспечения большей безопасности и мобильности.

Другими словами, интеллектуальные системы предоставляют нам информацию о машинах и их расположении на дороге, информацию о дорожных условиях, позволяют оптимизировать и обезопасить движение в дорожной сети, а также ускорить реакцию на дорожные инциденты и аварии.

Для оценки качества вождения предлагаем методику оценки водителей на основе информационной системы, устанавливаемой на автомобиль. Примером такой системы может выступать устройство оценки качества вождения транспортного средства [3].

Оценка качества вождения определяется умением плавно тормозить и плавно разгоняться, т.е. умением осуществлять изменение скорости ТС, не мешая езде окружающих ТС при одновременном обеспечении условий максимальной комфортности поездки для пассажиров и сохранности перевозимых грузов. Кроме того, в это понятие входит и умение оценивать обстановку на дороге с предугадыванием развития ситуации, что также приводит к осуществлению плавного или резкого торможения ТС. По значению угловой скорости оценивается умение водителя ТС совершать маневры и входить в поворот. По величине колебаний корпуса ТС в вертикальной плоскости оценивается умение водителя ТС преодолевать преграды (лежачие полицейские), а так же ямы и выбоины на дороге.

Получение данных о психосоматическом состоянии водителя происходит посредством измерительных электродов (активного и пассивного) измеряют электропроводимость репрезентативных биологически активных точек (БАТ) на кисти и стопе обследуемого. При измерении электропроводимости БАТ пассивный электрод помещают в руку обследуемого, а активный электрод перемещают последовательно по кожным проекциям 24-х БАТ на его кисти и стопе в определенной последовательности (например, левая рука, правая рука, левая нога, правая нога), по 6 точек на каждую область. Полученные значения электропроводимости (24 измерения по одному человеку) в реальном масштабе времени направляют в компьютер, где их сравнивают с сигналами, предварительно записанными в память компьютера, и по результатам сравнения идентифицируют искомый вид психосоматического состояния [4].

Полученные данные в результате экспериментов сводятся в таблицу для получения общей картины, благодаря которой можно сделать вывод о допуске данного водителя к дальнейшим перевозкам. Ниже представлена таблица с опасными и критическими значениями параметров.

Таблица 1 – Экспериментальная оценка качества вождения

Показатель	Критерий		
	Замедление – ускорение, g , м/с ²	Опасное $4 \leq g \leq 6$	
Абсолютная величина отклонения от вертикали, α , град	Опасное $5 \leq \alpha \leq 8$		Критическое $\alpha > 8$
Скорость изменения угла отклонения от вертикали, μ , град/с	Опасное $0,2 \leq \mu \leq 0,8$		Критическое $\mu > 0,8$
Психосоматическое состояние водителя, γ , мкА	Раздражение $50 \leq \gamma \leq 65$	Нервозность $65 < \gamma \leq 80$	Стресс $\gamma > 80$
Изменение состояния водителя, $\Delta\gamma$, мкА	$\Delta\gamma \leq 30$		$\Delta\gamma > 30$

Предложенная методика позволяет выработать универсальные подходы к обеспечению безопасности, обосновать требования к оборудованию, необходимому при перевозке опасных грузов, обеспечить необходимый уровень подготовки водителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трясцин, А.П. Анализ и оценка риска при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом в АПК [Текст] / Ю.Н. Баранов, А.П. Трясцин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2010. - Т. 26. - № 5. - С. 29-33.
2. Новиков, А.Н. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения [Текст] / А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, В.И. Самусенко, А.М. Никитин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2014. - № 4 (44). - С. 188-195.
3. Трясцин, А. П. Методологические аспекты системного анализа опасностей при эксплуатации мобильных самоходных машин сельскохозяйственного назначения / А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, О.Н. Данилина // Вестник АПК Верхневолжья. - 2009. - № 3. - С. 77-80.
4. Ткалич, С.А. Определение доминирующих параметров риска в системах прогнозирования аварийных ситуаций [Текст] / С.А. Ткалич // Вестник воронежского государственного технического университета. - 2010. - №1.
5. Пат. 124963 Российская Федерация. Устройство оценки качества вождения транспортного средства [Текст] / 29.05.2012.
6. Пат. 2266044 Российская Федерация. Способ определения психосоматического состояния человека [Текст].
7. Кондратов, С.В. Повышение безопасности перевозки опасных грузов на основе использования глобальных навигационных спутниковых систем [Текст] / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет -УНПК». - 2015. - С. 52-57.
8. Кондратов, С.В. О безопасности перевозок опасных грузов с использованием ГНСС [Текст] / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - Ч.1. - №4. - С. 335-338.
9. Кондратов, С.В. Повышение безопасности перевозок опасных грузов при помощи выбора оптимального маршрута [Текст] / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков // Современные материалы, техника и технологии. - 2015. - № 3 (3). - С. 128-132.
10. 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. - 2013. - №1 (40). - С. 85-90.
11. 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. - 2012. - № 4 (39). - С. 69-74.
12. Новиков, А.Н. Модульная технология как средство повышения качества обучения в вузе [Текст] / А.Н.Новиков // Стандарты и мониторинг в образовании. - 2001. - № 2. - С. 40.
13. Новиков, А.Н. Обследование пассажиропотоков на сезонных маршрутах города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, М.В. Кулев, А.В. Кулев, М.М. Савин // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 4 (43). - С. 77-85.
14. Васильева, В.В. Управление качеством акустической среды города на основе нейросетевого моделирования [Текст] / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - №1. - С. 80-83.
15. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: сб. докладов международной научно-технической конференции. -Тюмень, 2006. - С. 146-148.
16. 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.
17. 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 // Тула: Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - № 6. - С. 128-139.
18. Новиков, А.Н. Построение модели функционирования маршрута троллейбуса [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 4 (39). - С. 80-87.

19. 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

20. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: ОГТУ. - 2009. - № 1. - С.107-111.

21. Новиков, А.Н. Профессиональное мышление технического профиля как элемент образовательного нормирования [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет-УНПК. – 2012. - №3(38). – С. 100-102.

22. Новиков, А.Н. Анализ влияния технических неисправностей транспортных средств на уровень дорожной безопасности [Текст] / А.Н. Новиков, М.В. Кулев, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 1(28). - С. 8-12.

23. 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. - 2014. - № 4 (47). - С. 139-142.

Кондратов Сергей Вячеславович

ФГБОУ ВО «Приокский Государственный Университет»

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

Аспирант кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: serg21284@yandex.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

Трясцин Антон Павлович

ФГБОУ ВО «Приокский Государственный Университет»

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

К-т техн. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

S.V. KONDRATOV, A.N. NOVIKOV, A.P. TRYASTSIN

ANALYSIS AND RISK EVALUATION IN THE TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS

The article deals with the methodological aspects of risk analysis for the carriage of dangerous goods by road, in the system «man - machine - environment – cargo» on the basis of the sensitivity theory. The possibility of experimental determination of the quality-driving the carriage of dangerous goods.

Keywords: analysis, risk, dangerous goods, sensitivity theory, transport, ITS.

BIBLIOGRAPHY

1. Trjascin A.P., Analiz i ocenka riska pri perezovke opasnyh gruzov avtomobil'nym transportom v APK / Baranov Ju.N., Trjascin A.P. // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. T. 26. № 5. S. 29-33.
2. Tkalich S.A., Opredelenie dominirujushchih parametrov riska v sistemah prognozirovaniya avarijnyh situacij / Tkalich S. A. // Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2010. №1.
3. Patent № 124963 ot 29.05.2012. «Ustrojstvo ocenki kachestva vozhdenija transportnogo sredstva».
4. Patent № 2266044. «Sposob opredelenija psihosomaticheskogo sostojanija cheloveka».
5. Kondratov S.V., Povyshenie bezopasnosti perezovki opasnyh gruzov na osnove ispol'zovanija global'nyh navigacionnyh sputnikovyh sistem / S.V. Kondratov, A.N. Novikov; pod obshhej redakciej A.N. Novikova // Informacionnye tehnologii i innovacii na transporte. -Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet -UNPK». -2015. -S. 52-57.
6. Kondratov S.V., O bezopasnosti perezovok opasnyh gruzov s ispol'zovaniem GNSS / S.V. Kondratov, A.N.

- Novikov // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. – 2015. – Ch.1. - №4. – S. 335-338.
7. Kondratov S.V., Povyshenie bezopasnosti perevozk opasnyh gruzov pri pomoshhi vybora op-timal'nogo marshruta / S.V. Kondratov, A.N. Novikov // Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii. 2015. № 3 (3). S. 128-132.
8. Novikov A.N., Primenenie intellektual'nyh transportnyh sistem (ITS) dlja povyshenija jef-fektivnosti funkcionirovanija gorodskogo obshhestvennogo transporta /A. N. Novikov, A. L. Sevost'janov, A. A. Katunin, A. V. Kulev//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. -2013. -№1 (40). -S. 85-90.
9. Novikov A.N., Analiz stepeni zagruzki marshrutnoj transportnoj seti goroda Orla /A. N. Novikov, A. L. Sevost'janov, A. A. Katunin, A. V. Kulev//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. -2012. -№ 4 (39). -S. 69-74.
10. Novikov A.N., Modul'naja tehnologija kak sredstvo povyshenija kachestva obuchenija v vu-ze//Standarty i monitoring v obrazovanii. 2001. № 2. S. 40.
11. Novikov A. N., Obsledovanie passazhiropotokov na sezonnyh marshrutah goroda Orla /A. N. Novikov, A. L. Sevost'janov, A. A. Katunin, M. V. Kulev, A. V. Kulev, M. M. Savin//Mir transporta i tehnolo-gicheskikh mashin. - 2013. -№ 4 (43). -S. 77-85.
12. Vasil'eva V.V., Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy goroda na osnove nejrosetevogo modelirovani-ja/V. V. Vasil'eva//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. -2011. -№1. -S. 80-83.
13. Novikov A.N., Upravlenie kachestvom okruzhajushhej sredy regiona pri vozdeystvii avtotrans-porta (na primere Orlovskoj oblasti)/A.N. Novikov, O.A. Ivashhuk/Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konfe-rencii «Problemy jekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tehnologicheskikh mashin». -Tjumen', 2006. S. 146-148.
14. Novikov A.N., Perevozki kak nauka/Novikov A.N., Przhibyl P., Katunin A.A.//Mir transporta i tehnologi-cheskikh mashin. 2014. № 3 (46). S. 96-109.
15. Novikov A.N., Sovershenstvovanie dorozhnoj seti dlja povyshenija ih propusknnoj sposobnosti s ispol'zova-niem sredstv transportnoj telematiki/Novikov A.N., Golenkov V.A., Baranov Ju.N., Katunin A.A., Bodrov A.S.//Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. 2014. № 6. S. 128-139.
16. Novikov A.N., Postroenie modeli funkcionirovanija marshruta trolleybusa/Novikov A.N., Sevost'janov A.L., Katunin A.A., Kulev A.V.//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2012. № 4 (39). S. 80-87.
17. Novikov A.N., Modernizacija ulichno-dorozhnoj seti goroda orla (na primere Naugorskogo shosse) / A.N.Novikov, Ju.N.Baranov, A.A.Katunin, D.D.Matnazarov//Mir transporta i tehnologicheskikh ma-shin. 2014. № 2 (45). S. 86-96
18. Novikov A.N., Puti snizhenija negativnogo vozdeystvija avtotransportnyh potokov na kachestvo akusti-cheskoy sredy / A.N.Novikov, O.A.Ivashhuk, V.V.Vasil'eva//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2009. № 1. S.107-111.
19. Novikov A.N., Professional'noe myshlenie tehničeskogo profilja kak jelement obrazovatel'-nogo normiro-vanija/A. N. Novikov, G. V. Bukalova//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin: Orel, Gosuni-versitet-UNPK, №3(38) 2012, 100-102 s.
20. Novikov A.N., Analiz vlijanija tehničeskikh neispravnostej transportnyh sredstv na uroven' dorozhnoj bezo-pasnosti/A. N. Novikov, M. V. Kulev, A. V. Kulev//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. -2010. -№ 1(28). -S. 8-12.
21. Korchagin V.A., Novikov A.N., Rizaeva Ju.N., Postroenie sinhronizirovannoj i jeffektivnoj logisticheskoy cepi postavok/Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2014. № 4 (47). S. 139-142.

Kondratov Sergey Vyacheslavovich

FGBOU VO «Prioksky State University»
Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya St., 77
Graduate student of «Service and repair of machinery»
E-mail: serg21284@yandex.ru

Novikov Alexander Nikolaevich

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

Tryastin Anton Pavlovich

FGBOU VO «Prioksky State University»
Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya St., 77
Cand. tech. sciences, associate professor of «Service and repair of machinery»
E-mail: srmostu@mail.ru

УДК 656.05

С.П. ОЗОРНИН, В.Г. МАСЛЕННИКОВ, И.Е. БЕРДНИКОВ

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ «МЕРЗЛЫЙ АСФАЛЬТ» НА РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Выявлены основные проблемы реконструкции дорожно-транспортных происшествий при состоянии покрытия мерзлый асфальт. Приведены результаты экспериментов по определению замедления автомобиля при торможении на мерзлом асфальте. По результатам исследования определен риск возникновения дорожно-транспортного происшествия на мерзлом асфальте.

Ключевые слова: Мерзлый асфальт, коэффициент сцепления шин с дорогой, установленное замедление, десублимация, риск возникновения дорожно-транспортного происшествия.

В методиках реконструкции дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в настоящее время нет определения состоянию дорожного покрытия «мерзлый асфальт». При осмотрах мест совершения ДТП, с учетом наличия отрицательной температуры, сотрудник ГИБДД может указать на схеме ДТП состояние покрытия сухой или мерзлый асфальт, руководствуясь сугубо своим субъективным мнением о состоянии дорожного покрытия. А при производстве экспертизы принимаются величины замедления транспортных средств (ТС), установленные в 1995 г. методической рекомендацией Российского федерального центра судебной экспертизы (РФЦСЭ) для всех автомобилей определенной категории без учета специфических особенностей конкретного автомобиля.

Значения коэффициента продольного сцепления шин с дорогой φ приведены во второй части пособия [1]. Они сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Значения коэффициента продольного сцепления шин с дорогой φ

Вид дорожного покрытия	Сухое	Мокрое
Асфальтобетонное или цементобетонное покрытие	0,7-0,8	0,4-0,6
Щебеночное покрытие	0,6-0,7	0,3-0,5
Грунтовая дорога	0,5-0,6	0,2-0,4
Дорога, покрытая укатанным снегом	0,2-0,3	0,2-0,3
Обледенелая дорога	0.1-0.2	0.1-0.2

Данных о состоянии дорожного покрытия «мерзлый асфальт» в указанном пособии нет. Согласно, методического письма [2] коэффициент сцепления шин с покрытием дороги «мерзлый асфальт» $\varphi = 0,4$, что должно соответствовать замедлению автомобиля $J = 3,9 \text{ м/с}^2$.

В отраслевом дорожном методическом документе - Методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожного хозяйства ОДМ 218.8.001-2009 [4] - приведена следующая классификация зимней скользкости:

- *гололед* - вид зимней скользкости, образующийся при выпадении осадков в виде дождя, мороси, тающего снега на дорожное покрытие, имеющее отрицательную температуру;
- *гололедица* - вид зимней скользкости, образующийся при замерзании влаги, имеющейся на дорожном покрытии, при резком понижении температуры воздуха;
- *«черный лед»* - вид зимней скользкости, возникающий на сухой поверхности автомобильной дороги в виде ледяной пленки за счет сублимации водяного пара из воздуха при

температуре поверхности покрытия автодороги ниже 0°C и температуре окружающего воздуха ниже температуры *точки росы* *.

* Точка росы - температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар достигает насыщения и конденсируется на предметах.

На основании выше изложенного можно сделать вывод о том, что в настоящее время в классификации зимней скользкости нет определения состояния покрытия «мерзлый асфальт» и при проведении реконструкции ДТП характеристики этого состояния дорожного покрытия не учитываются.

Исследования, выполненные профессором В.В. Столяровым [1], позволили создать новые методы экспертиз ДТП, позволяющие установить основные причины аварийности на дорогах Российской Федерации. При их реализации выполняется диагностика и оценка опасности элементов автомобильных дорог, как с фактической, так и с допустимой по ПДД скоростью движения автомобиля, участвовавшего в ДТП (с использованием теории риска). Такой подход полностью соответствует требованиям действующего с июля 2003 г. ФЗ Российской Федерации № 184 «О техническом регулировании», в связи с которым оценку безопасности продукции при эксплуатации (в данном случае при эксплуатации автомобильных дорог) следует выполнять по *риску причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу любой формы собственности, окружающей среде и животным с учетом тяжести этого вреда*.

Длительное производство экспертиз по ДТП на территории Забайкальского края и г. Читы выявило необходимость исследования процессов замедления ТС при отрицательных температурах воздуха и поверхности асфальтобетонного покрытия дорог, а также исследования вопроса о соответствии рекомендованного методикой значения коэффициента сцепления шин с покрытием дороги мерзлый асфальт $\varphi = 0,4$ фактическому коэффициенту сцепления.

В соответствии с [3] все виды снежно-ледяных отложений, образующихся на дорожном покрытии, по внешним признакам подразделяют на рыхлый снег, снежный накат и стекловидный лед.

Стекловидный лед появляется на покрытии в виде гладкой стекловидной пленки толщиной от 1 до 3 мм и, изредка, в виде матовой белой шероховатой корки толщиной до 10 мм и более. Отложения стекловидного льда имеют плотность от 0,7 до 0,9 г/см³, а коэффициент сцепления составляет от 0,08 до 0,15. Этот вид зимней скользкости является наиболее опасным. Отложения льда в виде матово-белой корки имеют плотность от 0,5 до 0,7 г/см³. Образование стекловидного льда может иметь различные причины и возможно при различных погодных условиях. Следует отметить два основных варианта появления таких образований.

1. *Замерзание влаги, имеющейся на дорожном покрытии, при резком понижении температуры воздуха*. Такой вид обледенения называют гололедицей. Источниками увлажнения покрытия могут быть дождь, тающий снег, снег с дождем, выпадающие при положительных, но близких к нулю температурах воздуха, а также влага, оставшаяся после обработки дорожного покрытия противогололедными материалами. Процессу образования скользкости в этом случае предшествуют следующие погодные условия:

- устойчивое повышение атмосферного давления на фоне выпадающих осадков;
- установление ясной, безоблачной погоды после прекращения выпадения осадков;
- пониженная относительная влажность воздуха;
- понижение температуры воздуха от положительных значений до отрицательных.

Образование скользкости наиболее вероятно при температуре воздуха в пределах от -2°C до -6°C и относительной влажности воздуха в пределах от 65 до 85 %. Так как процесс образования скользкости идет на фоне устойчивого понижения температуры воздуха, для организации работ по ликвидации скользкости необходимо иметь прогноз отрицательной температуры на ближайшее время. Для этих случаев образования стекловидного льда температура дорожного покрытия всегда выше температуры воздуха в силу тепловой инерции дорожной конструкции.

2. Конденсация и замерзание влаги из воздуха на сухой поверхности дорожного покрытия при его температуре ниже точки росы и, одновременно, ниже точки замерзания влаги. Такой вид обледенения называют «черный лед», изморозь или иней. Процессу образования скользкости в этих случаях предшествуют и сопутствуют следующие погодные условия:

- ясная морозная погода (полное отсутствие облачности);
- отсутствие ветра;
- высокая относительная влажность воздуха, близкая к 100 %.

В результате радиационного охлаждения дорожного покрытия ниже точки росы влага из воздуха конденсируется на нем и превращается в очень тонкий и прозрачный слой льда, который трудно обнаружить визуально («черный лед»).

В целях определения установившегося замедления при торможении автомобилей при отрицательных температурах окружающего воздуха проведены эксперименты с целью получения экспериментальных результатов измерений параметров тормозной эффективности автомобиля при торможении по методике ГОСТ Р 51709 - 2001 в дорожных условиях, а также осуществлен мониторинг изменений температуры окружающего воздуха и температуры поверхности асфальтобетонного покрытия.

Эксперименты проводились в г. Чите на участке автомобильной дороги по ул. Магистральная в границах от ул. Прибрежная до п. Кадала (рис. 1). Участок дороги с асфальтобетонным покрытием, прямой, горизонтального профиля, в населенном пункте. Время суток светлое (в интервале с 9.00 до 12.00 часов), температура окружающего воздуха - от 0°C до -31°C. В эксперименте принимали участие два автомобиля класса М1: 1) Toyota RAV-4 2010 г. выпуска; 2) ММС Outlander 2012 г. выпуска.

Для получения экспериментальных данных использовался сертифицированный измеритель эффективности тормозных систем автомобилей модификации «Эффект-02» научно-производственной фирмы «Мета», который предназначен для проверки технического состояния рабочих тормозных систем автотранспортных средств методом дорожных испытаний по ГОСТ Р 51709-2001. Мониторинг изменений температуры окружающего воздуха и температуры поверхности асфальтобетонных покрытий производился с помощью пирометра SMART SENSOR AR320 (№ 01074590).



Рисунок 1 - Исследуемый участок проезжей части дороги г. Чита - п. Кадала

В процессе проведения экспериментов производилось затормаживание автомобилей в зимний период при температурах от 0°C до -31°C. Было выявлено, что замедление автомобиля может отличаться от усредненного значения $J = 3,9 \text{ м/с}^2$ (для мерзлого асфальта) и

№ 1(52) 2016 (январь-март) Безопасность движения и автомобильные перевозки

достигать значений от $J = 2,95 \text{ м/с}^2$ до $J = 6,34 \text{ м/с}^2$, что соответствует величинам коэффициента сцепления шин с дорогой от $\varphi = 0,3$ до $\varphi = 0,6$.

Данные, полученные экспериментальным путем в декабре 2013 г. и январе 2014 г. были обработаны и сведены в графики:

- изменения температуры асфальтобетонного покрытия в течение двух месяцев (рис. 2, рис. 3);
- изменения коэффициента сцепления шин с дорогой в течение двух месяцев (рис. 4, рис. 5, рис. 6).

Также, с использованием Интернет ресурса [5] были обработаны и сведены в графики данные о конденсации и замерзании влаги из воздуха на сухой поверхности дорожного покрытия при его температуре ниже точки росы (при десублимации) в декабре 2013 г. и январе 2014 г.

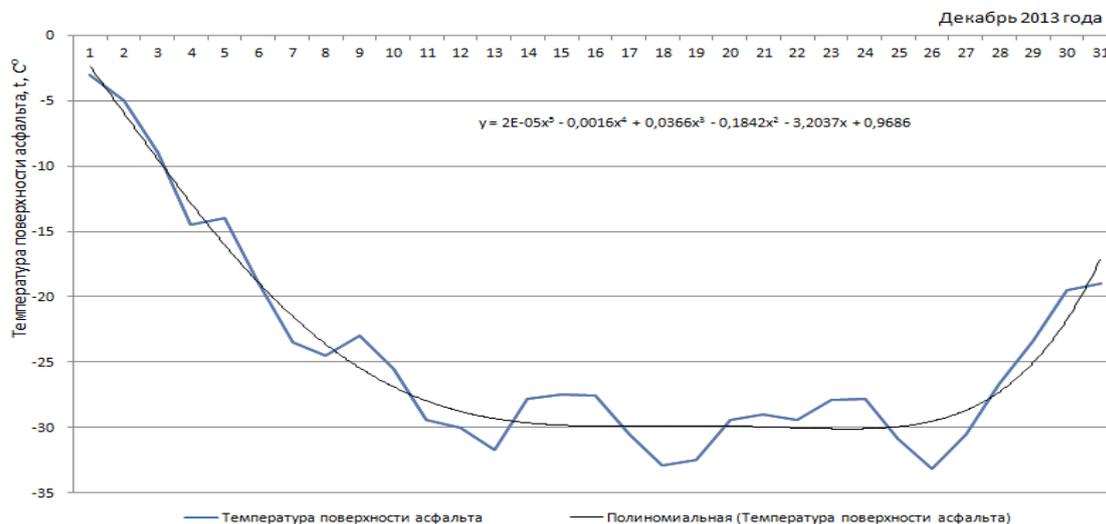


Рисунок 2 - График изменения температуры поверхности асфальта в течение декабря 2013 года

Как следует из приведенного выше графика в течение декабря 2013 г. до 26 числа происходило понижение температуры поверхности асфальта до минимального значения - 33,2°С и к концу месяца произошло повышение до - 19°С . Данное изменение температуры поверхности асфальта происходит в результате радиационного охлаждения и нагрева дорожного покрытия.

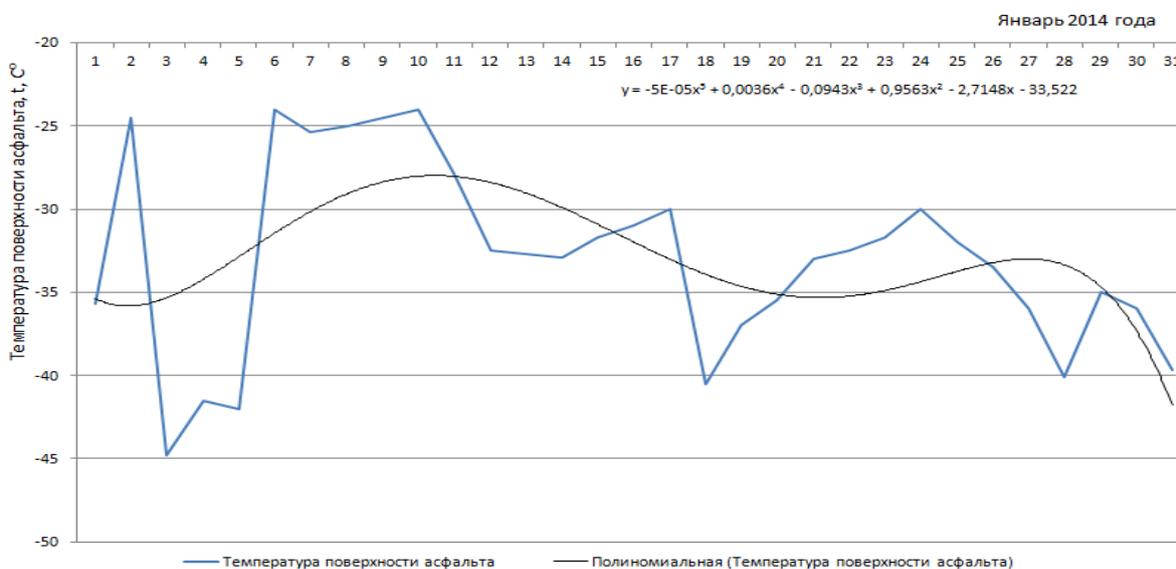


Рисунок 3 - График изменения температуры поверхности асфальта в течение января 2014 года

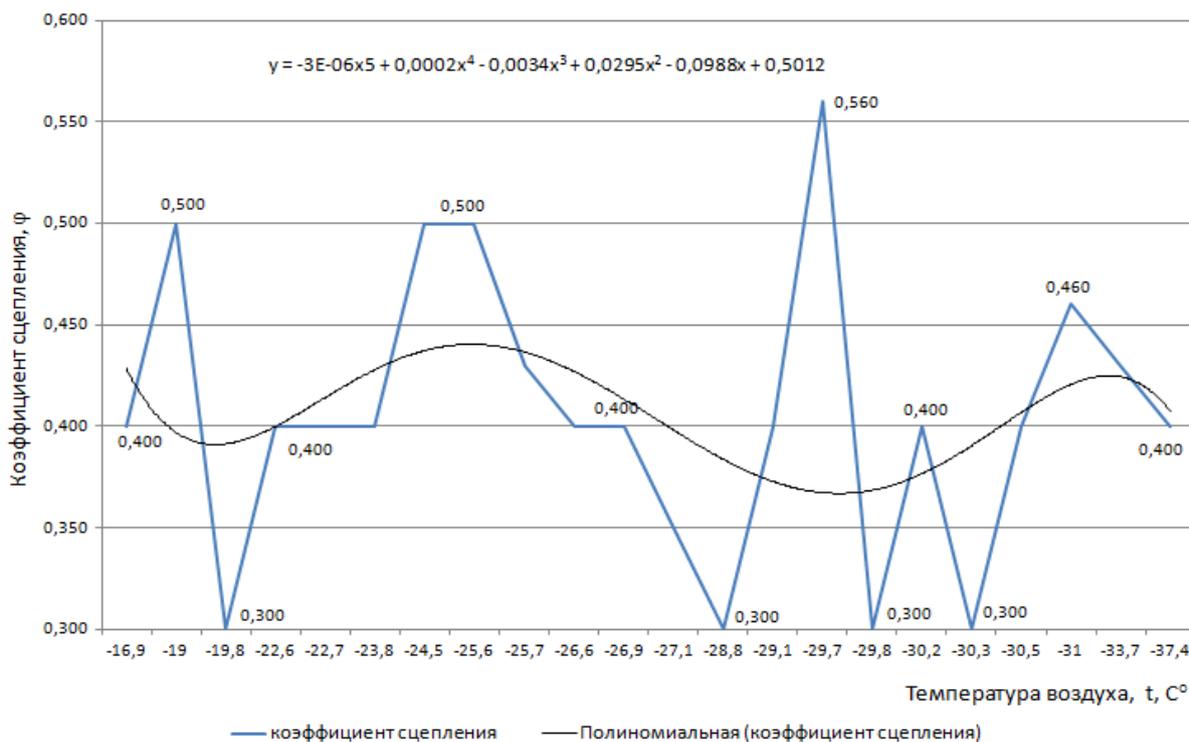


Рисунок 4 - Изменение коэффициента сцепления шин с дорогой при десублимации влаги в зависимости от температуры воздуха в течение двух месяцев (декабря 2013 г. и января 2014 г.)

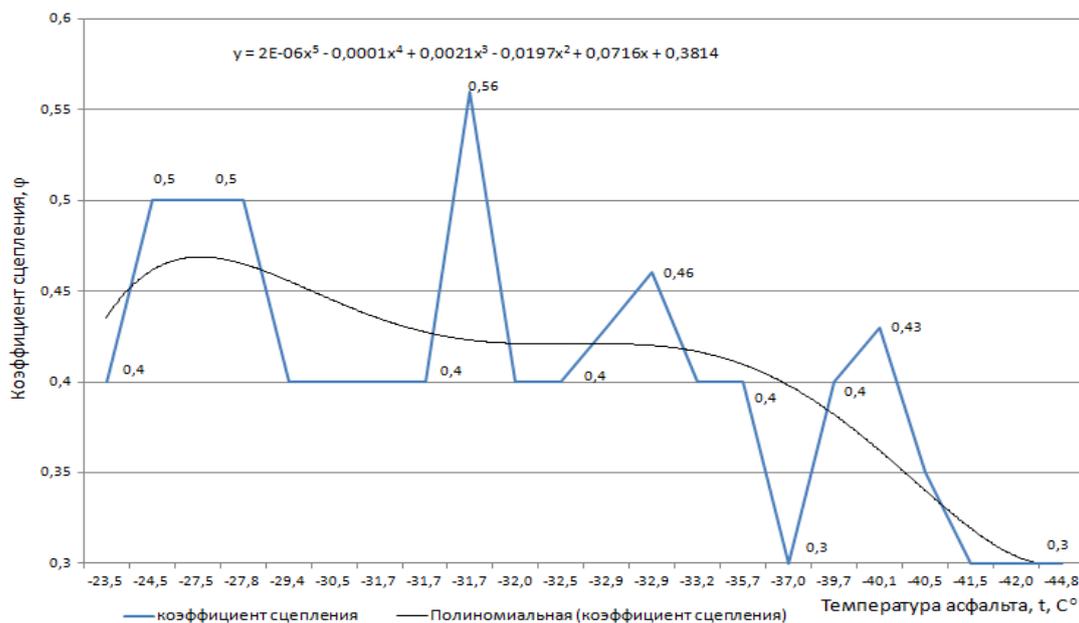


Рисунок 5 - Изменение коэффициента сцепления шин с дорогой при десублимации влаги в зависимости от температуры асфальта в течение двух месяцев (декабря 2013 г. и января 2014 г.)

Как следует из приведенных графиков конденсация и замерзание влаги из воздуха на сухой поверхности дорожного покрытия при его температуре ниже точки росы происходит при относительной влажности воздуха от 75 до 95 %. Одновременно с замерзанием влаги на сухой поверхности дорожного покрытия снижается и значение коэффициента сцепления шин с дорогой до $\varphi = 0,3$.

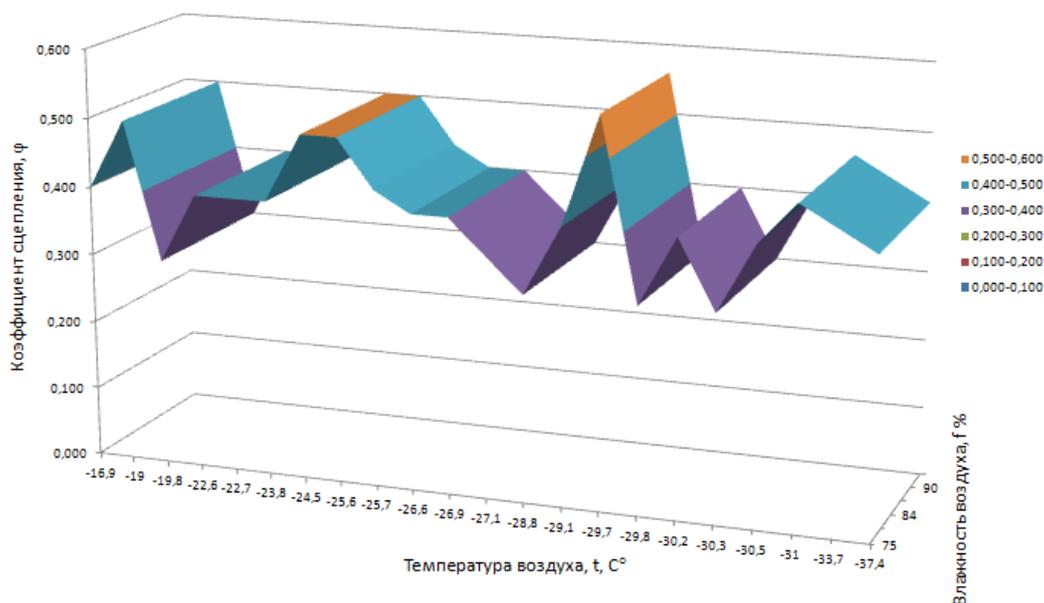


Рисунок 6 - График изменения коэффициента сцепления шин с дорогой при десублимации влаги в течение двух месяцев (декабря 2013 г. и января 2014 г.)

На основании выше изложенного предлагается внести изменения в классификацию зимней скользкости состояния дорожного покрытия «мерзлый асфальт».

Мерзлый асфальт - состояние дорожного покрытия, образующееся в результате десублимации (конденсации и замерзания влаги из воздуха на сухой поверхности дорожного покрытия при его температуре ниже точки росы), соответствующее значениям коэффициента сцепления шин с дорогой от $\varphi = 0,3$ до $\varphi = 0,6$. Мерзлый асфальт - это переходное состояние дорожного покрытия от сухого асфальта до обледенелой дороги или «черного льда».

Минимальное замедление автомобиля на мерзлом асфальте, полученное в результате проведенных экспериментов, соответствует значению замедления $J = 2,95 \text{ м/с}^2$ и может влиять на величину остановочного пути автомобиля.

Остановочный путь автомобиля на сухом асфальте при разрешенной вне населенного пункта скорости 90 км/ч, с учетом существующих методик исследования ДТП, составит 77,6 м, что вытекает из следующих вычислений:

$$S_{o1} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \cdot J} = (1,0 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,35) \cdot \frac{90}{3,6} + \frac{90^2}{26 \cdot 6,8} = 77,6 \text{ м},$$

где $t_1 = 1,0 \text{ с}$ - время реакции водителя;

$t_2 = 0,1 \text{ с}$ - время запаздывания срабатывания тормозного привода;

$t_3 = 0,35 \text{ с}$ - время нарастания замедления;

$J = 6,8 \text{ м/с}^2$ - установившееся замедление автомобиля при торможении, принимаемое при расчетах в настоящее время для сухого асфальта.

Остановочный путь автомобиля на мерзлом асфальте при разрешенной вне населенного пункта скорости 90 км/ч, с учетом минимального замедления, определенного экспериментально, составит 135,6 м, что вытекает из следующих вычислений:

$$S_{\text{фак}} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V}{3,6} + \frac{V^2}{26 \cdot J} = (1,0 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,2) \cdot \frac{90}{3,6} + \frac{90^2}{26 \cdot 2,95} = 135,6 \text{ м},$$

где $t_1 = 1,0 \text{ с}$ - время реакции водителя;

$t_2 = 0,1 \text{ с}$ - время запаздывания срабатывания тормозного привода;

$t_3 = 0,2 \text{ с}$ - время нарастания замедления;

$J = 2,95 \text{ м/с}^2$ - установившееся замедление автомобиля при торможении на «мерзлом асфальте» (принято по результатам натурного эксперимента).

Таким образом, остановочный путь автомобиля на мерзлом асфальте увеличивается на 58 м, что в процентном выражении составит 74,7 %.

Определим риск возникновения дорожно-транспортного происшествия при образовании состояния покрытия «мерзлый асфальт» в случае наезда на пешехода вне населенного пункта. Для этого, воспользовавшись методикой проф. В.В. Столярова [1], получаем:

- среднее квадратическое отклонение разрешенной скорости автомобиля

$$\sigma_{V_a} = 0,05 \cdot V_a + 0,5 = 0,05 \cdot 90 + 0,5 = 5,0 \text{ км/ч (1,38 м/с);}$$

- по формуле (2.31) [1] и прил. 3 коэффициент сцепления шины с поверхностью дороги

$$\varphi = \phi_{20} - \beta_\phi \cdot (V_A - 20) = 0,30 - 0,0025 \cdot (90 - 20) = 0,125 ;$$

- по формуле (2.32) [1] и прил. 4 коэффициент сопротивления качению

$$f = f_{20} + k_f \cdot (V_A - 20) = 0,02 + 0,0002 \cdot (90 - 20) = 0,034 ;$$

- по формуле (2.19) [1] коэффициент эффективности торможения

$$K_s = g \cdot (\varphi - i + f) / j = 9,81 \cdot (0,125 - 0 + 0,034) / 2,95 = 0,52 ;$$

- по формуле (2.34) [1] среднее квадратическое отклонение коэффициента сцепления шины с поверхностью дороги при экспериментально установленном значении $\varphi = 0,3$

$$\sigma_\varphi = 10 \cdot \varphi \cdot (1 - \varphi^2) \cdot \left(\frac{V_A + 5}{V_A^2} \right) = 10 \cdot 0,3 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot \left(\frac{90 + 5}{90^2} \right) = 0,032 ;$$

- по формуле (2.30) [1] среднее квадратическое отклонение остановочного пути

$$\begin{aligned} \sigma_{Socm} &= \sqrt{\left[t_p + \frac{K_s \cdot V_a}{g \cdot (\varphi - i + f)} \right]^2 \cdot \sigma_{V_a}^2 + \left[\frac{K_s \cdot V_A^2}{2 \cdot g \cdot (\varphi - i + f)} \right]^2 \cdot \sigma_\varphi^2 + V_a^2 \cdot \sigma_{tp}^2} = \\ &= \sqrt{\left[1,2 + \frac{0,52 \cdot 25}{9,81 \cdot (0,125 - 0 + 0,034)} \right]^2 \cdot 1,38^2 + \left[\frac{0,52 \cdot 25^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (0,125 - 0 + 0,034)} \right]^2 \cdot 0,032^2 + 25^2 \cdot 0,17^2} = \\ &= 28,44 \text{ м,} \end{aligned}$$

где $t_p = 1,0 + 0,1 + 0,5 \cdot 0,2 = 1,2 \text{ с}$ - время реакции системы «водитель - автомобиль»;

- по таблице 2.2 [1] среднее квадратическое отклонение времени реакции водителя $\sigma_{tp} = 0,17$;

- среднее квадратическое отклонение наибольшего пути, пройденного пешеходом, принятое к расчету $\sigma_{Si} = 0,1 \cdot Si = 0,1 \cdot 8 = 0,8 \text{ м}$;

- среднее квадратическое отклонение скорости пешехода, принятой к расчету

$$\sigma_{Vi} = 0,1 \cdot Vi = 0,1 \cdot 1,8 = 0,18 \text{ м/с};$$

- по формуле (3.27) [1] среднее квадратическое отклонение расстояния от места наезда до автомобиля в момент возникновения опасной ситуации:

$$\begin{aligned} \sigma_{SBI} &= \sqrt{\left[\frac{S_n}{V_n} \right]^2 \cdot \sigma_{V_a}^2 + \left[\frac{V_a}{V_n} \right]^2 \cdot \sigma_{S_n}^2 + \left[\frac{V_a \cdot S_n}{V_n^2} \right]^2 \cdot \sigma_{V_n}^2} = \\ &= \sqrt{\left[\frac{8,0}{1,8} \right]^2 \cdot 1,38^2 + \left[\frac{25}{1,8} \right]^2 \cdot 0,8^2 + \left[\frac{25 \cdot 8,0}{1,8^2} \right]^2 \cdot 0,18^2} = 16,86 \text{ м.} \end{aligned}$$

Подводя итоги выполненных расчетов, по формуле (2.27) из [1] устанавливаем риск возникновения дорожно-транспортного происшествия:

$$Rn = 0,5 - \Phi \left(\frac{S_{01} - S\phi\phi a}{\sqrt{\sigma_{sBB}^2 + \sigma^2_{Sooc}}} \right) = 0,5 - \Phi \left(\frac{77,6 - 135,6}{\sqrt{16,86^2 + 28,44^2}} \right) = 0,5 - \Phi(-1,75) = 0,5 + \Phi(1,75) = \\ = 0,5 + 0,4599 = 0,9599$$

В рассмотренном случае риск возникновения дорожно-транспортного происшествия при образовании состояния покрытия «мерзлый асфальт» соответствует возникновению 96 наездов из 100 случаев выхода пешехода на дорогу. Это связано с тем, что остановочный путь автомобиля на мерзлом асфальте увеличивается на 58 м, поскольку коэффициент сцепления колес автомобиля с дорогой снижается практически до $\phi = 0,3$.

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что в зимний период значительно повышается риск возникновения дорожно-транспортных происшествий в результате изменения сцепных качеств дорожного покрытия. А такие параметры как температура дорожного покрытия, температура окружающего воздуха, влажность воздуха, являются параметрами, которые позволяют прогнозировать образование зимней скользкости на автомобильных дорогах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амбарцумян, В.В. Системный анализ проблем обеспечения безопасности дорожного движения [Текст]: учебное пособие / В.В. Амбарцумян, В.С. Шкрабак, В.И. Сарбаев и др. - Санкт-Петербург: СПбГАУ, 1999. - 352 с.
2. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст]: учебник для ВУЗов / В.Ф. Бабков. - Москва: Транспорт, 2009. - 290 с.
3. Столяров, В.В. Теория риска в судебно-технической экспертизе дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов (+ABS) [Текст]: монография / В.В. Столяров. - Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2019. - 344 с.
4. Сильянов, В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации дорожного движения [Текст]: учебник для ВУЗов / В.В. Сильянов. - Москва: Транспорт, 1977. - 303 с.
5. Судебная автотехническая экспертиза [Текст]: пособие для экспертов: автотехников, следователей судей / Под ред. В.А. Иларионова. - Ч.2. - Москва: ВНИИСЭ, 1980. - 491 с.
6. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. для ВУЗов. - 5-е изд. / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. - Москва: Транспорт, 2001. - 247 с.
7. Методическое письмо для экспертов «Применение в экспертной практике параметров торможения электротранспортных средств» [Текст]. - Москва: ВНИИСЭ, 1989. - 29 с.
8. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах [Текст]. - Москва: РОСАВТОДОР, 2003. - 41 с.
9. ОДМ 218.8.001-2009 (отраслевой дорожный методический документ - методические рекомендации по специализированному гидрометеорологическому обеспечению дорожного хозяйства) [Текст]. - Москва: РОСАВТОДОР, 2010. - 36 с.
10. Попов, Е.Ю. Подготовка и переподготовка специалистов по безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте [Текст]: учебное пособие / Е.Ю. Попов. - Сыктывкар, 2004. - 164 с.
11. О безопасности дорожного движения. Федеральный закон от 10.12.1995 г. № 196-ФЗ (с изменениями на 28.11.2015 г.) (редакция, действующая с 15.01.2016 г. в соответствии с законом от 28.11.2015 г. № 340-ФЗ).
12. Озорнин, С.П. Обеспечение безопасности движения автотранспортных средств [Текст] / С.П. Озорнин // Вестник ЗРО РАЕН. - Чита. - 2011. - № 1(4). - С. 46-49.
13. Озорнин, С.П. Снижение риска наезда на пешеходов в условиях ограниченной видимости на нерегулируемых пешеходных переходах [Текст] / С.П. Озорнин, П.А. Ким, В.Г. Масленников // Вестн. Иркутского гос. техн. ун-та. - Иркутск: ИрГТУ. - 2014. - № 6(89). - С. 147-154.
14. Масленников, В.Г. Определение механизма наезда на пешехода по характеру повреждений автомобиля [Текст] / В.Г. Масленников, С.П. Озорнин // Вестн. Восточно-Сибирского института МВД России. - Иркутск: ИМВД России. - 2014. - № 2 (69). - С. 68-76.
15. Озорнин, С.П. Совершенствование методики расчета остановочного пути автомобиля при состоянии дорожного покрытия «мерзлый асфальт» [Текст] / С.П. Озорнин, В.Г. Масленников; под общ. ред. А.И. Федотова // Автомобиль для Сибири и Крайнего Севера. Конструкция, эксплуатация, экономика. - Иркутск: ИрГТУ. - 2015. - С. 245-252.
16. Озорнин, С.П. Снижение риска наезда на пешеходов в условиях ограниченной обзорности на пешеходных переходах [Текст] / С.П. Озорнин, П.А. Ким, В.Г. Масленников // Особенности эксплуатации авто-

транспортных средств в дорожно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера. Проблемы сертификации, диагностики, контроля технического состояния. - Иркутск: ИрГТУ. - 2013. - С. 212-219.

17. Озорнин, С.П. Обеспечение безопасности пешеходов в условиях интенсивного городского движения автотранспортных средств [Текст] / С.П. Озорнин, П.А. Ким // Вестник СГТУ. - Саратов: СГТУ. - 2013. - № 2 (71). - Вып. 2. - С. 21-26.

18. Озорнин, С.П. Обеспечение безопасности движения автотранспортных средств при совершении маневра обгон [Текст] / С.П. Озорнин, М.Р. Синкович // Вестник ИрГТУ. - Иркутск: ИрГТУ. - 2011. - № 10. - С. 90-99.

19. Бирюков, Б.М. Дорожно-транспортное происшествие [Текст] / Б.М. Бирюков. - Москва: Приор, 1998. - 176 с.

20. Интернет ресурс <http://www.pogodaiklimat.ru>.

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 // Тула: Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - № 6. - С. 128-139.

22. 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.

Озорнин Сергей Петрович

Забайкальский государственный университет

Адрес: 672039, Россия, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, дом 30

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительные и дорожные машины»

E-mail: s.ozornin2013.s@ya.ru

Масленников Василий Геннадьевич

ЭКЦ УМВД по Забайкальскому краю

Адрес: 672089, Россия, г. Чита, ул. П.Осипенко, 21

Старший эксперт, майор полиции

E-mail: maslennickow.vasilij@yandex.ru

Бердников Илья Егорович

Забайкальский государственный университет

Адрес: 672039, Россия, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, дом 30

Аспирант

E-mail: berdnikov_ie@mail.ru

S.P. OZORNIN, V.G. MASLENNIKOV, I.E. BERDNIKOV

**INFLUENCE OF THE STATE OF ROAD SURFACE «FROZEN ASPHALT»
ON THE RISK OF THE APPEARANCE
OF THE ROAD-TRANSPORT INCIDENTS**

Are revealed the basic problems of the reconstruction of road- transport event of processions with coating state frozen asphalt. The results of experiments regarding retarding of automobile with the braking on the frozen asphalt are given. According to the results of a study is determined the risk of the appearance of road- transport incident on the frozen asphalt.

Keywords: *frozen asphalt, the coefficient of adhesion of tires with the road, the established retarding, desublimation, the risk of the appearance of road- transport event.*

BIBLIOGRAPHY

1. Ambartsumyan, V.V. Sistemnyy analiz problem obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: uchebnoe posobie / V.V. Ambartsumyan, V.S. SHkrabak, V.I. Sarbaev i dr. - Sankt-Peterburg: SPbGAU, 1999. - 352 s.

2. Babkov, V.F. Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya [Tekst]: uchebnik dlya VUZov / V.F. Babkov. - Moskva: Transport, 2009. - 290 s.

3. Stolyarov, V.V. Teoriya riska v sudebno-tekhnicheskoy ekspertize dorozhno-transportnykh proisshest-viy s uchastiem peshekhodov (+AVS) [Tekst]: monografiya / V.V. Stolyarov. - Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t, 2019. - 344 s.

4. Sil'yanov, V.V. Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: uchebnyk dlya VUZov / V.V. Sil'yanov. - Moskva: Transport. 1977. - 303 s.
5. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza [Tekst]: posobie dlya ekspertov: avtotekhnikov, sledovateley sudey / Pod red. V.A. Ilarionova. - CH.2. - Moskva: VNIISE, 1980. - 491 s.
6. Klinkovshteyn G.I. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: ucheb. dlya VUZov. - 5-e izd. / G.I. Klinkovshteyn, M.B. Afanas'ev. - Moskva: Transport, 2001. - 247 s.
7. Metodicheskoe pis'mo dlya ekspertov «Primenenie v ekspertnoy praktike parametrov tormozheniya elektrottransportnykh sredstv» [Tekst]. - Moskva: VNIISE, 1989. - 29 s.
8. Rukovodstvo po bor'be s zimney skol'zkost'yu na avtomobil'nykh dorogakh [Tekst]. - Moskva: RO-SAVTODOR, 2003. - 41 s.
9. ODM 218.8.001-2009 (otraslevoy dorozhnyy metodicheskyy dokument - metodicheskie rekomendatsii po spetsializirovannomu gidrometeorologicheskomu obespecheniyu dorozhnogo khozyaystva) [Tekst]. - Moskva: RO-SAVTODOR, 2010. - 36 s.
10. Popov, E.YU. Podgotovka i perepodgotovka spetsialistov po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nom transporte [Tekst]: uchebnoe posobie / E.YU. Popov. - Syktyvkar, 2004. - 164 s.
11. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. Federal'nyy zakon ot 10.12.1995 g. № 196-FZ (s izmeneniyami na 28.11.2015 g.) (redaktsiya, deystvuyushchaya s 15.01.2016 g. v sootvetstvii s zakonom ot 28.11.2015 g. № 340-FZ).
12. Ozornin, S.P. Obespechenie bezopasnosti dvizheniya avtotransportnykh sredstv [Tekst] / S.P. Ozornin // Vestnik ZRO RAEN. - Chita. - 2011. - № 1(4). - S. 46-49.
13. Ozornin, S.P. Snizhenie riska naezda na peshekhodov v usloviyakh ogranichennoy vidimosti na nereguliruemyykh peshekhodnykh perekhodakh [Tekst] / S.P. Ozornin, P.A. Kim, V.G. Maslennikov // Vestn. Irkutskogo gos. tekhn. un-ta. - Irkutsk: IrGTU. - 2014. - № 6(89). - S. 147-154.
14. Maslennikov, V.G. Opredelenie mekhanizma naezda na peshekhoda po kharakteru povrezhdeniy avtomobilya [Tekst] / V.G. Maslennikov, S.P. Ozornin // Vestn. Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii. - Irkutsk: IMVD Rossii. - 2014. - № 2 (69). - S. 68-76.
15. Ozornin, S.P. Sovershenstvovanie metodiki rascheta ostanovochnogo puti avtomobilya pri sostoyanii dorozhnogo pokrytiya «merzlyy asfal't» [Tekst] / S.P. Ozornin, V.G. Maslennikov; pod obshch. red. A.I. Fedotova // Avtomobil' dlya Sibiri i Kraynego Severa. Konstruktsiya, ekspluatatsiya, ekonomika. - Irkutsk: IrGTU. - 2015. - S. 245-252.
16. Ozornin, S.P. Snizhenie riska naezda na peshekhodov v usloviyakh ogranichennoy obzornosti na peshekhodnykh perekhodakh [Tekst] / S.P. Ozornin, P.A. Kim, V.G. Maslennikov // Osobennosti ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv v dorozhno-klimaticheskikh usloviyakh Sibiri i Kraynego Severa. Problemy sertifikatsii, diagnostiki, kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya. - Irkutsk: IrGTU. - 2013. - S. 212-219.
17. Ozornin, S.P. Obespechenie bezopasnosti peshekhodov v usloviyakh intensivnogo gorodskogo dvizheniya avtomototransportnykh sredstv [Tekst] / S.P. Ozornin, P.A. Kim // Vestnik SGTU. - Saratov: SGTU. - 2013. - № 2 (71). - Vyp. 2. - S. 21-26.
18. Ozornin, S.P. Obespechenie bezopasnosti dvizheniya avtotransportnykh sredstv pri sovershenii ma-nevra obgon [Tekst] / S.P. Ozornin, M.R. Sinkovich // Vestnik IrGTU. - Irkutsk: IrGTU. - 2011. - № 10. - S. 90-99.
19. Biryukov, B.M. Dorozhno-transportnoe proisshestvie [Tekst] / B.M. Biryukov. - Moskva: Prior, 1998. - 176 s.
20. Internet resurs <http://www.pogodaiklimat.ru>.
21. Novikov, A.N. Sovershenstvovanie dorozhnoj seti dlja povysheniya ih propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoj telematiki/Novikov A.N., Golenkov V.A., Baranov Ju.N., Katunin A.A., Bodrov A.S./Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. 2014. № 6. S. 128-139.
22. Novikov, A.N. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoj seti goroda orla (na primere Naugorskogo shosse)/A.N.Novikov, Ju.N.Baranov, A.A.Katunin, D.D.Matnazarov//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2014. № 2 (45). S. 86-96.

Ozornin Sergey Petrovich

Transbaikal State University

Address: 672039, Chita, ul. Alexander Factory, Building 30

Dr. Sc. Sciences, Professor of the Department «Building and road machines»

E-mail: s.ozornin2013.s@ya.ru

Maslennikov Basiliy Gennad'evich

Forensic Science Center of the MOI for Zabaikal region

Address: 672089, Chita, ul. P.Osipenko, 21

Senior expert, police major

E-mail: maslennickow.vasilij@yandex.ru

Berdnikov Ilya Grigor'evich

Transbaikal State University

Address: 672039, Chita, ul. Alexander Factory, Building 30

Graduate student

E-mail: berdnikov_ie@mail.ru

УДК 656.086.2:343.346

С. А. ЕВТЮКОВ, А.В. ЧУДАКОВ

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА НАЕЗДА НА ПЕШЕХОДА ПРИ БЛОКИРУЮЩЕМ УДАРЕ

В данной статье рассмотрен вопрос по определению скорости движения транспортного средства (ТС) в момент наезда на пешехода при блокирующем ударе. Проанализированы характерные недостатки методик по расчету скорости движения транспортного средства в момент наезда, а так же рассмотрен более подробно вопрос о характере перемещения пешехода после столкновения с ТС. Выявлены недостатки в расчетах по третьей стадии механизма наезда на пешехода. Предоставлены данные натурального эксперимента по определению коэффициента трения скольжения в зависимости от дорожного покрытия и антропометрических данных пешехода, а так же его типа одежды.

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 связанных с наездом на пешехода происходят торцевой частью автомобиля. По данным статистики таких наездов с участием пешеходов до 70% от общей массы ДТП.

Основной задачей специалиста-эксперта при изучении 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.

Рассматривая механизм наезда на пешехода, можно выделить три основных фазы [8,11]:

- первая фаза: Сближение транспортного средства и пешехода. Эта фаза наступает с этапа выявления водителем опасности для дальнейшего движения и принятие действий для избежания наезда (контакта транспортного средства и пешехода) представлено на рисунке 1.

В данной фазе о возможности избежать наезд, будет зависеть много факторов, такие как скорость движения автомобиля, за какое время водитель транспортного средства 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. Следующим важным фактором является рост и вес пешехода, так как от этого напрямую зависит характер направления движения либо в противоположную сторону от автомобиля, либо под автомобиль. Так на примере натурального исследования, проведенные на базе ИБДД СПбГАСУ при скорости автомобиля ВАЗ 2107 в 35 км/ч, росте биоманекена в 84 см. и массой тела в 30 кг, манекен ушел под автомобиль, с последующим его переездом.

- третья фаза: Процесс отбрасывания представлен на рисунке 1.

Когда контакт транспортного средства с пешеходом уже произошел 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

Механизм наезда в данный период времени находится в зависимости от направления и скорости потерпевшего, его дистанции при отбросе, на какое расстояние он переместился согласно закону инерции, а кроме того от характера данного перемещения.



Рисунок 2 - Конечная стадия контакта манекена с дорожным покрытием

Произвести расчеты скорости движения транспортного средства в момент наезда на пешехода представляется возможным по третьей фазе. Изучая более подробно механизм движения последней фазы, а именно исследования перемещения отброшенного тела пешехода на определенное расстояние.

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

Первый этап: начинается в тот момент, когда тело пешехода уже приобрело скорость автомобиля и готовится подойти ко второму этапу;

Второй этап: начинается когда тело пешехода уже приобрело скорость ТС и с заданной скоростью перемещается во времени и пространстве и заканчивается, когда касается поверхности проезжей части;

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 всю заданную скорость и остановилось.

При наезде автомобиля на пешехода, тело пострадавшего со временем обретает скорость ТС в направлении силы удара. При блокирующем ударе 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 расстояние, на которое переместилось тело пешехода по поверхности дороги.

На основании исследований [7,15] таких как, коэффициент сцепления шины с дорогой, в частности по следу юза, возможно рассчитать и определить скорость движения автомобиля в момент столкновения с пешеходом. Если рассматривать то же физическое явление - коэффициент сцепления и применить его в подсистеме «Автомобиль-Дорога-Пешеход», то в уточненных математических формулах расчета возможно определение скорости движения пешехода во время скольжения по дорожному покрытию, а как следствие и скорость ТС в момент наезда на пешехода.

В момент наезда пешеходу сообщается заданная скорость от транспортного средства и он перемещается на определенное расстояние от места наезда. Данный процесс можно рассмотреть с позиции динамики взаимодействия двух тел: автомобиля с массой M и начальной скоростью (до наезда) \vec{V}_a и пешехода с массой m и начальной скоростью $\vec{V}_п$.

Так как эти тела не являются упругими, то их массы в данной модели учитываться не будут.

Определяющими факторами в процессе наезда автомобиля на пешехода являются скорости движения автомобиля и пешехода, а так же их массы. Размеры, масса, импульс и кинетическая энергия автомобиля намного больше таких же показателей пешехода. Поэтому для выяснения основных закономерностей наезда представляется возможным использовать простейшую одномассовую модель пешехода. В этом случае пешехода заменяют точечной массой m , равной массе пешехода и расположенной в ее центре на высоте h . Автомобиль также заменяют точечной массой M . Наезд автомобиля на пешехода описывают по закону соударения тел.

Рассмотрим характер перемещения пешехода после удара: свободное падение с высоты h ; перемещение пешехода по дорожному покрытию в направлении и скоростью, сообщенном пешеходу автомобилем в результате наезда.

По следам, оставленные телом пострадавшего на поверхности дороги можно определить кинетическую энергию, а как следствие скорость автомобиля V_a .

Опираясь на второй закон Ньютона определение кинетической энергии тела пешехода при отбросе можно записать в виде формулы (1):

$$E_{кп} = \frac{m_{п} V_{п}^2}{2}, \quad (1)$$

где $m_{п}$ -это масса тела (пешехода);

$V_{п}$ -скорость скольжения тела пешехода по дороге.

Следовательно, кинетическая энергия пешехода $E_{кп}$ будет иметь прямую зависимость от работы силы трения $A_{тр}$ тела пешехода с дорожным покрытием (2):

$$E_{кп} = A_{тр}, \quad (2)$$

где $A_{тр}$ - работа силы трения скольжения тела пешехода.

Работу силы трения скольжения тела пешехода можно определить по формуле (3):

$$A_{трп} = F_{трп} l_{\alpha}, \quad (3)$$

где $F_{трп}$ - сила трения скольжения тела пешехода;

l_{α} - расстояние которое проскользило тело пешехода от места падения.

Силу трения скольжения пешехода $F_{трп}$ можно определить по формуле (4):

$$F_{трп} = m_{п} g \mu_{п}, \quad (4)$$

где $m_{п}$ - масса тела пешехода;

$g=9,81 \text{ м/с}^2$

$\mu_{п}$ - коэффициент трения скольжения тела пешехода по поверхности дороги.

На коэффициент силы трения скольжения влияют такие факторы как, класс автомобильной дороги, состояние дорожного полотна (сухое, грязное, лед и т.д.) и вид дорожного покрытия, а так же масса тела человека которое скользит по поверхности дороги.

Значение коэффициента трения при скольжении пешехода по поверхности дороги $\mu_{\text{П}}$ может быть получено экспериментальным путем с помощью динамометра и рассчитано по формуле (5):

$$\mu = \frac{F_{\text{трп}}}{m_{\text{П}}g}, \quad (5)$$

где $F_{\text{трп}}$ - сила трения скольжения тела пешехода по поверхности дороги, измеренная динамометром, кгс;

$m_{\text{П}}$ - масса тела пешехода, кг;

$g=9,81$.

Те данные, которые были получены ИБДД СПбГАСУ, указаны в таблице 1, являются не совсем корректными, так как не учитывают ряд факторов, влияющих на коэффициент скольжения. К таким факторам относятся: состояние дорожного покрытия, тип одежды и антропометрические данные пешехода [3].

Таблица 1 - Результаты тестов значения коэффициента скольжения по данным ИБДД СПбГАСУ

Вид дорожного полотна	Коэффициент трения скольжения
асфальт бетонный	0,56-0,57
асфальт шероховатый	0,57-0,58
асфальт с поверхностной обработкой	0,59-0,62
гравийное покрытие	0,54-0,56
плотно укатанный щебень	0,63-0,65
грунтовая дорога	0,68-0,70
сухой дерн	0,73-0,74

Поэтому на базе ИБДД СПбГАСУ был произведен натуральный эксперимент по замеру коэффициента трения скольжения тела биоманекена с поверхностью дорожного покрытия. Замеры производились при помощи динамометра по три раза на каждый тести за итоговый результат выдавалось среднеарифметическое значение. Допустимое отклонение от среднего значения в данном эксперимент не превышает 10%.

Результаты экспериментальных данных показаний динамометра с массой биоманекена 51,2 кг в хлопчатобумажной куртке, джинсах и в кроссовках, представлены в сводной таблице 2.

Таблица 2 - Результаты экспериментальных данных показаний динамометра

Вид дорожного покрытия	Состояние покрытия	Пешеход		Тип одежды	μ
		вес	рост		
асфальтобетон	сухой	51,2	157	хлопчатобумажная куртка, джинсы, кроссовки	0,53
асфальтобетон	влажный	51,2	157	тот же	0,67
асфальтобетон	грязный	51,2	157	тот же	0,45
асфальтобетон	сухой	51,2	157	тот же	0,53
асфальтобетон	грязный влажный	51,2	157	тот же	0,53
лед t воздуха - 7.7 °C	шероховатый	51,2	157	тот же	0,49

Результаты экспериментальных данных показаний динамометра с массой биоманекена 61,2 кг в хлопчатобумажной куртке, джинсах и кроссовках, представлены в сводной таблице 3.

Таблица 3 - Результаты экспериментальных данных показаний динамометра

Вид дорожного покрытия	Состояние покрытия	Пешеход		Тип одежды	μ
		Вес	Рост		
асфальтобетон	сухой	61,2	157	хлопчатобумажная куртка, джинсы, кроссовки	0,53
асфальтобетон	влажный	61,2	157	тот же	0,63
асфальтобетон	грязный сухой	61,2	157	тот же	0,48
асфальтобетон	грязный влажный	61,2	157	тот же	0,56
лед t воздуха - 7.7 °С	шероховатый	61,2	157	тот же	0,49

Из вышеуказанных результатах эксперимента можно выявить прямую зависимость от типа дорожного и антропометрических характеристик пешехода, влияющую на коэффициент скольжения. Данная зависимость представлена в графике на рисунке 3.

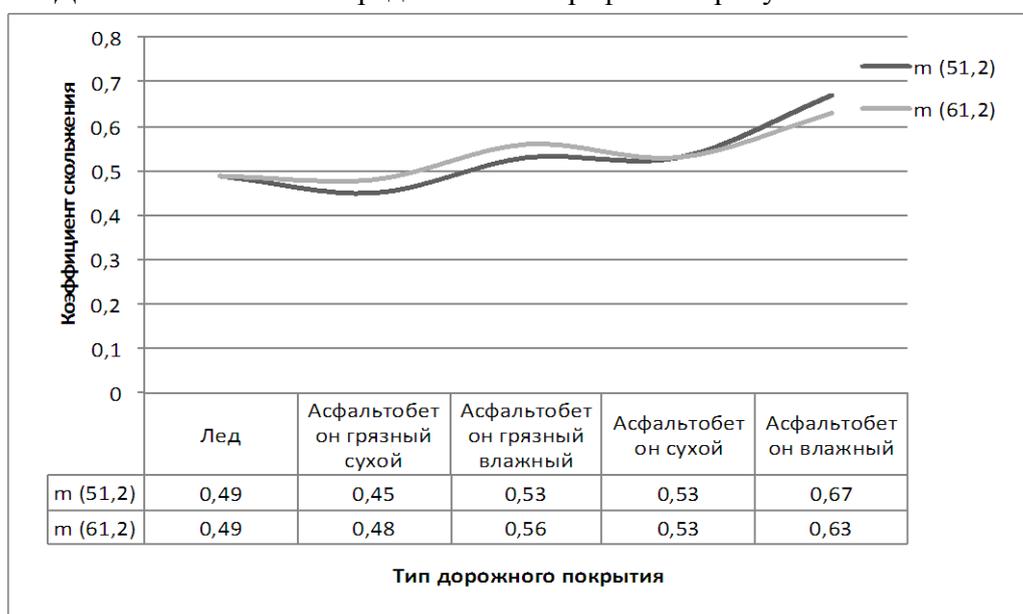


Рисунок 3 - График зависимости коэффициента трения скольжения

Данные исследования по третьей фазе механизма наезда на пешехода подтверждают свою актуальность и требуют дальнейшего, более углубленного изучения, как с теоретической, так и с практической точки зрения для выявления зависимости между скоростью транспортного средства и отбросом тела пешехода, а как следствие возможность расчета скорости автомобиля при наезде на пешехода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы исследования обстоятельств ДТП [Текст] / Материалы I 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: Сибирская гос. Академия, 2010. - 137 с.

3. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения БДД [Текст]. - М.: ГОСТСТАНДАРТ РФ, 1993.
4. Грановский, Г.Л. Транспортно-трассологическая экспертиза по делам о ДТП (диагностические исследования) [Текст]: учебное пособие / Г.Л. Грановский, Ю.Г. Корухов. - Часть 2. - М., 2006. -149 с.
5. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учебное пособие / Э.Р. Домке. - Пенза: Издательство Пензенского гос. ун-та, 2005. - 318 с.
6. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: Э.Р. Домке. - М.: Академия, 2009. - 288 с.
7. Евтюков, С. А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование реконструкция экспертиза [Текст]: учебное пособие / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. - СПб.: Издательство ДНК, 2008. - 390 с.
8. Евтюков, С.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: справочник / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. - СПб.: Издательство ДНК, 2006. - 536 с.
9. Калявин, В.П. Транспорт [Текст]: толковый словарь / В.П. Калявин. - СПб.: Элмор, 2003. - 488 с.
10. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст]: учебное пособие / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. - М.: Транспорт, 1997. - 232 с.
11. Коршаков, И.К. Комплексный анализ ДТП [Текст]: учебное пособие / И.К. Коршаков, В.Н. Сытник. - М.: МАДИ, 1991. - 115 с.
12. Кривицкий, А.М. Использование специальных познаний в расследовании ДТП [Текст]: методическое пособие / А.М. Кривицкий, В.В. Фальковский, Ю.И. Шапаров. - Изд-во «Харвест», 2004. - 128 с.
13. Методические рекомендации по исследованию причин ДТП с особо тяжкими последствиями. - М.: ФГУП НИИАТ, 2003 - 56 с.
14. Пучкин, В.А. Справочно-нормативные материалы для эксперта-автотехника [Текст]: справочник / В.А. Пучкин, В.И. Лозовой. - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. - 172 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. - СПб.: Питер. - 2-е изд., перераб. и доп, 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. Якимов, О.Ю. Дорожно-транспортные происшествия [Текст]: учебное пособие / Якимов О.Ю. - М.: Юрайт-Издат. - Выпуск 5, 2008. - 175с.
20. Яблоков, Н.П. Криминалистика [Текст]: учебник пособие для вузов / Н.П. Яблоков. - М.: БЕК, 1996. - 708 с.
21. Новиков А.Н., Букалова Г.В. Модульная технология как средство повышения качества обучения в вузе//Стандарты и мониторинг в образовании. -2001. -№ 2. -С.39-42.
22. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 1. - С.107-111.

Евтюков Сергей Аркадьевич

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
Адрес: 190005, Россия, 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: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4
Аспирант
E-mail: chudakov07@gmail.com

S.A. EVTYUKOV, A.V. RUDAKOV

**INVESTIGATION OF THE MECHANISM HIT
A PEDESTRIAN WITH DIRECT IMPACT**

In this article the questions of the definition of the vehicle speed at the time of collision with a pedestrian at the blocking strike. Analyzed specific weaknesses methods for the calculation of the speed of the vehicle at the time of collision, and as discussed in more detail the question of the na-

ture of pedestrian movement after a collision with a car. Revealed shortcomings in the calculation of the third stage of the mechanism of collision with a pedestrian. Providing data field experiment to determine the coefficient of sliding friction, depending on the road surface and a pedestrian anthropometric data, as well as the type of clothing.

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 obsoyatel'stv DTP [Tekst] / Materialy Pervyy mezhduнарод-noy konferentsii. - SPb.: Sev.-Zap. reg. tsentr. sud. ekspertizy, 2001. - 399 s.
2. Balakin, V.D. Ekspertizadorozhno-transportnykhproisshestvii? [Tekst]: uchebnoe posobie / V.D. Balakin. - Sibir': Sibirskaya gos. Akademiya, 2010. - 137 s.
3. GOST R 50597-93. Avtomobil'nye dorogi i ulitsy. Trebovaniya k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu, dopustimomu po usloviyam obespecheniya BDD [Tekst]. - M.: GOSTSTANDART RF, 1993.
4. Granovskiy, G.L. Transportno-trassologicheskaya ekspertiza po delam o DTP (diagnosticheskie issledovaniya) [Tekst]: uchebnoe posobie / G.L. Granovskiy, YU.G. Korukhov. - Chast' 2. - M., 2006. -149 c.
5. Domke, E.R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy [Tekst]: uchebnoe po-sobie / E.R. Domke. - Penza: Izdatel'stvo Penzenskogo gos. un-ta, 2005. - 318 s.
6. Domke, E.R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy [Tekst]: E.R. Domke. - M.: Akademiya, 2009. - 288 s.
7. Evtyukov, S. A. Dorozhno-transportnye proisshestviya: rassledovanie rekonstruktsiya ekspertiza [Tekst]: uchebnoe posobie / S.A. Evtyukov, YA.V. Vasil'ev. - SPb.: Izdatel'stvo DNK, 2008. - 390 s.
8. Evtyukov, S.A. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestvii? [Tekst]: spravochnik / S.A. Evtyukov, YA.V. Vasil'ev. - SPb.: Izdatel'stvo DNK, 2006. - 536 s.
9. Kalyavin, V.P. Transport [Tekst]: tolkovyy slovar' / V.P. Kalyavin. - SPb.: Elmor, 2003. - 488 s.
10. Klinkovshcheyn, G.I. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: uchebnoe posobie / G.I. Klinkovshcheyn, M.B. Afanas'ev. - M.: Transport, 1997. - 232 s.
11. Korshakov, I.K. Kompleksnyy analiz DTP [Tekst]: uchebnoe posobie / I.K. Korshakov, V.N. Sytnik. - M.: MADI, 1991. - 115 s.
12. 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-vo «Harvest», 2004. - 128 s.
13. Metodicheskie rekomendatsii po issledovaniyu prichin DTP s osobo tyazhkimi posledstviyami. - M.: FGUP NIIAT, 2003 - 56 s.
14. Puchkin, V.A. Spravochno-normativnye materialy dlya eksperta-avtotekhnika [Tekst]: spravochnik / V.A. Puchkin, V.I. Lozovoi?. - Novocherkassk: YURGTU, 2002. - 172 s.
15. Puchkin, V.A. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. Analiz dorozhno-transportnykh proisshestviy [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. - SPb.: Piter. - 2-e izd., pererab. i dop, 2004. - 880 s.
17. Suvorov, YU.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza. Sudebno-ekspertnaya otsenka deystvie voditeley i drugih 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. YAkimov, O.YU. Dorozhno-transportnye proisshestviya [Tekst]: uchebnoe posobie / YAkimov O.YU. - M.: YUrayt-Izdat. - Vypusk 5, 2008. - 175s.
20. Yablokov, N.P. Kriminalistika [Tekst]: uchebnyy posobie dlya vuzov / N.P. Yablokov. - M.: BEK, 1996. - 708 s.
21. Novikov A.N., Bukalova G.V. Modul'naja tehnologiya kak sredstvo povysheniya kachestva obuchenija v vuzе//Standarty i monitoring v obrazovanii. -2001. -№ 2. -S.39-42.
22. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo aku-sticheskoj sredy /A.N.Novikov, O.A.Ivashhuk, V.V.Vasil'eva//Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. 2009. № 1. S.107-111.

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

Н.В. ЛОБОВ, М.Г. БОЯРШИНОВ, Д.В. МАЛЬЦЕВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Статья посвящена описанию совершенствования организации перевозочного процесса твердых бытовых отходов. Представлен разработанный комплексный подход, позволяющий усовершенствовать процедуру погрузки отходов, для предотвращения отказов погрузочного оборудования, а также позволяющий повысить оперативность принятия решений при возникновении аварийных ситуаций. Представлены результаты исследования надежности погрузочного оборудования автомобилей. Проведен анализ технико-экономических показателей эксплуатации специализированных автомобилей с применением разработанного комплексного подхода.

Ключевые слова: *перевозочный процесс ТБО, мусоровоз, управление перевозками, надежность погрузочного оборудования.*

Проблема сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО) была и остается актуальной в России и за рубежом. Низкая культура обращения с отходами у населения и отсутствие должного контроля приводит к тому, что в мусорные баки попадают как бытовые отходы, так и более плотный и тяжелый мусор, например, строительный. Плотность ТБО изменяется в широком диапазоне значений, поэтому заполненные баки одинакового объема могут значительно отличаться по массе. Масса баков может превышать предельную грузоподъемность погрузочного оборудования специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО. Однако, необходимость учета динамических нагрузок и различных условий эксплуатации автомобиля приводит к тому, что предохранительное оборудование настраивается на большее давление рабочей жидкости (РЖ) и позволяет осуществлять подъем баков с массой, превышающей предельно допустимую. Отсутствие технической возможности определения массы ТБО во время подъема баков, приводит к повышенному износу деталей, нередко заканчивается нарушением работоспособности погрузочного оборудования и сходом с линии автомобиля. Также существует проблема организации своевременного вывоза перегруженных баков с помощью специализированного транспорта, т.к. отсутствуют оперативные данные, что приводит к нарушению санитарных правил обращения с отходами [1-8]. Это свидетельствует об *актуальности* темы исследования.

Целью исследования является повышение производительности и эксплуатационной надежности специализированного автомобильного транспорта, осуществляющего сбор и транспортировку ТБО за счет определения массы груза и оперативного управления перевозочным процессом.

Проведенный анализ парка мусоровозов показал, что наиболее распространены в г. Перми автомобили с боковой и задней загрузкой ТБО [9-11]. По данным с полигонов, оснащенных автомобильными весами, установлено, что коэффициент использования грузоподъемности автомобилей с боковой загрузкой составляет 0,52-0,63, автомобилей с задней загрузкой ТБО 0,66-1,47. Таким образом, на некоторых маршрутах автомобили с задней загрузкой значительно перегружаются.

По результатам анализа методов определения массы перевозимого груза автомобильным транспортом установлено, что для решения задачи определения массы ТБО оптимальным является метод, основанный на измерении давления РЖ в гидравлической системе погрузочного оборудования автомобиля [12, 13]. Реализовать данный метод возможно в виде системы, встроенной в автомобиль. Точность измерений возможно повысить за счет учета пространственного положения погрузочного оборудования специализированного автомобиля во время взвешивания грузов [14, 15].

Для установления функциональных связей между изменением параметров РЖ от величины массы поднимаемого груза при работе специализированного автомобиля во время взвешивания грузов, была разработана математическая модель [16, 17]. Существующие математические методы расчета изменения давления рабочей жидкости от массы поднимаемого груза не учитывают пространственное положение погрузочного оборудования, поэтому разработанная модель работы специализированного автомобиля при взвешивании грузов была дополнена [1]. Выполнен расчет изменения нагрузки на штоке гидроцилиндра в зависимости от пространственного положения погрузочного оборудования специализированного автомобиля (рис. 1).

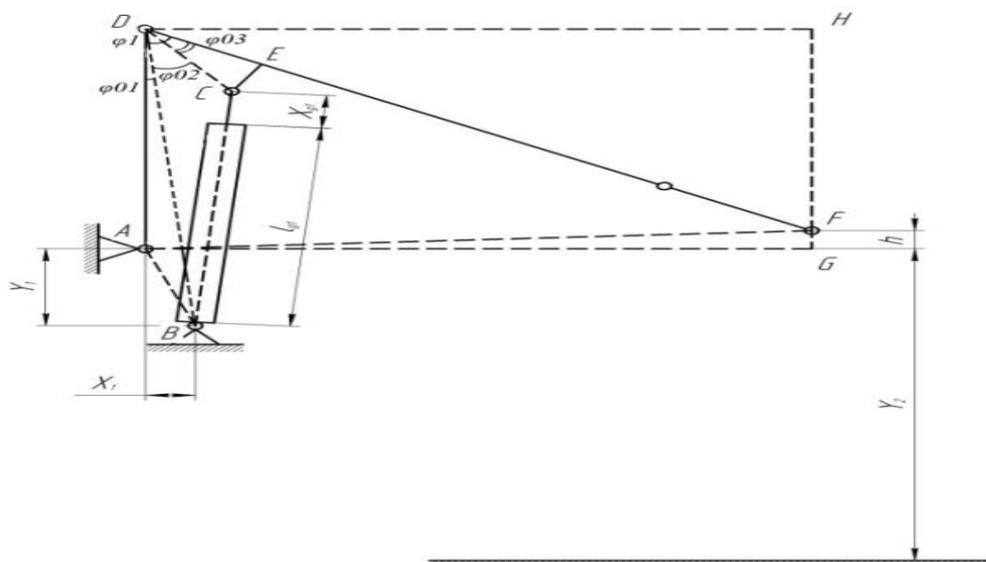


Рисунок 1 - Расчетная схема погрузочного оборудования

где X_1 , Y_1 - расстояние между местами крепления рамы манипулятора и ГЦ;

lg_1 - длина гильзы ГЦ;

X_{g1} - перемещение поршня ГЦ;

Y_2 - расстояние от места крепления рамы манипулятора до поверхности земли;

h - высота подъема бака с отходами относительно места крепления рамы манипулятора;

φ_{01} - $\angle ADB$, град;

φ_{02} - $\angle BDC$, град;

φ_{03} - $\angle CDE$, град;

φ_1 - $\angle ADE$, град.

Использование принципа возможных перемещений позволило получить уравнение равновесия:

$$p_1 \cdot S_{p1} \cdot \delta X_{g1} - m_b \cdot g \cdot \delta h = 0, \quad (1)$$

где p_1 - давление в подпоршневой полости гидроцилиндра излома стрелы, Па;

S_{p1} - площадь поршня гидроцилиндра излома стрелы, m^2 ;

δX_{g1} - возможное перемещение поршня гидроцилиндра излома стрелы, м;

m_b - масса бака с отходами, Н;

g - ускорение свободного падения, m/c^2 ;

δh - возможное перемещение бака с отходами, м.

Из уравнения равновесия (1) путем преобразований получена величина давления в гидроцилиндре p_1 при подъеме грузов:

$$P_1 = \frac{m_b \cdot g \cdot l_{DF} \cdot \sin(\phi_1) \cdot (l_1 + X_{g1})}{S_{p1} \cdot l_{BD} \cdot l_{CD} \cdot \sin(\phi_{02})}, \quad (2)$$

где l_{DF} , l_{BD} , l_{CD} - геометрические характеристики погрузочного оборудования специализированных автомобилей.

Для учета пространственного положения погрузочного оборудования используется коэффициент k , он представлен как отношение текущего давления p_1 к максимальному давлению p_{1max} при подъеме груза одной и той же массы, но при различных углах наклона манипулятора ϕ_1 :

$$k = \frac{P_1}{P_{1max}}. \quad (3)$$

Полученный коэффициент k изменяется в диапазоне от 0 до 1, при взвешивании баков с ТБО изменяется от 0,97 до 1.

В процессе выполнения работы был изготовлен прототип устройства для взвешивания

ТБО (рис. 2). Индикаторный блок предназначен для информирования водителя об аварийном режиме работы погрузочного оборудования с помощью звуковой и световой сигнализации. Терминал предназначен для сбора, обработки и передачи данных на удаленный сервер. На терминале также расположены индикаторы, информирующие водителя о текущем коэффициенте использования грузоподъемности автомобиля. По мере



Рисунок 2 - Внешний вид устройства
1- терминал; 2 - индикаторный блок

приближения величины массы груза в кузове автомобиля к номинальной грузоподъемности, на терминале сначала загорается предупреждающий оранжевый индикатор, а затем красный. Оборудование было установлено на специализированные автомобили с боковой и задней загрузкой отходов (рис. 3).

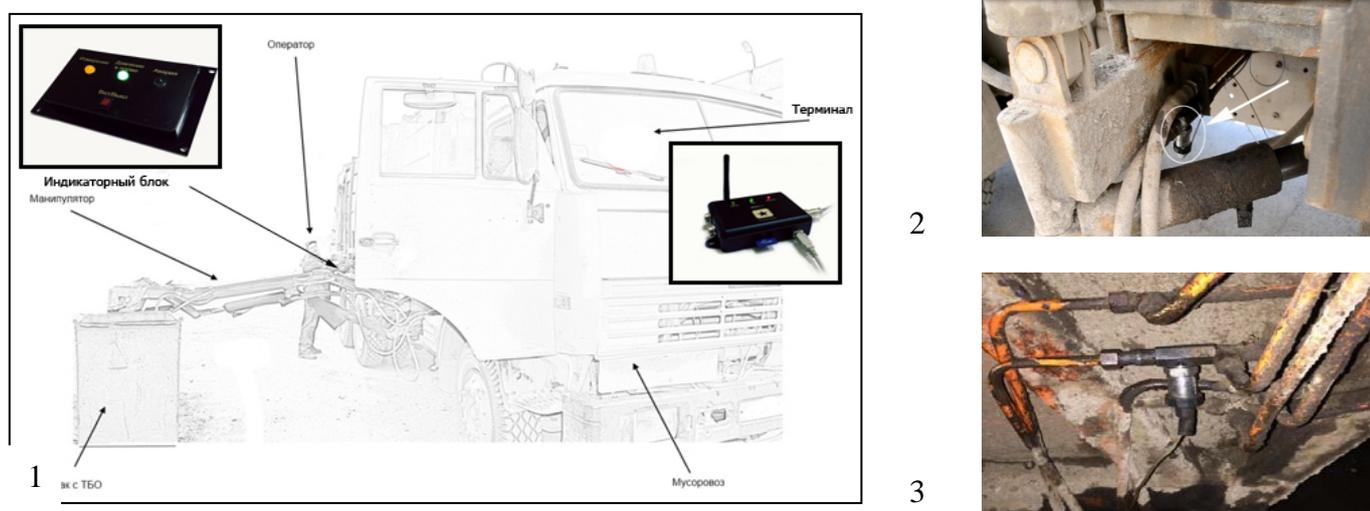


Рисунок 3 - Установка оборудования на специализированные автомобили

1- место установки терминала и индикаторного блока;
2, 3 - места установки датчиков давления на автомобилях с боковой и задней загрузкой

С помощью устройства определения массы была проведена тарировка с целью получения зависимости давления РЖ в гидроцилиндре от величины массы груза [18]. Результаты представлены на рисунке 4.

Взвешивание проводилось в статическом положении погрузочного оборудования автомобиля после начала подъема бака. Дополнительно был исследован вопрос оптимальной продолжительности взвешивания. Установлено, что при любой продолжительности давление в гидроцилиндре практически не менялось. Отсутствие пульсаций, скачкообразного изменения давления позволяет корректно определять массу груза за непродолжительный временной интервал в 1-2 с [13].

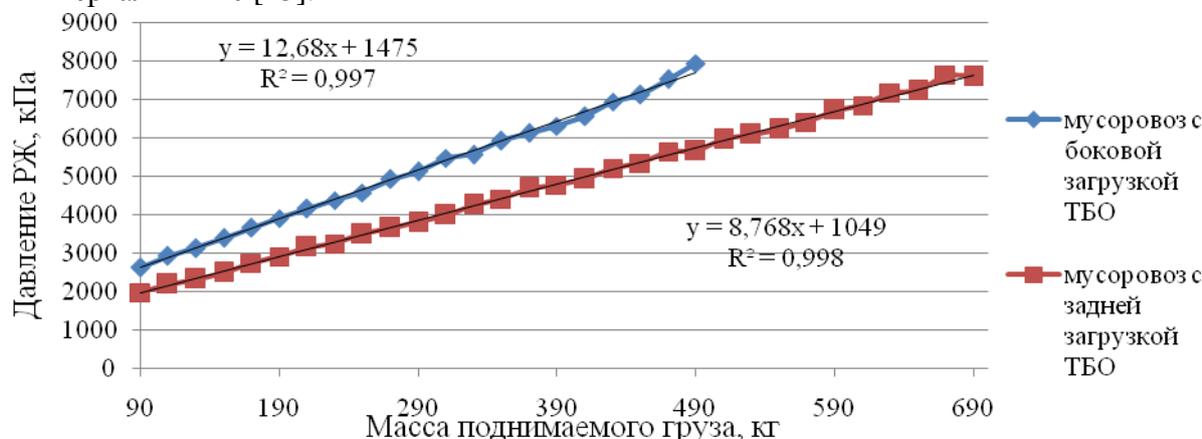


Рисунок 4 - Зависимость давления РЖ от массы груза

На основе экспериментальных данных предложен комплексный подход организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза, заключающийся в разработке методики погрузки ТБО в специализированный автомобильный транспорт с возможностью определения и контроля массы груза и методики оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза.

Методика погрузки ТБО в специализированный автомобильный транспорт представляет собой последовательность действий водителя при выполнении погрузочных операций и направлена на определение массы ТБО, загружаемых в транспортное средство, и предотвращение подъема перегруженных баков. Согласно методике, после проведения подготовительных операций перед погрузкой ТБО, необходимо начать подъем бака. Если масса бака настолько велика, что погрузочное оборудование не может начать подъем, то загорается красный индикатор на индикаторном блоке устройства и раздается звуковой сигнал, водителю необходимо прекратить подъем, перейти к загрузке другого контейнера. При этом информация об аварийном режиме работы погрузочного оборудования передается на удаленный сервер. Если осуществить подъем бака возможно, то для проведения статического взвешивания погрузочное оборудование необходимо выставить в положение, представленное на рисунке 5.

Для взвешивания необходимо остановить погрузочное оборудование, затем с помощью кнопки на индикаторном блоке перевести устройство определения массы в режим измерений. Продолжительность статического взвешивания составляет 1-2 с. По результатам проведения операции, если на блоке загорелся зеленый индикатор - продолжить подъем, если на блоке загорелся красный индикатор - опустить бак. Затем с помощью кнопки на индикаторном блоке перевести устройство в режим мониторинга и продолжить загрузку ТБО или поднимать следующий бак.

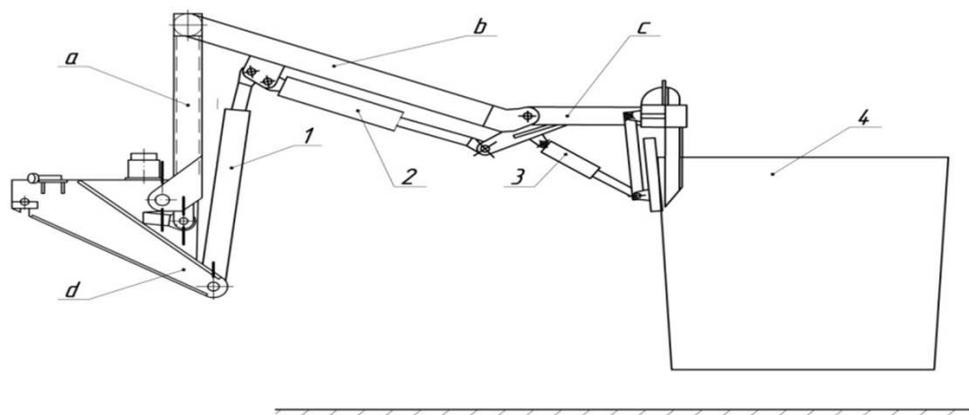


Рисунок 5 - Пространственное положение погрузоч-ного оборудования при взвешивании бака с ТБО
1 - гидроцилиндр излома стрелы, 2 - гидроцилиндр опрокидывания бака, 3 - гидроцилиндр захвата, 4 - бак,
a, b, c, d - звенья манипулятора

Во время статического взвешивания устройство производит расчет массы ТБО по алгоритму:

1. Рассчитывается среднее арифметическое из первых X значений давления (X задается в программном обеспечении).
2. Рассчитывается масса бака с ТБО.
3. Из полученного значения вычитается масса бака $M_{\text{бак}}$.
4. Рассчитывается текущий коэффициент использования грузоподъемности специализированного автомобиля.
5. Данные сохраняются в памяти устройства и передаются на сервер.

По результатам экспериментальных исследований разработано программное обеспечение к устройству определения массы грузов. Алгоритм работы устройства представлен на рисунке 6.

Как видно из блок-схемы устройство осуществляет сбор, обработку и передачу данных о дате и времени загрузки ТБО, координатах места загрузки, величинах давления и температуры РЖ, массе ТБО и текущем коэффициенте использования грузоподъемности автомобиля. Также устройство отправляет информацию об аварийных режимах работы специализированного автомобиля.

По изложенной методике был проведен эксперимент, бак с ТБО взвешивался при помощи устройства и на поверенных складских весах с диапазоном измерений от 0 до 500 кг. Относительная погрешность измерений составила не более 5%.

Информация, поступающая от устройств определения массы грузов, используется для управления перевозочным процессом. В соответствии с требованиями стандарта [19] разработана методика, которая позволяет повысить оперативность управления перевозочным процессом ТБО (рис. 7).

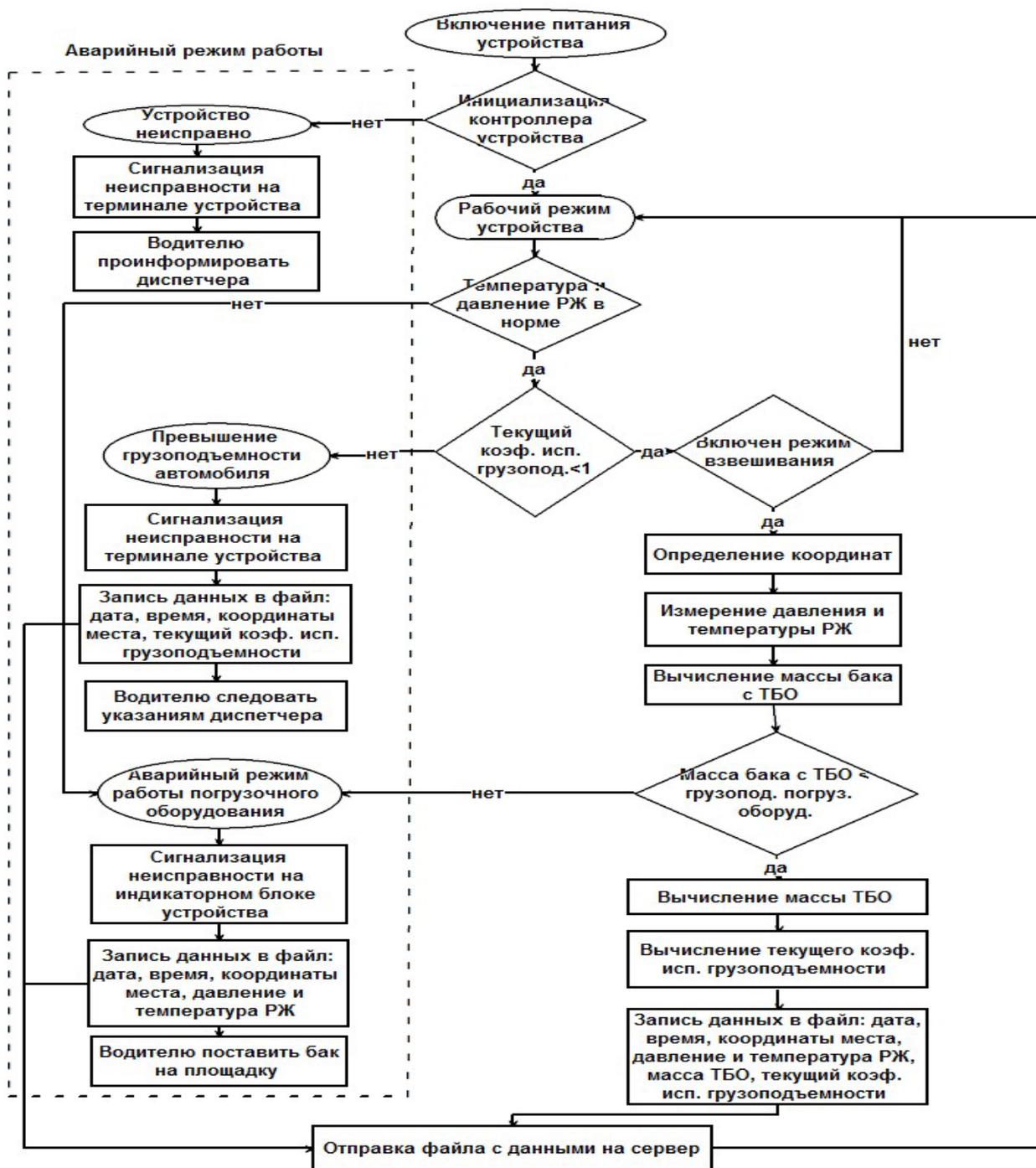


Рисунок 6 - Структурная схема алгоритма работы устройства

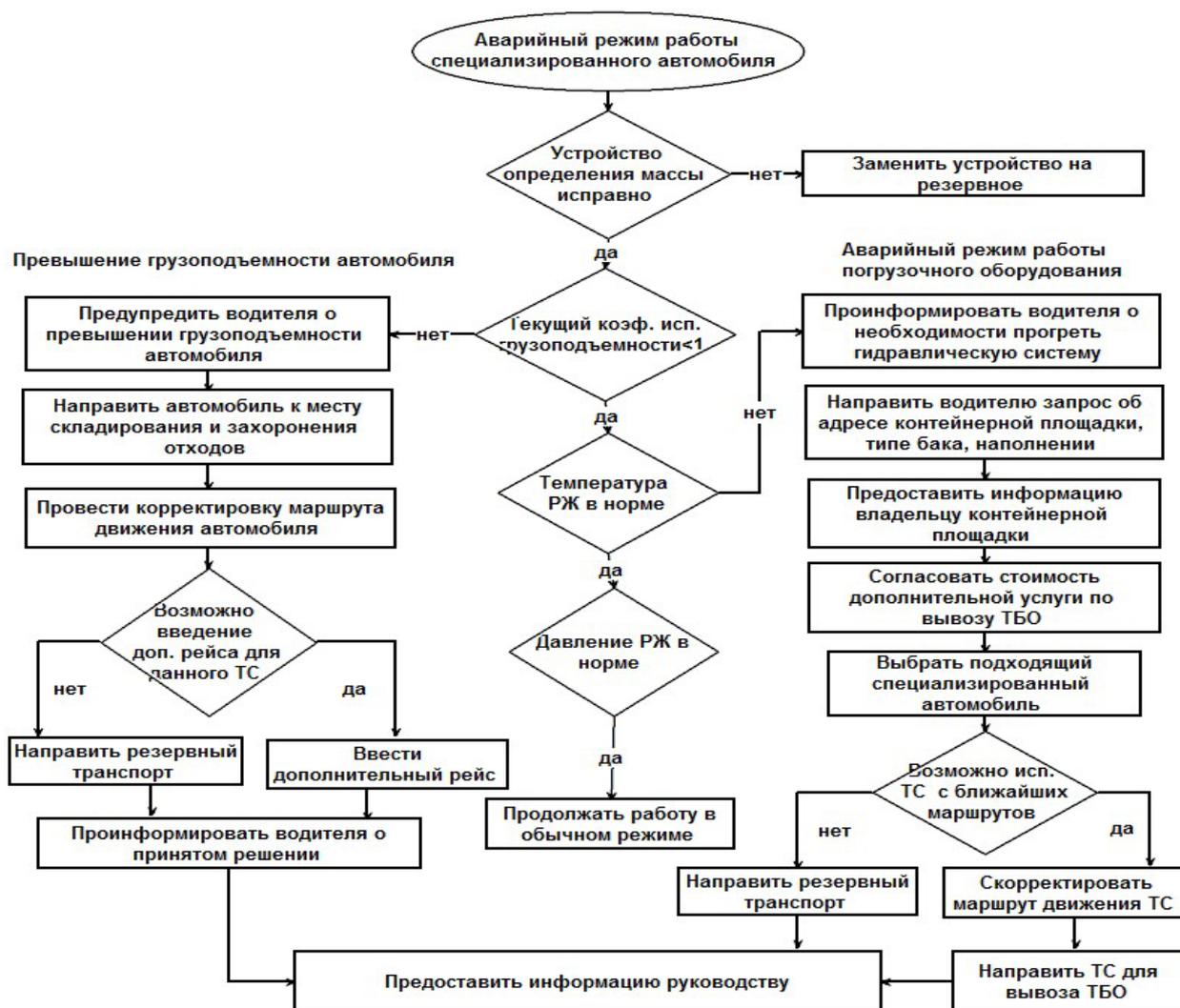


Рисунок 7 - Методика оперативного управления перевозочным процессом ТБО

Методика позволяет диспетчеру оперативно принимать решения при аварийных режимах работы: для случаев обнаружения перегруженного бака и для случаев возможного превышения предельно допустимой массы груза, перевозимого автомобилем.

Эксплуатационные испытания устройства показали, что 1-2 % баков на маршрутах имеют массу, превышающую предельно допустимую для погрузочного оборудования автомобиля, обслуживающего данный маршрут. Для вывоза таких баков оперативно направлялся другой транспорт.

Специализированные автомобили с боковой загрузкой отходов используются на 50-60% от максимальной грузоподъемности, в основном из-за малого коэффициента уплотнения отходов. На двух из шести обследованных маршрутах специализированные автомобили с задней загрузкой систематически перегружались на 20-40%. С помощью устройства учета и контроля массы ТБО были предотвращены попытки превышения предельно допустимой массы груза перевозимого автомобилем. Коэффициент использования грузоподъемности автомобилей был снижен до значения не превышающего 1.

Сбор статистических данных о надежности проводился в виде наблюдения за 14 автомобилями с боковой загрузкой ТБО марок МК-20, КО 415 и 5 автомобилями с задней загрузкой ТБО марки МК3-10, эксплуатируемых в г. Перми предприятиями ООО «Пламя» и ООО «ВМ-Сервис». Исследования проводились при обычной работе погрузочного оборудования и при работе погрузочного оборудования с устройством определения массы груза, загружаемого в транспортное средство. По результатам собранных данных был проведен ана-

лиз работы погрузочного оборудования, все отказы распределены по месту возникновения на 2 группы: гидравлическое оборудование и металлическая конструкция. У специализированных автомобилей с боковой и задней загрузкой преобладают неисправности гидравлической системы (до 80 % от общего количества отказов). Это связано с тем, что при подъеме грузов, масса которых превышает предельно допустимую, в первую очередь нагрузка приходилась на гидроцилиндры. Происходил повышенный износ уплотнений, манжет, разрыв гаек крепления поршня к штоку, а также разрыв шлангов и рукавов высокого давления. Среди отказов металлической конструкции погрузочного оборудования наиболее частыми были трещины, деформации, разрывы сварных соединений.

В таблице 1 представлена информация о количестве отказов по подсистемам и о средней наработке на отказ без использования устройства определения массы грузов и с устройством.

Таблица 1 - Информация об отказах погрузочного оборудования специализированных автомобилей

	Количество отказов, шт.			Средняя наработка, тыс. км
	Автомобили с боковой загрузкой ТБО	Автомобили с задней загрузкой ТБО	Всего	
без использования устройства определения массы грузов*				
Гидравлическое оборудование	151	57	208	5,649
Металлическая конструкция	37	11	48	14,583
с использованием устройства определения массы грузов**				
Гидравлическое оборудование	19	17	36	6,805
Металлическая конструкция	4	3	7	17,143

* наблюдение проводилось за 19 автомобилями с боковой и задней загрузкой

** наблюдение проводилось за 4 автомобилями с боковой и задней загрузкой

Определена вероятность безотказной работы через определенный пробег автомобиля L с начала эксплуатации или после ремонта:

– без использования устройства определения массы [3]:

$$P(L) = e^{-0,25L} , \tag{4}$$

– с использованием устройства определения массы [3]:

$$P(L) = e^{-0,21L} . \tag{5}$$

Таким образом, внедрение комплексного подхода и устройства определения массы позволило лимитировать загрузку кузова автомобилей, предупредить подъем перегруженных баков и повысить оперативность их вывоза, снизить интенсивность отказов погрузочного оборудования и повысить среднюю наработку на отказ гидравлического оборудования с 5649 км до 6805 км или на 20%, металлической конструкции с 14583 км до 17143 км или на 18%.

По результатам анализа технико-экономических показателей эксплуатации специализированных автомобилей с применением разработанного комплексного подхода и устройства определения массы грузов установлено, что внедрение позволяет повысить годовую прибыль от эксплуатации автомобиля на 168 тыс. руб., за счет повышения производительности на 5% и снижения удельных годовых затрат на 4%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. На основе разработанных экспериментально-расчетных зависимостей и комплексного подхода решена важная научно-практическая задача повышения производительности и эксплуатационной надежности специализированного автомобильного транспорта, осуществляющего сбор и транспортировку ТБО.

2. Анализ современных проблем эксплуатации показал, что на некоторых маршрутах коэффициент использования грузоподъемности специализированных автомобилей для сбора и транспортировки ТБО составляет от 0,52 до 1,47. Установлено, что в среднем 1-2% баков перегружены, и отсутствие оперативной информации не позволяет организовать своевременный вывоз таких баков.

3. Разработана математическая модель работы специализированного автомобиля, позволяющая рассчитывать изменение давления рабочей жидкости при подъеме грузов различной массы. Модель дополнена коэффициентом **k**, учитывающим пространственное положение манипулятора во время взвешивания. Установлено, что во время взвешивания коэффициент **k** изменяется в диапазоне 0,97-1.

4. Разработан комплексный подход организации и оперативного управления перевозочным процессом ТБО на основе данных о массе груза. Использование комплексного подхода позволило повысить эксплуатационную надежность погрузочного оборудования, ограничить загрузку кузова автомобиля и повысить оперативность вывоза перегруженных баков.

5. Разработано устройство определения массы грузов, загружаемых в автомобиль погрузочным оборудованием и программное обеспечение к устройству. Устройство может быть установлено на автомобиль дополнительно в условиях АТП. Проведены ходовые испытания.

6. Использование устройства определения массы и комплексного подхода позволило снизить интенсивность отказов погрузочного оборудования и повысить среднюю наработку на отказ гидравлического оборудования на 20%, металлической конструкции на 18%.

7. Внедрение устройства определения массы и разработанного комплексного подхода, позволило повысить годовую прибыль от эксплуатации специализированного автомобиля на 168 тыс. руб, за счет увеличения производительности на 5% и снижения удельных годовых затрат на 4%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтунина, М.С. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта кузовных мусоровозов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 . - Новочеркасск, 2015. – 145 с.
2. Домницкий, А.А. Повышение эффективности кузовных мусоровозов совершенствованием конструкции манипулятора и системы технического обслуживания [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 . - Новочеркасск, 2007. – 159 с.
3. Жигульский, В.И. Исследование надежности кузовных мусоровозов [Текст] / В.И. Жигульский, А.А. Домницкий; под ред. Ю.Г. Сапронова и др. // Наука и инновации в области сервиса автотранспортных средств и обеспечения безопасности дорожного движения: межвуз. сб. науч. трудов [посвящ. памяти проф. В.З. Русакова] / Южно-Российский гос. ун-т экономики и сервиса. – Шахты: ЮРГУЭС, 2008. – С. 30-34.
4. Жигульский, В.И. Повышение надежности кузовных мусоровозов [Текст] / В.И. Жигульский, А.А. Домницкий // Политранспортные системы Сибири: материалы VI Всероссийской научно-технической конференции / СГУПС. – Новосибирск, 2009. - В 2-х ч. - Ч.1. - С. 333-337.
5. Карабан, Г.Л. Машины для городского хозяйства [Текст] / Г.Л. Карабан, В.И. Баловнев, И.А. Засов, Б.А. Лифшиц. – М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
6. Каргин, Р.В. Надежность кузовных мусоровозов [Текст] / Р.В. Каргин, В.И. Жигульский // Грузовик, 2012. - № 2. - С. 37-40.
7. Карпухин, П.Г. Определение грузоподъемности машин для сбора и вывоза твердых отходов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 . - Москва, 2004. - 196 с.
8. Кожевников, Е.В. Повышение эффективности транспортно-логистического процесса доставки твердых бытовых отходов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.01) / Кожевников Е.В. - Москва, 2004. - 26 с.

9. Мальцев, Д.В. Совершенствование организации сбора твердых бытовых отходов в коммунальный транспорт [Текст] / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, М.Г. Бояршинов // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы Междун. науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – Орел, 2015. - с. 69-77.
10. Мальцев, Д.В. Результаты исследования физической модели гидросистемы мусоровоза [Текст] / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Строительные и дорожные машины. – 2014. - №5. – С. 2-5.
11. Глазов, А.А. Строительная, дорожная и специальная техника отечественного производства [Текст]: краткий справочник / А.А. Глазов, Н.А. Манаков, А.В. Панкратов. - М.: ЗАО «Бизнес-арсенал», 2000. – 816 с.
12. Мальцев, Д.В. Определение массы твердых бытовых отходов, загружаемых коммунальным транспортом в местах сбора с использованием средств спутниковой навигации [Текст] / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Автотранспортное предприятие. – 2012. - №2. – С. 45-48.
13. Мальцев, Д.В. Локализация момента съема информации для определения массы мусора во время работы манипулятора мусоровоза [Текст] / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Строительные и дорожные машины. – 2013. - №3. – С. 8-11.
14. А.с. 580460 СССР. Устройство для автоматического взвешивания [Текст] / Горdziш В.А., Семенов М.А.; опубл. 15.11.77.
15. Пат. 80802 Российская Федерация. Противоперегрузочное устройство самосвальной установки [Текст] / Дашков В.М.; опубл. 27.02.09.
16. Мальцев, Д.В. Аналитическое обоснование возможности определения массы твердых бытовых отходов, загружаемых коммунальным транспортом в местах сбора [Текст] / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Р.Н. Хмелев, Е.М. Генсон // Строительные и дорожные машины. – 2012. - №7. – С. 6-8.
17. Мальцев, Д.В. Термодинамическая модель гидросистемы мусоровоза МК-20 для определения массы груза поднимаемого манипулятором [Текст] / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы [3-ей] Междун. науч.-практ. конф. / Госуниверситет – УНПК. - Орел, 2013. – С. 164-168.
18. Мальцев, Д.В. Положение манипулятора мусоровоза и степень его нагруженности [Текст] / Д.В. Мальцев, Н.В. Лобов, Е.М. Генсон // Автомобильная промышленность. – 2014. - №10. – С. 18-19.
19. ГОСТ Р 54029-2010. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы диспетчерского управления специальным автомобильным транспортом муниципальных служб. Требования к архитектуре, функциям и решаемым задачам системы диспетчерского управления транспортом по вывозу твердых бытовых отходов [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
20. Острейковский, В.А. Теория надежности: учебник для вузов [Текст] / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
21. Баранов, Ю.Н. Анализ и оценка риска при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом в АПК [Текст] / Ю.Н. Баранов, А.П. Трясцин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - №5 (10). - 2010. - С. 29-33.
22. Новиков, А. Н. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения [Текст] / А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, В.И. Самусенко, А.М. Никитин // Брянск: Вестник Брянского государственного технического университета. - 2014. - № 4 (44). - С. 188-195.
23. Трясцин, А. П. Методологические аспекты системного анализа опасностей при эксплуатации мобильных самоходных машин сельскохозяйственного назначения [Текст] / А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, О.Н. Данилина // Вестник АПК Верхневолжья. - 2009. - № 3. - С. 77-80.
24. Кондратов, С.В. Повышение безопасности перевозки опасных грузов на основе использования глобальных навигационных спутниковых систем [Текст] / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет -УНПК». - 2015. - С. 52-57.
25. Кондратов, С.В. О безопасности перевозок опасных грузов с использованием ГНСС [Текст] / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - Ч.1. - №4. - С. 335-338.
26. Кондратов, С.В. Повышение безопасности перевозок опасных грузов при помощи выбора оптимального маршрута [Текст] / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков // Современные материалы, техника и технологии. - 2015. - № 3 (3). - С. 128-132.
27. Ломакин, Д.О. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров, Д.О. Ломакин // Бюллетень транспортной информации. - 2009. - №8 (170). - С. 36-40.

Лобов Николай Владимирович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины»
E-mail: lobov@pstu.ru

Бояршинов Михаил Геннадьевич

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автомобили и технологические машины»
E-mail: 9128841776@mail.ru

Мальцев Дмитрий Викторович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29
Аспирант кафедры «Автомобили и технологические машины»
E-mail: mdv@pstu.ru

N.W. LOBOV, M.G. BOYARSHINOV, D.V. MALTSEV

IMPROVEMENT OF ORGANIZATION SOLID WASTE TRANSPORTATION PROCESS BY AUTOMOBILE TRANSPORT

The article is devoted to improve the organization solid waste transportation process. The developed integrated approach allows improving the procedure of waste loading to prevent failures of loading equipment and also improves the efficiency of decision-making in emergency situations. The results of the research loading equipment reliability at the automobile transport are presented. The analysis of technical and economic parameters exploitation of specialized automobiles with developed a comprehensive approach.

Keywords: *transportation process of solid waste, garbage truck, transportation management, reliability of loading equipment.*

BIBLIOGRAPHY

1. Altunina, M.S. Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta kuzovnykh musorovozov [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04 . - Novochoerkassk, 2015. - 145 s.
2. Domnitskiy, A.A. Povyshenie effektivnosti kuzovnykh musorovozov sovershenstvovaniem konstruksii manipulyatora i sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04 . - Novochoerkassk, 2007. - 159 s.
3. ZHigul'skiy, V.I. Issledovanie nadezhnosti kuzovnykh musorovozov [Tekst] / V.I. ZHigul'skiy, A.A. Domnitskiy; pod red. YU.G. Saponova i dr. // Nauka i innovatsii v oblasti servisa avtotransportnykh sredstv i obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: mezhvuz. sb. nauch. trudov [posvyashch. pamyati prof. V.Z. Rusakova] / YUzhno-Rossiyskiy gos. un-t ekonomiki i servisa. - Shakhty: YURGUES, 2008. - S. 30-34.
4. ZHigul'skiy, V.I. Povyshenie nadezhnosti kuzovnykh musorovozov [Tekst] / V.I. ZHigul'skiy, A.A. Domnitskiy // Politransportnye sistemy Sibiri: materialy VI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / SGUPS. - Novosibirsk, 2009. - V 2-kh ch. - CH.1. - S. 333-337.
5. Karaban, G.L. Mashiny dlya gorodskogo khozyaystva [Tekst] / G.L. Karaban, V.I. Balovnev, I.A. Zasov, B.A. Lifshits. - M.: Mashinostroenie, 1988. - 272 s.
6. Kargin, R.V. Nadezhnost` kuzovnykh musorovozov [Tekst]/ R.V. Kargin, V.I. ZHigul'skiy // Gruzovik, 2012. - № 2. - S. 37-40.
7. Karpukhin, P.G. Opredelenie gruzopod`emnosti mashin dlya sbora i vyvoza tverdykh otkhodov [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04 . - Moskva, 2004. - 196 s.
8. Kozhevnikov, E.V. Povyshenie effektivnosti transportno-logisticheskogo protsessa dostavki tverdykh bytovykh otkhodov [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.22.01) / Kozhevnikov E.V. - Moskva, 2004. - 26 s.
9. Mal'tsev, D.V. Sovershenstvovanie organizatsii sbora tverdykh bytovykh otkhodov v kommunal'nyy transport [Tekst] / D.V. Mal'tsev, N.V. Lobov, M.G. Boyarshinov // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy Mezhdun. nauch.-prakt. konf. / FGBOU VPO «Gosuniversitet - UNPK». - Orel, 2015. - s. 69-77.
10. Mal'tsev, D.V. Rezul'taty issledovaniya fizicheskoy modeli gidrosistemy musorovoza [Tekst] / D.V. Mal'tsev, N.V. Lobov, E.M. Genson // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2014. - №5. - S. 2-5.
11. Glazov, A.A. Stroitel'naya, dorozhnaya i spetsial'naya tekhnika otechestvennogo proizvodstva [Tekst]: kratkiy spravochnik / A.A. Glazov, N.A. Manakov, A.V. Pankratov. - M.: ZAO «Biznes-arsenal», 2000. - 816 s.
12. Mal'tsev, D.V. Opredelenie massy tverdykh bytovykh otkhodov, zagruzhayemykh kommunal'nyy transportom v mestakh sbora s ispol'zovaniem sredstv sputnikovoy navigatsii [Tekst] / D.V. Mal'tsev, N.V. Lobov, E.M. Genson // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2012. - №2. - S. 45-48.

13. Mal'tsev, D.V. Lokalizatsiya momenta »ema informatsii dlya opredeleniya massy musora vo vremya raboty manipulyatora musorovoza [Tekst] / D.V. Mal'tsev, N.V. Lobov, E.M. Genson // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2013. - №3. - S. 8-11.
14. A.s. 580460 SSSR. Ustroystvo dlya avtomaticheskogo vzveshivaniya [Tekst] / Gordzish V.A., Semenov M.A.; opubl. 15.11.77.
15. Pat. 80802 Rossiyskaya Federatsiya. Protivoperegruzochnoe ustroystvo samosval'noy ustanovki [Tekst] / Dashkov V.M.; opubl. 27.02.09.
16. Mal'tsev, D.V. Analiticheskoe obosnovanie vozmozhnosti opredeleniya massy tverdykh bytovykh otkhodov, zagruzaemykh kommunal'nym transportom v mestakh sbora [Tekst] / D.V. Mal'tsev, N.V. Lobov, R.N. Hmelev, E.M. Genson // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2012. - №7. - S. 6-8.
17. Mal'tsev, D.V. Termodinamicheskaya model' gidrosistemy musorovoza MK-20 dlya opredeleniya massy gruzha podnimaemogo manipulyatorom [Tekst] / D.V. Mal'tsev, N.V. Lobov, E.M. Genson // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: materialy [3-ey] Mezhdun. nauch.-prakt. konf. / Gosuniversitet - UNPK. - Orel, 2013. - S. 164-168.
18. Mal'tsev, D.V. Polozhenie manipulyatora musorovoza i stepen' ego nagruzhennosti [Tekst] / D.V. Mal'tsev, N.V. Lobov, E.M. Genson // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 2014. - №10. - S. 18-19.
19. GOST R 54029-2010. Global'naya navigatsionnaya sputnikovaya sistema. Sistemy dispetcherskogo upravleniya spetsial'nym avtomobil'nym transportom munitsipal'nykh sluzhb. Trebovaniya k arkhitekture, funktsiyam i reshaemym zadacham sistemy dispetcherskogo upravleniya transportom po vyvozu tverdykh bytovykh otkhodov [Tekst]. - M.: Standartinform, 2010. - 12 s.
20. Ostreykovskiy, V.A. Teoriya nadezhnosti: uchebnik dlya vuzov [Tekst] / V.A. Ostreykovskiy. - M.: Vyssh. shk., 2003. - 463 s.
21. Baranov, YU.N. Analiz i otsenka riska pri perezovke opasnykh gruzov avtomobil'nym transportom v APK [Tekst] / YU.N. Baranov, A.P. Tryastin // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - №5 (10). - 2010. - S. 29-33.
22. Novikov, A. N. Otsenka effektivnosti funktsionirovaniya sistemy podgotovki kadrov, svyazannykh s obespecheniem bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst] / A.N. Novikov, A.P. Tryastin, YU.N. Baranov, V.I. Samusenko, A.M. Nikitin // Bryansk: Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - № 4 (44). - S. 188-195.
23. Tryastin, A. P. Metodologicheskie aspekty sistemnogo analiza opasnostey pri ekspluatatsii mo-bil'nykh samokhodnykh mashin sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Tekst] / A.P. Tryastin, YU.N. Baranov, O.N. Danilina // Vestnik APK Verkhnevolzh'ya. - 2009. - № 3. - S. 77-80.
24. Kondratov, S.V. Povyshenie bezopasnosti perezovki opasnykh gruzov na osnove ispol'zovaniya global'nykh navigatsionnykh sputnikovyykh sistem [Tekst] / S.V. Kondratov, A.N. Novikov; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniver-sitet -UNPK". - 2015. - S. 52-57.
25. Kondratov, S.V. O bezopasnosti perezovok opasnykh gruzov s ispol'zovaniem GNSS [Tekst] / S.V. Kondratov, A.N. Novikov // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. - 2015. - CH.1. - №4. - S. 335-338.
26. Kondratov, S.V. Povyshenie bezopasnosti perezovok opasnykh gruzov pri pomoshchi vybora optimal'nogo marshruta [Tekst] / S.V. Kondratov, A.N. Novikov // Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii. - 2015. - № 3 (3). - S. 128-132.
27. Lomakin D.O. Vybor faktorov, opredeljayushhih kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-celevym metodom/A.N. Novikov, A.S. Bodrov, D.O. Lomakin.//Bjulleten' transportnoj informacii. -2009. -№8 (170). -s. 36-40.

Lobov Nikolay Vladimirovich

FGBOU VPO «Perm National Research Polytechnic University»

Address: 614990, Perm, Komsomol prospect, 29

Dr. Sc. Sciences, Professor of the Department «Automobiles and production machines»

E-mail: lobov@pstu.ru

Boyarshinov Michael Genadievich

FGBOU VO «Perm National Research Polytechnic University»

Address: 614990, Perm, Komsomol prospect, 29

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. the Department «Automobiles and production machines»

E-mail: 9128841776@mail.ru

Maltsev Dmitry Viktorovich

FGBOU VO «Perm National Research Polytechnic University»

Address: 614990, Perm, Komsomol prospect, 29

Student of «Automobiles and production machines»

E-mail: mdv@pstu.ru

УДК 629.3.015

В.В. ВАСИЛЬЕВА, А.Н. НОВИКОВ

ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ГОРОДА

В статье оценивается эффективность шумоэкрана, расположенного на улице Мостовой г.Орла. Приводятся характеристики автотранспортного потока на данном участке автодороги, геометрические параметры шумозащитных сооружений, а также измеренные и рассчитанные уровни эквивалентного транспортного шума.

Ключевые слова: акустическая среда, уровень транспортного шума, шумозащитные сооружения, акустический экран.

Современный уровень автомобилизации и ежегодное увеличение интенсивности дорожного движения приводит к возрастанию шумовой нагрузки на окружающую среду и население. Особенно негативно автотранспортный шум воздействует на людей, проживающих на территориях, прилегающих к автодорогам. Круглосуточное воздействие шума приводит к увеличению числа нервных расстройств, ряду специфических заболеваний. Защита населения городов от автотранспортного шума носит не только социальный, но и экономический характер. Ухудшение условий труда и отдыха при повышенном уровне транспортного шума отрицательно отражается на производительности труда и его качестве.

В мае 2014 года в г.Орле была открыта новая автодорога по ул. Мостовой (от ул. Генерала Родина до Карачевского шоссе). Длина новой дороги составляет без малого 2 км, в её состав входит мост через р.Орлик длиной 77 метров. Ширина одной полосы движения составляет 3,75 м. Общая ширина дороги 15 м, движение автомобилей осуществляется по 4 полосам. Новая дорога обеспечивает пропуск транзитного транспорта брянского направления, а также уменьшает поток грузового транспорта на улице Колхозной. Автомобильная дорога является частью перспективной северной магистрали города (улица Раздольная, улица Генерала Родина и улица Карачевское шоссе). С одной стороны автодороги расположена жилая застройка, защищенная от транспортного шума экранами. Общая протяженность шумозащитного экрана 970 метров.

По краям дорожного полотна имеются обочины шириной по 1,5 м.

С одной стороны на расстоянии 5 м от границы обочины расположен первый эшелон жилых зданий, представляющих собой одно- и двухэтажные дома индивидуальной застройки.

Протяженность этого эшелона вдоль дороги составляет около 900 м.

Здания с другой стороны вдоль указанного участка дороги являются нежилыми и как объект шумозащиты не рассматриваются.

Для определения шумовых характеристик автотранспортного потока на данном участке автодороги (эквивалентного и максимального уровней звука в 7,5 м от оси ближайшей полосы движения транспорта и на высоте 1 м над уровнем проезжей части) были проведены в октябре 2015 г. натурные измерения. Измерения выполнялись в соответствии с методикой ГОСТ 20444-85. Для измерений применялся шумомер «Октава 101А». Перед началом и после окончания каждой серии измерений шумомер калибровался с помощью акустического калибратора.

Измерения шумовых характеристик транспортного потока проводились в дневное время в часы пик. Погода во время измерений была ясная, безветренная, без осадков. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты измерений уровней шума

№ п/п	Место проведения измерений	Интенсивность автотранспортного потока $N_{дн.}$	Уровни шума		
			$L_{АЭКВ.}$	$L_{АМАКС}$	$L_{АМИН}$
1.	В 2,5 м от края первой полосы движения транспорта перед экраном	1068	75	96	54
2.	В 1,5 м от экрана за экраном	1138	62,5	69,5	52,5
3.	В 10 м от фасада жилого дома за экраном	1122	60,5	65,5	52
4.	В 15 м от фасада жилого дома за экраном	1213	59	64	53,5

Среди из мероприятий, направленных на снижение транспортного шума, наиболее эффективными могут быть:

- проведение мероприятий по обеспечению равномерного движения автомобилей в потоке;
- ограничения скоростей движения на транзитных участках дорог, проходящих вдоль защищаемых от шума территорий;
- обязательное ограничения скорости движения в населенных пунктах.

В таблице 2 приведены величины снижения уровня звука при проведении различных мероприятий по организации движения.

Снижение скорости транспортных средств с 60 до 50 км/ч наиболее эффективно снижает акустическое воздействие – на 2,1 дБА при 10% доли грузового транспорта в потоке.

Таблица 2 - Снижение уровня звука при движении легковых и грузовых автомобилей в зависимости от величины снижения скорости

Величина снижения скорости, км/час	Снижение уровня звука (дБА) при движении:	
	легковых автомобилей	грузовых автомобилей
с 60 до 50	2,1	1,7
с 50 до 40	2,7	2,1
с 40 до 30	3,7	2,7

При наличии шумозащитных сооружений вдоль многополосных дорог целесообразно средствами организации движения создавать условия и информировать водителей о необходимости двигаться по правым полосам движения - ближе к кромке проезжей части и шумозащитному сооружению.

Планировочные решения участков дорог, проходящих через населенные пункты, не должны допускать снижения скоростей транспортных средств до полной остановки. На транзитных участках это в значительной степени достигается выделением остановочных полос для общественного транспорта. На пересечениях в одном уровне уменьшение остановок транспортных средств достигается за счет организации саморегулируемого кольцевого движения.

Комплекс требований, предъявляемых к шумозащитным сооружениям, включает, в первую очередь, реализацию требуемого или возможного снижения шума до значений, регламентируемых санитарными нормами, а так же обеспечение безопасности дорожного движения.

Шумозащитные сооружения должны не способствовать снегозаносимости земляного полотна автомобильных дорог, отвечать эстетическим требованиям, удачно вписываться в ландшафт и не препятствовать осмотру едущими окружающего ландшафта.

Конструкция отдельных элементов шумозащитных экранов должна обеспечивать плотное их примыкание друг к другу для создания акустически непрозрачного сооружения. Особо тщательно должно быть обеспечено сопряжение низа экранов с конструкцией земляного полотна. Шумозащитные сооружения должны быть рассчитаны на снеговые, ветровые и сейсмические нагрузки.

Материалы для строительства экранов-стенок должны быть долговечными, устойчивыми к воздействию атмосферных факторов и выхлопных газов.

Звукопоглощающие материалы, используемые для облицовки экранов, должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими характеристиками, быть био-и влагостойкими, не выделять вредные вещества.

При нарушении сплошности экрана, которое может быть связано с техническими требованиями (наличие отверстий для отвода поверхностных вод), акустическая эффективность сооружения снижается.

При расчётах акустической эффективности шумозащитных сооружений по улице Мостовой (рис. 1) рассматриваются расчётные сечения, соединяющие источник шума и расчётную точку. Снижение шума такими сооружениями происходит в результате образования за ними так называемой звуковой тени. Однако полного снижения не происходит, так как звуковая волна частично огибает препятствие, что вызвано явлением дифракции (рис. 2).



Рисунок 1 - Шумозащитные сооружения по улице Мостовой

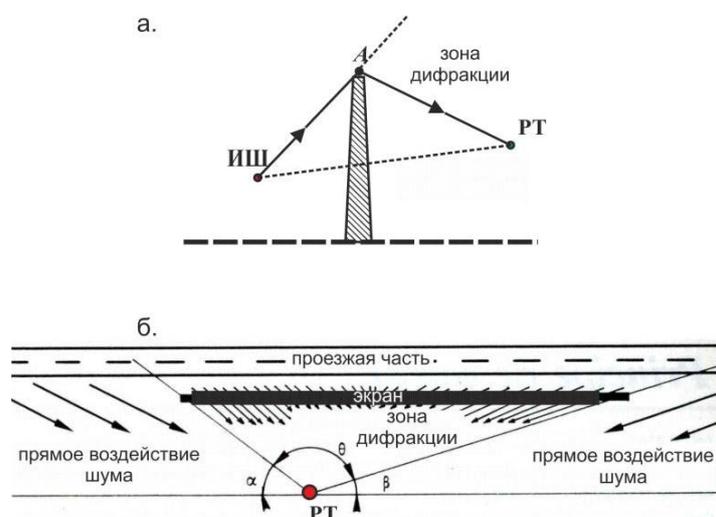


Рисунок 2 - Схема положения зоны дифракции в профиле (а) и в плане (б) в зависимости положения расчетной точки (РТ) и размеров шумозащитного экрана, его высоты и длины

Основной характеристикой, определяющей акустические качества шумозащитного экрана-стенки, является его высота.

Акустическая эффективность экрана зависит от разности длин путей звукового луча, определяемой по следующей формуле:

$$\delta = a + b - c, \quad (1)$$

где δ – разности длин путей звукового луча, м;

a – кратчайшее расстояние между акустическим источником шума и верхней кромки экрана, м;

b – кратчайшее расстояние от верхней кромки экрана до расчётной точки, м;

c – кратчайшее расстояние от акустического центра источника шума до расчётной точки, м.

Расстояния a , b и c определяются по следующим формулам:

$$a = \sqrt{S_1^2 + (h_{\text{экр}} - h_{\text{иш}})^2}, \quad (2)$$

$$b = \sqrt{S_2^2 + (h_{\text{экр}} - h_{\text{рт}})^2}, \quad (3)$$

$$c = \sqrt{(S_1 + S_2)^2 + (h_{\text{рт}} - h_{\text{иш}})^2}, \quad (4)$$

где $h_{\text{иш}}$ – высота источника шума над уровнем проезжей части, м;

$h_{\text{экр}}$ – высота экрана, м;

$h_{\text{рт}}$ – высота расчётной точки над уровнем земли, м;

S_1 – расстояние от источника шума до экрана, м;

S_2 – расстояние от экрана до расчётной точки, м.

При выполнении расчётов определялось воздействие транспортного шума на человека, находящегося на расстоянии 10 м за экраном, положение акустического центра источника шума принимается равным 1 м над уровнем проезжей части, высота экрана -2,5 м.

Шумопонижение экрана, в зависимости от полученной акустической эффективности, определялось по номограмме, и составило 16 дБА. Рассчитанное значение шумопонижения акустического экрана соответствует натурным замерам.

Не смотря на достаточную эффективность шумозащитного экрана, были выявлены существенные недостатки этих конструкций. В местах расположения остановок общественного транспорта и в местах пешеходных переходов для обеспечения прохода людей предусматриваются разрывы в экранах с устройством контрэкранов или их перекрытие. На участках улицы Мостовой в местах разрыва экрана дублирующие экраны отсутствуют (рис. 3).



Рисунок 3 - Места нарушения сплошности экрана

Перекрытие экранов должно составлять не менее 3-4 расстояний между экранами, а внутренняя сторона контрэкрана выполняется из шумопоглощающего материала (рис. 4).

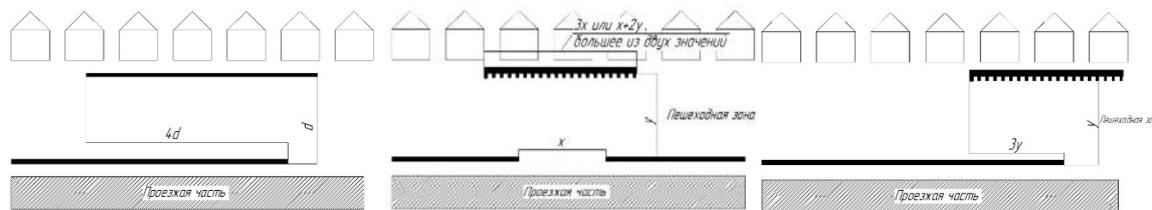


Рисунок 4 - Схемы устройства экранов на участках разрыва и перекрытия

Минимальное взаимное перекрытие экранов у остановки общественного транспорта в населенном пункте назначается не менее тройной ширины прохода. Ширина прохода не должна быть менее 2 метров (рис. 5).

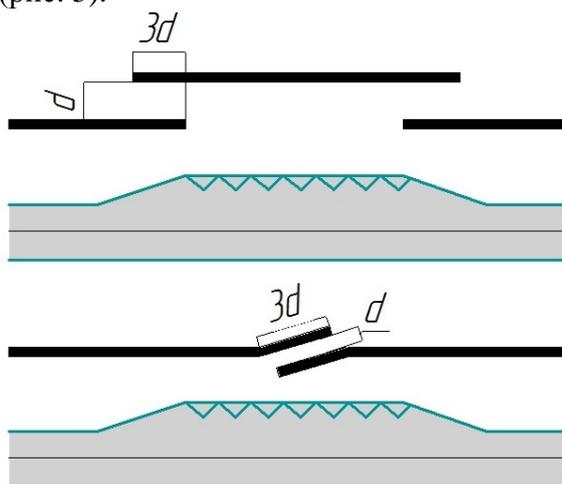


Рисунок 5 - Схема расположения экрана у остановки общественного транспорта

Для предохранения изменения траектории движения при порыве ветра, и с эстетической точки зрения необходимо плавно изменять высоту на начальном и конечном участках экрана. Рекомендуется изменение высоты с уклоном 1:8, при этом изменение высоты может быть плавным и ступенчатым. В начале или конце экрана предполагается изменение его в сторону защищаемой от шума территории, при этом угол изменения направления должен составлять 15-20°.

Экологический аспект применения мероприятий по защите населения городов от транспортного шума определяет меру ответственности человека за создаваемую среду жизнедеятельности урбанизированных территорий. Система оценки качества акустической среды вблизи автомобильных дорог предполагает рассмотрение широко круга вопросов, в том числе разработку эффективных мероприятий по снижению транспортного шума.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2007. - № 4. - С. 90-97.
2. Васильева, В.В. Проблемы акустической экологии городской среды [Текст] / В.В. Васильева; под ред. А.Н.Новикова // Проблемы обеспечения экологической безопасности автотранспортного комплекса: сб. научных статей. - Орел, 2004. - С.68 – 71.
3. Иващук, О.А. Экологические проблемы эксплуатации автотранспорта в г. Орле [Текст] / О.А. Иващук, Л.Ф. Ставчикова, В.В. Васильева // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сб. мат. Международной научно-практической конференции. - Пенза, 2005. - С.123-125.

4. Иващук, О.А. Применение компьютерного моделирования при решении проблем акустической экологии городской среды (на примере г. Орла) [Текст] / О.А. Иващук, В.В. Васильева // Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности и экологии: сборник тезисов докладов IV Всероссийской научно-технической конференции / ТулГУ. – Тула, 2005. – С. 98-100.
5. Новиков, А.Н. Экологический мониторинг воздействия автотранспорта на акустическую среду города [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Ремонт, восстановление, модернизация. - № 6. - 2006. - С. 33-34.
6. Васильева, В.В. Оценка техногенного воздействия автотранспорта на акустическую среду города [Текст] / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - №3/34. - 2011. - С. 72-79.
7. Васильева, В.В. Управление качеством акустической среды города на основе нейросетевого моделирования [Текст] / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - №1/32. - 2011. - С. 80-83.
8. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - №1/24 (565). - 2009. - С. 107-111.
9. Васильева, В.В. Оценка воздействия автотранспортных потоков на акустическую среду городской территории [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Васильева Виктория Владимировна. - Орел, 2008. - 126 с.
10. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппов и др. - Орел, 2010. - 254с.
11. Васильева, В.В. Практические рекомендации по внедрению математического моделирования в мониторинговый анализ состояния акустической среды города [Текст] / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - №1/28. - 2010. - С. 89-91.
12. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам [Текст]: отраслевой дорожный методический документ. – М.: ФГУП «Информавтодор», 2011. -123с.
13. Васильева, В.В. Анализ шумового воздействия транспорта на городскую среду и население [Текст] / В.В. Васильева // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012. - С.118-121.
14. Васильева, В.В. Экологический аспект использования интеллектуальных транспортных систем [Текст] / В.В. Васильева / Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 3-ей Международной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2013. - С.272-273. - ISBN 978-5-93932-619-3.
15. Vasilyeva, V.V. Use of intellectual transport systems for the assessment of quality of the urban environment / V.V. Vasilyeva, A.A. Katunin / International youth science environmental forum of Baltic region countries “Eco-baltica’2013”: Book of Proceedings. – SPb.: Publishing house of the Polytechnical University, 2013. Pages 145-148.
16. Novikov, A.N. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems / A.N. Novikov, V.V. Vasilyeva, A.A. Katunin // Science journal of transportation. Especial Issue No.05. International cooperation Journals MADI-SWJTU-UTC. 06-2014. Pages 49-51.
17. Васильева, В.В. Математическая оценка экологической нагрузки на акустическую среду от автотранспорта [Текст] / В.В. Васильева, В.А. Голенков, А.Н. Новиков // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции. - В 3-х томах. - 2015. - С. 195-199.
18. Васильева, В.В. Комплексная оценка воздействия автотранспорта на акустическую среду от автотранспорта [Текст] / В.В. Васильева, В.А. Голенков; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы международной научно-практической конференции / Орел, 2015. - С. 168-178.
19. ГОСТ ИСО 362-2006 Шум. Измерение шума, излучаемого дорожными транспортными средствами при разгоне. Технический метод [Текст]. - М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2008. - 11с.
20. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения [Текст] / утверждено распоряжением Минтранса России №ОС-362-р от 21.04.2003. – М.: РОСАВТОДОР, 2003. - 90с.

Васильева Виктория Владимировна

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@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

V.V. VASIL'EVA, A.N. NOVIKOV

ASSESSMENT OF THE ACOUSTIC EFFICIENCY OF NOISE PROTECTION FACILITIES ON ROADS OF THE CITY

The article assesses the effectiveness of sumasang screen, located on the street Pavement in the city of Oryol. Characteristics of vehicle flow on this section of road, geometric parameters of sound insulating structures, as well as the measured and calculated levels equivalent to traffic noise.

Keywords: acoustic environment, the level of traffic noise, acoustic structures, acoustic screen.

BIBLIOGRAPHY

1. 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). - 2007. - № 4. - S. 90-97.
2. Vasil'eva, V.V. Problemy akusticheskoy ekologii gorodskoy sredy [Tekst] / V.V. Vasil'eva; pod red. A.N. Novikova // Problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti avtotransportnogo kompleksa: sb. nauchnykh statey. - Orel, 2004. - S.68 - 71.
3. Ivashchuk, O.A. Ekologicheskie problemy ekspluatatsii avtotransporta v g. Orle [Tekst] / O.A. Ivashchuk, L.F. Stavchikova, V.V. Vasil'eva // Prirodnoresursnyy potentsial, ekologiya i ustoychivoe razvitie regionov Rossii: sb. mat. Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Penza, 2005. - S.123-125.
4. Ivashchuk, O.A. Primenenie komp'yuternogo modelirovaniya pri reshenii problem akusticheskoy ekologii gorodskoy sredy (na primere g. Orla) [Tekst] / O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Informatsionnye sistemy i modeli v nauchnykh issledovaniyakh, promyshlennosti i ekologii: sbornik tezisov dokladov IV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / TulGU. - Tula, 2005. - S. 98-100.
5. Novikov, A.N. Ekologicheskii monitoring vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu goroda [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - № 6. - 2006. - S. 33-34.
6. Vasil'eva, V.V. Otsenka tekhnogennoy vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu goroda [Tekst] / V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3/34. - 2011. - S. 72-79.
7. Vasil'eva, V.V. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy goroda na osnove neyrosetevogo modelirovaniya [Tekst] / V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №1/32. - 2011. - S. 80-83.
8. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnoy vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo akusticheskoy sredy [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №1/24 (565). - 2009. - S. 107-111.
9. Vasil'eva, V.V. Otsenka vozdeystviya avtotransportnykh potokov na akusticheskuyu sredu gorodskoy territorii [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Vasil'eva Viktoriya Vladimirovna. - Orel, 2008. - 126 s.
10. Ekologicheskaya bezopasnost' avtomobil'nogo transporta [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / E.V. Bondarenko, A.N. Novikov, A.A. Fillipov i dr. - Orel, 2010. - 254s.
11. Vasil'eva, V.V. Prakticheskie rekomendatsii po vnedreniyu matematicheskogo modelirovaniya v monitoringovy analiz sostoyaniya akusticheskoy sredy goroda [Tekst] / V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №1/28. - 2010. - S. 89-91.
12. ODM 218.2.013-2011 Metodicheskie rekomendatsii po zashchite ot transportnogo shuma territoriy, prilgayushchikh k avtomobil'nykh dorogam [Tekst]: otraslevoy dorozhnyy metodicheskiy dokument. - M.: FGUP "Informavtodor", 2011. -123s.
13. Vasil'eva, V.V. Analiz shumovogo vozdeystviya transporta na gorodskuyu sredu i naselenie [Tekst] / V.V. Vasil'eva // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK", 2012. - S.118-121.
14. Vasil'eva, V.V. Ekologicheskii aspekt ispol'zovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem [Tekst] / V.V. Vasil'eva // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: materialy 3-ey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK", 2013. - S.272-273. - ISBN 978-5-93932-619-3.
15. Vasilyeva, V.V. Use of intellectual transport systems for the assessment of quality of the urban environ-

ment / V.V. Vasilyeva, A.A.Katunin / International youth science environmental forum of Baltic region countries "Eco-baltica'2013": Book of Proceedings. - SPb.: Publishing house of the Polytechnical University, 2013. Pages 145-148.

16. Novikov, A.N. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems / A.N. Novikov, V.V. Vasilyeva, A.A. Katunin // Science journal of transportation. Especial Issue No.05. International cooperation Journals MADI-SWJTU-UTC. 06-2014. Pages 49-51.

17. Vasil'eva, V.V. Matematicheskaya otsenka ekologicheskoy nagruzki na akusticheskuyu sredu ot avtotransporta [Tekst] / V.V. Vasil'eva, V.A. Golenkov, A.N. Novikov // Progressivnye tekhnologii i protsessy: sbornik nauchnykh statey 2-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - V 3-kh tomakh. - 2015. - S. 195-199.

18. Vasil'eva, V.V. Kompleksnaya otsenka vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu ot avtotransporta [Tekst] / V.V. Vasil'eva, V.A. Golenkov; pod obshchey redaktsiei A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / Orel, 2015. - S. 168-178.

19. GOST ISO 362-2006 Shum. Izmerenie shuma, izluchaemogo dorozhnymi transportnymi sredstvami pri razgone. Tekhnicheskii metod. - M.: STANDARTINFORM, 2008. - 11s.

20. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke neobkhodimogo snizheniya zvuka u naseleennykh punktov i opredeleniyu trebuemoy akusticheskoy effektivnosti ekranov s uchetoм zvukopogloshcheniya [Tekst] / utverzhdено rasporyazheniem Mintransa Rossii №OS-362-r ot 21.04.2003. - M.: ROSAVTODOR, 2003. - 90s.

Vasileva Viktoria Vladimirovna

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: Russia, 302030, g. Orel, st. Moscow, 77

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor of «Service and repair of vehicles»

E-mail: srmostu@mail.ru

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VO «Priokskiy gosudarstvenny University»

Address: Russia, 302030, g. Orel, st. Moscow, 77

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. the department «Service and repair of vehicles»

E-mail: srmostu@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

УДК 74.584.

Г.В. БУКАЛОВА

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ НОРМАТИВЫ КАК СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Авторы обосновывают ценностно-смысловую роль визуализации учебного материала при освоении общепрофессиональных и профессиональных компетенций студентами автотранспортного профиля. Представлена концепция интенсификации познавательной деятельности студентов. Обозначена научно-педагогическая проблема, связанная с оптимизацией визуализации содержания дисциплин технического профиля.

Ключевые слова: визуализация, интенсификация учебной деятельности, компетенции выпускника вуза, образовательные нормативы, зрительное восприятие.

Основная задача современного этапа развития инженерного образования автотранспортного профиля – это переход к упорядоченному развитию практики стандартизации результата образования, а вместе с ним и образовательного нормирования. Нормирование результата профессионального образования – это обновленный способ задания образовательных целей нового типа - в виде компетенций выпускника вуза. Нормативное установление вузом требований к результату обучения обуславливает высокую степень гарантированности их достижения обучающимися. Достижение указанной гарантированности требует применения новых подходов к оснащению и организации образовательного процесса.

Внедрение образовательного нормирования как значимого элемента компетентностно ориентированного образовательного процесса связано с изменением концептуальной основы профессиональной подготовки. Изменение концептуальной основы профессионального образования обуславливает обновление модели организации соответствующей ей образовательной практики. При этом административно вносимые изменения во «внешний контур» системы образования вуза с необходимостью требуют адекватных изменений и во «внутреннем контуре» - образовательной среде процесса подготовки по данному направлению (специальности). Соответственно этому совокупная образовательная норма, отражающая профессиональную компетентность выпускника вуза, получает функцию управляющего конструктора – основного фактора влияния на организационно-технологическую сторону образовательного процесса.

Образовательное нормирование в компетентностном формате воспринимается как педагогическое новшество. В силу этого особо важна методическая готовность преподавателей-практиков к участию в инновационной педагогической деятельности: разработке содержания образовательных нормативов и их ответственной реализации в образовательном процессе. Необходима убежденность преподавателей в целесообразности инновационных изменений образовательной среды в связи с внедрением стандартизации результата профессиональной подготовки, признание его нужности для развития образовательной системы вуза. В противном случае традиционно проявляемый консерватизм педагогического сознания может стать не преодолимым препятствием для действительной реализации установленных образовательных норм.

В настоящее время большая часть автообслуживающих предприятий вступила в такую стадию технико-экономического развития, когда предоставляемые услуги оцениваются с позиции потребителя - покупателя этих услуг. На этом этапе эффективность производственной деятельности предприятия определяется уже не только инициативой их руководителя, но и уровнем профессиональной компетентности инженерно-технического персонала, способного создавать и распространять инновации [1, 2]. Формированию такой готовности должно быть подчинено содержание профессионального образования автотранспортной направленности, способы его освоения, оно само должно становиться инновационным [3].

Концепция эффективной реализации нормативно установленных требований к результату инженерного образования автотранспортного профиля (компетенций выпускника вуза) с необходимостью убеждает, что стратегическим направлением повышения продуктивности познавательной деятельности студентов, следует признать *интенсификацию* образовательного процесса [4, 5, 6]. Однако, интенсификация обучения при этом нами не связывается со сверхнормативным ростом интеллектуальных усилий обучающихся, с их перегрузкой, с сокращением перерывов для отдыха. Перегрузки обучающихся - это экстенсивный путь, характерный для традиционного обучения, порожденный низкой производительностью умственного труда. Утверждение, общепринятое в традиционном обучении, - чем больше студент работает, тем лучше - с точки зрения компетентностно ориентированной интенсивной технологии обучения следует признать устаревшим.

Процесс познания и понимания учебного материала в области инженерных дисциплин - один из наиболее сложных видов умственного труда. В отношении оптимизации учебно-познавательной деятельности мы придерживаемся позиции: что только ту образовательную технологию можно признать оптимальной, которая обеспечивает *максимальный* результат формирования нормативно установленных компетенций при *минимальных* затратах интеллектуального труда и времени студента. Известна характеристика интенсивной технологии обучения представленная В. Паранджановым в аспекте современной когнитивной эргономики с использованием эргономического критерия Декарта: «Интенсификация обучения позволяет студенту приобрести все знания, что он может и должен познать без излишней траты умственных сил» [7]. На этом основании любая разновидность образовательной технологии может быть признана удовлетворяющей критерию Декарта в том случае, если созданы педагогические условия для обеспечения максимально возможной продуктивности учебно-познавательной деятельности студента, т.е. наивысшая производительность его интеллектуального труда. На наш взгляд этому способствует выполнение следующих взаимосвязанных условий:

- обеспечение эргономизации учебной информации;
- устранение нерациональных затрат времени, связанных с познавательным процессом.

Преимущество, отмеченная В. Паранджановым между традиционной эргономикой и эргомикой познания, дает основание для возможности использования в образовательном процессе эргономических правил, разработанных в инженерной психологии и применяемых при проектировании средств отображения информации [8, 9, 10]. При этом мы считаем продуктивным признание аналогами страницы учебного пособия с иллюстративным материалом и информации, отображаемой на пульте прибора. В силу того, что оба объекта, по сути, представляют собой формы кодирования оптической информации, предназначенной для зрительного восприятия.

При разработке иллюстраций учебного материала технического содержания в виде слайдов целесообразно использование аналогии системы «обучающийся - учебная информация» с целью достижения оптимальности эргономического качества знаковой учебной информации. При этом также целесообразно в качестве научно-методологической основы принять положение, выдвинутое немецким психологом Ф. Кликсом о том, что при оптимальной знаковой репрезентации сокращаются когнитивные затраты, требуются «меньшие познавательные усилия» [11]. Эргономизация учебной информации может быть обеспечена визуализацией сведений, представляемых студентам в ходе формирования нормативно установленных компетенций (образовательных нормативов).

Визуализация признается одной из наиболее плодотворных форм практической реализации дидактического принципа наглядности [5, 12]. Знаменитый швейцарский педагог Иоган Генрих Песталоцци, сформулировавший принцип наглядности, подчеркивал его исключительное значение, называл его «высшим» основным принципом обучения, признавая «на-

глядность основой всякого познания» [13]. Особенность компетентностно ориентированного образовательного процесса технического профиля состоит в том, что основанием для структуризации содержания учебного материала, а, следовательно, и для организации его визуализации могут быть использованы образовательные нормативы – компетенции выпускника вуза.

В данном случае визуализация рассматривается как средство достижения интенсификации познавательного процесса за счет использования резервных возможностей психики человека в результате регуляции элементарных сенсорных воздействий, обеспечивающих повышение скорости считывания и усвоения информации. Для понимания указанных особенностей познавательной деятельности необходимо обратиться к знанию устройства органов чувств, опосредующих связь субъекта с внешними объектами познания.

Известно, что зрительное восприятие связано с оптическими характеристиками объекта. Любой иллюстративный учебный материал, с позиции зрительного восприятия представляет собой оптическое явление. Отсюда легко предположить, что, чем выше оптическое качество представляемого учебного материала, тем меньше интеллектуальных усилий затрачивается на восприятие и понимание информации, следовательно, тем выше производительность учебно-познавательной деятельности студентов. При этом закономерно возникает вопрос - какими именно свойствами должен обладать иллюстративный учебный материал, чтобы обеспечивалась максимальная скорость восприятия информации? Ответ на этот вопрос можно найти в описании особенностей зрительного анализатора. Известно, что зрительный анализатор, представленный согласованной работой глаза и мозга, создан эволюцией для работы в *двух режимах*. Первый из них, называемый *симультаным*, предназначен для быстрого панорамного восприятия огромных массивов информации, мгновенного выделения из нее наиболее важных сведений. Второй, *сукцессивный* режим, обеспечивает прием и медленную, детальную обработку информации [9]. Так, чтение линейного текста требует работы зрительного анализатора в замедленном сукцессивном режиме, при этом громадные резервы человеческого интеллекта не используются - в этот период часть мозга выключена из познавательной деятельности. Отсюда можно сделать вывод, о том, что для обеспечения интенсификации обучения необходима визуализация учебного материала, обеспечивающая работу зрительного анализатора обучающихся преимущественно в симультанном режиме, связанном со скоростной обработкой больших массивов информации. С позиций когнитивной эргономики именно симультанно воспринимаемая информация считается эргономичной [9]. С учетом этого положения в учебном процессе формирования профессиональных компетенций целесообразна замена определенной части словесного текста, произносимого в ходе лекции на графическое представление той же информации. Например, схемы ориентировочной основы действия для выполнения проверочных прочностных расчетов могут быть представлены в виде красочных блок-схем, на которых графически показывается «путь решения» конкретной проблемы. При этом в отличие от текстового, книжного (компьютерного) представления того же учебного материала, поле зрения обучающегося расширяется от величины слова в текстовом пользовательском интерфейсе до величины всего экрана дисплея, обеспечивая быстрый панорамный прием информации в симультанном режиме. С помощью изобразительных средств возможно выделение основных элементов расчета. Так же определенным образом, с помощью компьютерной графики можно выделить сопутствующие элементы расчета. Такой прием представления учебной информации обеспечивает концентрацию внимания студентов на логике расчета и способствует дифференциации представляемых сведений на основные и вспомогательные. В результате облегчается и ускоряется понимание и запоминание учебного материала.

Необходимо заметить, что визуализация учебного содержания требует соблюдения принципа оптимального сочетания в иллюстративном материале словесного текста, формул, чертежей и схем рисунков. Интенсификация познавательной деятельности студентов в ходе лекций и практических занятий в результате изменения формы представления знаний с по-

мощью их визуализации предполагает также представление визуализированного материала в доходчивой, лаконичной форме по принципу - «раз взглянул - и сразу стало ясно!» Современное электронное оборудование обеспечивает высокое качество демонстрации визуализированного учебного материала, выполненного с помощью интерактивной компьютерной графики.

Значительная часть профессиональных компетенций выпускника вуза автотранспортной направленности (признаваемых образовательными нормативами) формируется на основе инженерных дисциплин, которые в большом объеме представлены формулами, чертежами, схемами. Именно поэтому содержание инженерных дисциплин может составить продуктивную основу для визуализации учебного материала, т.к. схемы, чертежи, формулы обеспечивают использование наиболее эффективного симультанного режима зрительного восприятия. Наряду с этим необходимо отметить, что проблема визуализации учебного материала является далеко не простой. Недостаточная научно-педагогическая разработанность основополагающих понятий делает процесс визуализации знаний эмпирическим, - следовательно, менее эффективным. В ходе практической педагогической деятельности зачастую приходится интуитивно определять пути эргономически эффективных решений. В связи с этим проявляется актуальная научно-педагогическая проблема разработки теории применения графического языка в учебном процессе. Соответственно, проблема трансформации процесса визуализации содержания инженерных дисциплин из эмпирического и стихийного в осознанный научно-обоснованный процесс – это, вероятно, тема отдельного научного исследования. Практическое использование визуализации учебного материала в реальном учебном процессе позволяет признать его эффективным для реализации образовательных нормативов - формирования общепрофессиональных и профессиональных компетенций выпускников вуза автотранспортной направленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, А.Н. Решение задач оптимизации деятельности предприятий сервиса автотранспорта [Текст] / А.Н. Новиков, А.В. Дикевич, Н.С. Севрюгина // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2015): сб. статей VII Международной науч.- практ. конферен. / ЮЗГУ. - Курск, 2015. - С. 37-41.
2. Новиков, А.Н. Нормирование результата образования технического профиля [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 3-ей Международной научно-практической конференции / ФБГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – Орел, 2013. – С. 94-99.
3. Бордовская, Н.В. Вызовы времени и новые модели развивающей образовательной среды [Текст] / Н.В. Бордовская // Человек и образование. - 2013. - № 2 (35). - С. 4-11.
4. Российский работник: образование, профессия, квалификация [Текст]: монография / под ред. В.Е. Гимпельсона, Р.И. Капелюшников. - М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. - 574с.
5. Сазонова, З.С. Информационно-образовательное пространство новой педагогики [Текст] / З.С. Сазонова, Е.В. Матвеева // Высшее образование в России. – 2011. - №2. – С. 103-108.
6. Байденко, В.И. Образовательный стандарт. Опыт системного исследования [Текст]: монография / В.И.Байденко.– Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 1999. – 440 с.
7. Паранджанов, В. Возможна ли новая революция в образовании [Текст] / В. Паранджанов // Высшее образование России. - 1998. - № 2. С. 9-18.
8. Алиев, Т.Н. Системы отображения информации [Текст] / Т.Н. Алиев, Д.И Вигдоров, В.П. Кривошеев. - М., 1988. - 316 с.
9. Венда, В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации [Текст]: монография / В.Ф. Венда. - М.: Машиностроение, 1982. - 352 с.
10. Фугелова, Т.А. Инженерная психология [Текст]: учебник / Т.А. Фугелова. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. - 291 с.
11. Вудсон, У. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников конструкторов [Текст] / У. Вудсон, Р. Коновер. - М.: Машиностроение, 1969. - 518 с.
12. Солодовникова, О.М. Формирование компетенций элитного технического специалиста [Текст] / О.М. Солодовникова, О.М. Замятина, П.И. Мозгалева, М.В. Лычаева // Профессиональное образование в России

и за рубежом. - 2013. - № 11. - С. 65-71.

13. Песталоцци, И.Г. Избранные педагогические произведения [Текст] / И.Г. Песталоцци. - М.: Мир, 1961. - Т.1. - С. 542.

14. Душков Б.А. Энциклопедический словарь, психология труда, рекламы, управления, инженерная психология и эргономика [Текст] / Б.А. Душков, Б.А. Смирнов, А.В. Королев; под ред. Б.А. Душкова. - Екатеринбург: Деловая книга, 2000. - 462 с.

15. Кудрявцева, Е.И. Компетенции и менеджмент: компетенции в менеджменте, компетенции менеджеров, менеджмент компетенций [Текст]: монография / Е.И. Кудрявцева. - СПб: ИПЦ СЗИУ РАНХ и ГС, 2012. - 340 с.

16. Лапин, Н.И. Теория и практика инноватики [Текст] / Н.И. Лапин. - М.: Университетская книга, Логос, 2008. - 320 с.

17. Официальный сайт Ассоциации автомобильных перевозчиков. URL: www.asmap.ru.

18. Новиков, А.М. Постиндустриальное образование [Текст] / А.М. Новиков. - М.: Эгвес, 2008. - 136 с.

19. Чучалин, А.И. Модернизация экономики и повышение качества инженерного образования [Текст] / А.И. Чучалин // Alma mater (Вест. высш. школы). - 2011. - № 11. - С. 12-18.

20. Букалова, Г.В. Концептуальные основания нормирования результата профессионального образования технического профиля [Текст]: монография / Г.В. Букалова. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», 2014. - 419 с.

21. Новиков А.Н., Букалова Г.В. Модульная технология как средство повышения качества обучения в вузе [Текст] // Стандарты и мониторинг в образовании. - 2001. - № 2. - С.39-42.

22. Ломакин, Д.О. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров, Д.О. Ломакин // Бюллетень транспортной информации. - 2009. - №8 (170). - С. 36-40.

23. Севрюгина, Н.С. кластерный подход как инструмент интеграции образования и транспортной стратегии Российской Федерации [Текст]: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции / С.Н. Глаголев, Н.С. Севрюгина // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. - Орел. - 2012. - С. 108-112.

Букалова Галина Васильевна

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»

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

Канд. пед. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

G.V. BUKALOVA

EDUCATIONAL STANDARDS AS A MEANS OF IMAGING OF EDUCATIONAL MATERIAL

The authors substantiate the value and role of the semantic visualization Projection material in the development of general and professional competencies of the students the motor profile. The concept of intensification of cognitive activity of students. Designated scientific-pedagogical problem associated with optimizing the content visualization technical profile disciplines.

Keywords: *visualization, intensification of training activities, competencies-tion of high school graduates, educational standards, visual perception.*

BIBLIOGRAPHY

1. Novikov, A.N. Reshenie zadach optimizatsii deyatelnosti predpriyatij servisa avtotransporta [Текст] / A.N. Novikov, A.V. Dikevich, N.S. Sevryugina // Sovremennye avtomobilnye materialy i tekhnologii (SAMIT - 2015): sb. statey VII Mezhdunarodnoy nauch.- prakt. konferen. / YUZGU. - Kursk, 2015. - S. 37-41.

2. Novikov, A.N. Normirovanie rezul'tata obrazovaniya tekhnicheskogo profilya [Текст] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Aktualnye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: materialy 3-ey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / FBGOU VPO «Gosuniversitet - UNPK». - Orel, 2013. - S. 94-99.

3. Bordovskaya, N.V. Vyzovy vremeni i novye modeli razvivayushchey obrazovatel'noy sredy [Текст] / N.V. Bordovskaya // Chelovek i obrazovanie. - 2013. - № 2 (35). - S. 4-11.

4. Rossiyskiy rabotnik: obrazovanie, professiya, kvalifikatsiya [Текст]: monografiya / pod red. V.E. Gimpe'sona, R.I. Kapelyushnikova. - M.: Izd. dom Vyshey shkoly ekonomiki, 2011. - 574с.

5. Sazonova, Z.S. Informatsionno-obrazovatel'noe prostranstvo novoy pedagogiki [Tekst] / Z.S. Sa-zonova, E.V. Matveeva // Vyshee obrazovanie v Rossii. - 2011. - №2. - S. 103-108.
6. Baydenko, V.I. Obrazovatel'nyy standart. Opyt sistemnogo issledovaniya [Tekst]: monografiya / V.I. Baydenko. - Novgorod: NovGU im. YAroslava Mudrogo, 1999. - 440 s.
7. Parandzhanov, V. Vozmozhna li novaya revolyutsiya v obrazovanii [Tekst] / V. Parandzhanov // Vyshee obrazovanie Rossii. - 1998. - № 2. S. 9-18.
8. Aliev, T.N. Sistemy otobrazheniya informatsii [Tekst] / T.N. Aliev, D.I. Vigdorov, V.P. Krivosheev. - M., 1988. - 316 s.
9. Venda, V.F. Inzhenernaya psikhologiya i sintez sistem otobrazheniya informatsii [Tekst]: monografiya / V.F. Venda. - M.: Mashinostroenie, 1982. - 352 s.
10. Fugelova, T.A. Inzhenernaya psikhologiya [Tekst]: uchebnik / T.A. Fugelova. - Tyumen': TyumGNGU, 2010. - 291 s.
11. Vudson, U. Spravochnik po inzhenernoy psikhologii dlya inzhenerov i khudozhnikov konstruktorov [Tekst] / U. Vudson, R. Konover. - M.: Mashinostroenie, 1969. - 518 s.
12. Solodovnikova, O.M. Formirovanie kompetentsiy elitnogo tekhnicheskogo spetsialista [Tekst] / O.M. Solodovnikova, O.M. Zamyatina, P.I. Mozgaleva, M.V. Lychaeva // Professional'noe obrazovanie v Ros-sii i za rubezhom. - 2013. - № 11. - S. 65-71.
13. Pestalotsti, I.G. Izbrannye pedagogicheskie proizvedeniya [Tekst] / I.G. Pestalotsti. - M.: Mir, 1961. - T.1. - S. 542.
14. Dushkov B.A. Entsiklopedicheskiy slovar', psikhologiya truda, reklamy, upravleniya, inzhenernaya psikhologiya i ergonomika [Tekst] / B.A. Dushkov, B.A. Smirnov, A.V. Korolev; pod red. B.A. Dushkova. - Ekaterinburg: Delovaya kniga, 2000. - 462 s.
15. Kudryavtseva, E.I. Kompetentsii i menedzhment: kompetentsii v menedzhmente, kompetentsii menedzherov, menedzhment kompetentsiy [Tekst]: monografiya / E.I. Kudryavtseva. - Spb: IPTS SZIU RANH i GS, 2012. - 340 s.
16. Lapin, N.I. Teoriya i praktika innovatiki [Tekst] / N.I. Lapin. - M.: Universitetskaya kniga, Logos, 2008. - 320 s.
17. Ofitsial'nyy sayt Assotsiatsii avtomobil'nykh perevozchikov. URL: www.asmap.ru.
18. Novikov, A.M. Postindustrial'noe obrazovanie [Tekst] / A.M. Novikov. - M.: Egves, 2008. - 136 s.
19. Chuchalin, A.I. Modernizatsiya ekonomiki i povyshenie kachestva inzhenernogo obrazovaniya [Tekst] / A.I. Chuchalin // Alma mater (Vest. vyssh. shkoly). - 2011. - № 11. - S. 12-18.
20. Bukalova, G.V. Kontseptual'nye osnovaniya normirovaniya rezul'tata professional'nogo obrazovaniya tekhnicheskogo profilya [Tekst]: monografiya / G.V. Bukalova. - Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet - UNPK», 2014. - 419 s.
21. Novikov A.N., Bukalova G.V. Modul'naja tehnologiya kak sredstvo povysheniya kachestva obucheniya v vuze//Standarty i monitoring v obrazovanii. -2001. -№ 2. -S.39-42.
22. Lomakin D.O. Vybory faktorov, opredeljayushhih kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-celevym metodom/A.N. Novikov, A.S. Bodrov, D.O. Lomakin.//Bjulleten' transportnoj informacii. -2009. -№8 (170). -s. 36-40.
23. Sevrjugina, N.S. klasternyj podhod kak instrument integracii obrazovaniya i transportnoj strah-tegii Rossijskoj Federacii/ S.N. Glagolev, N.S. Sevrjugina//Aktual'nye voprosy innovacionnogo razvitiya transportnogo kompleksa. Materialy 2-oy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Orel, 2012. S. 108-112.

Bukalova Galina Vasilievna

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302030, Russia, g. Orel, Street. Moscow, 77

Candidate. ped., assistant professor of «Service and repair of machinery»

E-mail: srmostu@mail.ru

Ю.А. РЕТИНСКАЯ

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ И УМЕНИЙ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБУЧАЮЩИХ ИГР

Личностное и профессиональное совершенствование руководителей инженерно – технических работников во многом определяется мотивацией к обучению, которую можно повысить за счет умелого применения обучающих игр. Но, кроме того, можно отметить также и специфические качества, тормозящие профессиональное совершенствование руководителей инженерно-технических работников. Это - несогласованность имеющихся условий, средств деятельности, возможностей личности и объективных требований, а также внутренние противоречия самой личности, связанные с неадекватной самооценкой и недостаточной самокритичностью.

Ключевые слова. Инженерно – технические работники, личностное и профессиональное совершенствование, навыки, умения, саморазвитие, самосовершенствование.

Эпоха научно – технического прогресса обусловила существенную роль инженерных вузов в практическом решении задач подготовки востребованных обществом квалифицированных специалистов. В России и в других развитых странах этому способствовал ряд обстоятельств, среди которых следует отметить усиление роли инженерно – технических кадров в становлении и развитии важнейших институтов государственной власти, повышение статуса инженера в условиях индустриального общества, складывание научно – инженерных школ и профессорско – преподавательских коллективов в высших технических учебных заведениях.

Инженерно – технические работники (ИТР) – работники, осуществляющие организацию и руководство производственным процессом на предприятии. Работники, занимающие должности инженера или техника, агронома, зоотехника и т.п., относятся к ИТР.

Основанием для отнесения работника к ИТР является не образование, а занимаемая должность, для исполнения которой требуется квалификация инженера или техника. Технический прогресс сопровождается повышением роли инженерно – технических работников в производстве и возрастанием их удельного веса в общей численности работающих. Доказано, что практика использования инженерно – технических кадров нуждается в значительном улучшении. Должна быть повышена престижность инженерного труда [5].

Как отмечает Э.Ф. Зеер, деятельность любого специалиста только тогда можно считать успешной, когда он не останавливается на достигнутом, а стремится к постоянному личностно-профессиональному развитию, достижению вершин в своей работе. Для определения направленности и содержания профессионального совершенствования руководителей инженерно - технических работников важно учитывать ряд условий, при котором оно будет осуществляться в оптимальном режиме.

Первым из таких условий является наличие идеального образа профессиональной деятельности, который должен создаваться самой личностью на основе изучения особенностей профессиональной деятельности руководителей инженерно - технических работников, ознакомления с результатами научных исследований в области организации их деятельности, в соответствии с характером и особенностями собственных представлений о структуре, значимости, объеме и содержании этой профессиональной деятельности. Если у обучаемого нет реального представления о личностно-профессиональном идеале, то это, безусловно, будет сдерживать процесс его собственного развития и самосовершенствования. Формирование личностных и профессиональных представлений об идеальной модели, с одной стороны, яв-

ляется педагогическим условием ее достижения, а с другой, одновременно выступает в качестве катализатора активности руководителей инженерно - технических работников в обучении. В качестве основы идеальной модели может явиться нормативная (ориентировочная) модель. Данная модель включает перечень профессиональных задач, в соответствии с которыми рассматриваются профессиональные действия, результаты этой деятельности и необходимые для их достижения профессионально значимые личностные качества. Такая модель или отдельные ее стороны могут изучаться в процессе обучающих игр [3].

Вторым, не менее важным, педагогическим условием, обуславливающим личностное и профессиональное совершенствование, является обязательность использования адекватного инструментария для оценки и самооценки степени профессионального и личностного развития руководителей инженерно - технических работников. Только при наличии количественных показателей, обучаемый может объективно оценить свой потенциал, слабые и сильные стороны своей профессиональной подготовки, осознать свои внутренние резервы развития. Третьим педагогическим условием, детерминирующим личностное и профессиональное развитие руководителей инженерно - технических работников, является разработка структурно-логической схемы процесса формирования у них профессиональных навыков и умений (рис. 1).



Рисунок 1 - Структурно-логическая схема формирования профессиональных навыков и умений у руководителей инженерно – технических работников

Разработка такой схемы обеспечивает систематизацию характеристик, которые необходимо учитывать при обосновании основных направлений, форм и методов совершенствования профессиональной деятельности руководителей инженерно – технических работников.

Личностное и профессиональное совершенствование руководителей инженерно – технических работников во многом определяется мотивацией к обучению, которую можно повысить за счет умелого применения обучающих игр. Определены виды обучающих игр, которые целесообразно применять в процессе профессиональной подготовки руководителей инженерно – технических работников. К ним относятся: целевые, эвристические, нормативные, ролевые, коммуникативные и ситуационные игры.

Целевые игры используются для формирования навыков правильного принятия решений, на основе оценки обстановки на объекте; эвристические – для формирования навыков планирования действий; нормативные – с целью расчета необходимых сил и средств; ролевые – для формирования навыков руководства; коммуникативные – для формирования навыков управления взаимодействием лиц; ситуационные – для развития навыков координации действий на объекте.

Выявлены факторы, определяющие высокую эффективность применения обучающих игр в процессе профессиональной подготовки руководителей инженерно – технических работников. К ним относятся: высокий уровень методической подготовленности преподавателей по применению обучающих игр; развитие и поддержание мотивации у данной категории сотрудников во время применения обучающих игр; соответствие вида обучающих игр, решаемым профессиональным задачам; наличие научно обоснованной педагогической технологии применения обучающих игр в процессе профессиональной подготовки руководителей инженерно – технических работников; рациональное распределение различных видов обучающих игр на всех этапах профессиональной подготовки руководителей ИТР; наличие предварительно подготовленного сценария и плана обучающей игры; нацеленность обучающих игр на развитие организаторских и управленческих навыков у руководителей ИТР; предварительная подготовка помощников, обеспечивающих качественное проведение обучающих игр; умение преподавателей поддерживать высокий уровень мотивации у руководителей ИТР к изучаемым вопросам [6].

Кроме того, можно отметить также и специфические качества, тормозящие профессиональное совершенствование руководителей инженерно – технических работников. Это – несогласованность имеющихся условий, средств деятельности, возможностей личности и объективных требований, а также внутренние противоречия самой личности, связанные с неадекватной самооценкой и недостаточной самокритичностью.

Современной наукой признано, что уникальность человека заключается, прежде всего, в саморазвитии, самосовершенствовании. Получая от природы индивидуальный потенциал (генетический, биологический, морфологический, физиологический, психологический), человек во взаимодействии с природой реализует его (свои возможности), саморазвиваясь. Процесс такого развития зависит от возможностей самого человека (его потенциала), условий, в которых он находится, и своеобразия взаимодействия (личной активности) его со средой обитания [1].

Теорией и практикой давно подтверждено, что как природное существо человек в своем развитии подчиняется определенным закономерностям.

Иными словами, реальные возможности конкретного человека, в определенных условиях и в зависимости от своеобразия личной активности по отношению к себе, окружающей действительности, получают адекватное развитие. Отсюда вытекает другое весьма существенное положение: всякое нарушение условий закономерного развития данного явления ведет к созданию иной среды и соответствующему ее изменению.

Познавая обучаемого, закономерности его развития, факты, влияющие на динамику данного процесса, можно способствовать созданию таких условий, которые обеспечивали бы

их целенаправленность: стимулирование (сдерживание) развития определенных (профессиональных) качеств личности, предупреждение тех или иных действий и поступков, активизацию работы над собой, над своим систематическим самосовершенствованием.

Оптимальное сочетание возможностей конкретного человека, условий, в которых он находится, и целенаправленной активности в определенной сфере создают для него наиболее благоприятную сферу. В такой сфере человек может получить максимальное (желаемое) развитие.

Перед преподавателями стоит проблема создания соответствующей среды, оптимальной для обучения каждого обучаемого. С этой целью педагогу, необходимо знать возможности каждого обучаемого, уметь создавать для него адекватные условия и добиваться того, чтобы он проявил необходимую в этой среде активность в самореализации своего «я».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асмолов, А.Г. Психология личности. Принципы общепсихологического анализа [Текст] / А.Г. Асмолов. – М.: Смысл, 2002. – 416 с.
2. Болотин, А.Э. Педагогические особенности применения игровых методов обучения [Текст] / А.Э. Болотин // Теория и методика физической подготовки: Научно-педагогический журнал. – СПб.: СК МО РФ, ВИФК. - 2000. - №7. - С. 18-28.
3. Агранович, Б.Л. Основные принципы формирования национальной доктрины инженерного образования России [Текст] / Б.Л. Агранович, Ю.П. Похолков // Новые образовательные технологии в стратегии духовного развития общества. - Новосибирск: ГЦРО, 2000. - С. 24-38.
4. Егорова, Г.И. Интеллектуализация профессиональной подготовки специалиста технического вуза [Текст]: автореф. дис. на соиск. уч. степени д-ра пед. Наук / Г.И. Егорова. - Санкт-Петербург: ИОВ РАО, 2005. - 50 с.
5. Далингер, В.А. Проблемы повышения качества подготовки инженерных кадров [Текст] / В.А. Далингер // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 9. – С. 55-56.
6. Ретинская, Ю.А. Профессиональная подготовка руководителей добровольных пожарных дружин сельскохозяйственных муниципальных образований с использованием обучающих игр [Текст]: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. пед. наук. - Санкт – Петербург: СПбГПУ, 2011. - 22 с.
7. Ретинская, Ю.А. Педагогическая технология применения обучающих игр в процессе профессиональной подготовки руководителей добровольных пожарных дружин сельскохозяйственных муниципальных образований [Текст] / Ю.А.Ретинская // Ученые записки университета имени П.Ф.Лесгафта. - 2011. - №2(72). - С. 165-169.
8. Маркин, Э.В. Проектирование системы формирования профессиональной культуры бакалавра по направлению строительство средствами физического воспитания [Электронный ресурс] / Э.В. Маркин, И.С. Мысишин. - Электрон.дан. – Орел: Орел ГАУ, 2013. Сиглы хранения: ЭИО, Пол.инд. - 75 Кат.инд. - 75.1:74.58я7 ББК—75.1:74.58.7.
9. Новиков, А.Н. Норма результата образования автотранспортного профиля в аспекте качественных характеристик трудовых ресурсов [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015): сб. статей VII Международной научно-технической конференции / ЮЗГУ. - Курск, 2015. - С. 153-159.
10. Букалова, Г.В. Нормирование результата образования технического профиля [Текст] / Г.В. Букалова, А.Н. Новиков; под общей редакцией А.Н. Новикова / Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 3-ей Международной научно-практической конференции / ОрелГТУ. - Орел, 2013. - С. 94-98.
11. Нифадьев, В. И. Подготовка инженерных кадров сегодня и завтра [Электронный ресурс] / В.И. Нифадьев, В.А. Юриков. - URL: <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/2003/v2/a18.html> (дата обращения: 10.09.2013).
12. Новиков, А.Н. Методические компоненты компетентностной ориентации итоговой аттестации магистрантов [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова / Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015): сб. статей VII Международной научно-технической конференции / ЮЗГУ. - Курск, 2015. - С. 160-165.
13. Павлюткин, И. В. Организационные изменения в технических университетах: институализация управления качеством образования [Текст]: дис. ... канд. социол. Наук / И.В. Павлюткин. - М., 2010.

14. Васильева, В.В. Экологическое образование и воспитание в вузе [Текст] / В.В. Васильева / Перспективы развития науки и образования: сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. - 2013. - В 7 частях. - С. 64-65.
15. Новиков, А.Н. Профессиональное мышление технического профиля как элемент образовательного нормирования [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 3. - С. 100-102.
16. Сапрыкин, Д.Л. Инженерное образование в России: история, концепция, перспективы [Текст] / Д.Л. Сапрыкин // Высшее образование в России. - 2012. - № 1. - С. 125-136.
17. Чередниченко, Г.А. Образовательные траектории и профессиональные карьеры (на материалах социологических исследований молодежи) [Электронный ресурс] / Г.А. Чередниченко. - М., 2012. URL: isras.ru (дата обращения: 15.06.2013).
18. Новиков, А.Н. Систематизация признаков и функций образовательных-педагогических норм [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. - 2011. - № 3 (48). - С. 7-11.
19. Букалова, Г.В. Профессиональная компетентность как дидактическая категория образовательного процесса [Текст] / Г.В. Букалова, А.Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 3 (26). - С. 104-109.
20. Максимова, Е.Н. Физическое состояние студента и его динамика в процессе неспециального физкультурного образования [Текст] / Е.Н. Максимова // Теория и практика физической культуры. - 2006. - № 12. - С. 37.
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. - 2001. - № 2. - С. 39-42.
22. Севрюгина, Н.С. Синергетические основы процессов и технологий - новый курс в подготовке магистров по направлению 270800 «Строительство» / Ю.А. Веригин, Н.С. Севрюгина // Гарантии качества профессионального образования. Тезисы докладов Международной научно-практической конференции. - 2012. - С. 213-214.

Ретинская Юлия Александровна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»

Адрес: 302019, Россия, г.Орел, ул. Генерала Родина, 69

Канд. пед. наук, ст. преподаватель кафедры «Физвоспитание»

E-mail: sportogau57@mail.ru

YU.A. RETINSKAYA

PEDAGOGICAL CONDITIONS NECESSARY FOR THE EFFECTIVE FORMATION OF PROFESSIONAL SKILLS OF HEADS OF ENGINEERING AND TECHNICAL PERSONNEL WITH EDUCATIONAL GAMES

Personal and professional development leaders engineering and technical personnel is largely determined by the motivation to learn, which can be enhanced through skillful use of educational games. You can also mention specific qualities, inhibiting professional development of managers engineering and technical personnel. It is the inconsistency of existing conditions, media activity, possibilities of the person and the objective requirements, but also the internal contradictions of the personality associated with inadequate self-esteem and lack of self-criticism.

Keywords: *engineering and technical personnel, personal and professional development, skills, abilities, self-development, self-improvement.*

BIBLIOGRAPHY

1. Asmolov, A.G. Psikhologiya lichnosti. Printsipy obshchepsikhologicheskogo analiza [Tekst] / A.G. Asmolov. - M.: Smysl, 2002. - 416 s.
2. Bolotin, A.E. Pedagogicheskie osobennosti primeneniya igrovyykh metodov obucheniya [Tekst] / A.E. Bolotin // Teoriya i metodika fizicheskoy podgotovki: Nauchno-pedagogicheskiy zhurnal. - SPb.: SK MO RF, VIFK. - 2000. - №7. - S. 18-28.
3. Agranovich, B.L. Osnovnye printsipy formirovaniya natsional'noy doktriny inzhenernogo obrazovaniya Rossii [Tekst] / B.L. Agranovich, YU.P. Pokholkov // Novye obrazovatel'nye tekhnologii v strategii du-khovnogo razvitiya obshchestva. - Novosibirsk: GTSRO, 2000. - S. 24-38.

4. Egorova, G.I. Intellektualizatsiya professional'noy podgotovki spetsialista tekhnicheskogo vuza [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uch. stepeni d-ra ped. Nauk / G.I. Egorova. - Sankt-Peterburg: IOV RAO, 2005. - 50 s.
5. Dalinger, V.A. Problemy povysheniya kachestva podgotovki inzhenernykh kadrov [Tekst] / V.A. Da-linger // Fundamental'nye issledovaniya. - 2005. - № 9. - S. 55-56.
6. Retinskaya, YU.A. Professional'naya podgotovka rukovoditeley dobrovol'nykh pozharnykh druzhin sel'skokhozyaystvennykh munitsipal'nykh obrazovaniy s ispol'zovaniem obuchayushchikh igr [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uch. stepeni kand. ped. nauk. - Sankt - Peterburg: SPBGPU, 2011. - 22 s.
7. Retinskaya, YU.A. Pedagogicheskaya tekhnologiya primeneniya obuchayushchikh igr v protsesse professional'noy podgotovki rukovoditeley dobrovol'nykh pozharnykh druzhin sel'skokhozyaystvennykh munitsipal'nykh obrazovaniy [Tekst] / YU.A. Retinskaya // Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. - 2011. - №2(72). - S. 165-169.
8. Markin, E.V. Proektirovanie sistemy formirovaniya professional'noy kul'tury bakalavra po napravleniyu stroitel'stvo sredstvami fizicheskogo vospitaniya [Elektronnyy resurs] / E.V. Markin, I.S. Mysishin. - Elektron.dan. - Orel: Orel GAU, 2013. Sigly khraneniya: EIO, Pol.ind. - 75 Kat.ind. - 75.1:74.58ya7 BBK-75.1:74.58.7.
9. Novikov, A.N. Norma rezul'tata obrazovaniya avtotransportnogo profilya v aspekte kachestvennykh kharakteristik trudovykh resursov [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2015): sb. statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / YUZGU. - Kursk, 2015. - S. 153-159.
10. Bukalova, G.V. Normirovanie rezul'tata obrazovaniya tekhnicheskogo profilya [Tekst] / G.V. Bukalova, A.N. Novikov; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova / Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: materialy 3-ey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / OrelGTU. - Orel, 2013. - S. 94-98.
11. Nifad'ev, V. I. Podgotovka inzhenernykh kadrov segodnya i zavtra [Elektronnyy resurs] / V.I. Nifad'ev, V.A. Yurikov. - URL: <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/2003/v2/a18.html> (data obrashcheniya: 10.09.2013).
12. Novikov, A.N. Metodicheskie komponenty kompetentnostnoy orientatsii itogovoy attestatsii magistrantov [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2015): sb. statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / YUZGU. - Kursk, 2015. - S. 160-165.
13. Pavlyutkin, I. V. Organizatsionnye izmeneniya v tekhnicheskikh universitetakh: instutualizatsiya upravleniya kachestvom obrazovaniya [Tekst]: dis. ... kand. sotsiol. Nauk / I.V. Pavlyutkin. - M., 2010.
14. Vasil'eva, V.V. Ekologicheskoe obrazovanie i vospitanie v vuze [Tekst] / V.V. Vasil'eva / Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya: sb. nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2013. - V 7 chastyakh. - S. 64-65.
15. Novikov, A.N. Professional'noe myshlenie tekhnicheskogo profilya kak element obrazovatel'nogo normirovaniya [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 3. - S. 100-102.
16. Saprykin, D.L. Inzhenernoe obrazovanie v Rossii: istoriya, kontseptsiya, perspektivy [Tekst] / D.L. Saprykin // Vysshee obrazovanie v Rossii. - 2012. - № 1. - S. 125-136.
17. Cherednichenko, G.A. Obrazovatel'nye traektorii i professional'nye kar'ery (na materialakh sotsiologicheskikh issledovaniy molodezhi) [Elektronnyy resurs] / G.A. Cherednichenko. - M., 2012. URL: isras.ru (data obrashcheniya: 15.06.2013).
18. Novikov, A.N. Sistematizatsiya priznakov i funktsiy obrazovatel'nykh-pedagogicheskikh norm [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V.P. Goryachkina. - 2011. - № 3 (48). - S. 7-11.
19. Bukalova, G.V. Professional'naya kompetentnost' kak didakticheskaya kategoriya obrazovatel'nogo protsesssa [Tekst] / G.V. Bukalova, A.N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2009. - № 3 (26). - S. 104-109.
20. Maksimova, E.N. Fizicheskoe sostoyanie studenta i ego dinamika v protsesse nespetsial'nogo fizkul'turnogo obrazovaniya [Tekst] / E.N. Maksimova // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. - 2006. - № 12. - S. 37.
21. Novikov A.N., Bukalova G.V. Modul'naya tekhnologiya kak sredstvo povysheniya kachestva obucheniya v vuze//Standarty i monitoring v obrazovanii. -2001. -№ 2. -S.39-42.
22. Sevrjugina, N.S. Sinergeticheskie osnovy processov i tekhnologiy - novyj kurs v podgotovke magistrantov po napravleniyu 270800 "Stroitel'stvo"/ Ju.A. Verigin, N.S. Sevrjugina // Garantii kachestva professional'nogo obrazovaniya. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2012. S. 213-214.

Retinskaya Julia Aleksandrovna

FGBOU VPO «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, g. Orel, st. General Rodina, 69

KT ped. Science, Art. lecturer of «Physical Training»

E-mail: sportogau57@mail.ru

УДК 338.28

С.В. БАРАНОВА, Ю.Н. БАРАНОВ

МАЛОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ: ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИЗНЕС-СТРУКТУР В УСЛОВИЯХ ФИНАНСОВОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

В статье раскрыты вопросы нормативно-правового регулирования деятельности предприятий малого сектора экономики, показана их отраслевая принадлежность по видам экономической деятельности в РФ. Обобщена информация по формированию финансового результата при организации пассажирских перевозок и представлена в форме бизнес-плана.

***Ключевые слова:** автомобильный транспорт, развитие, финансы, перевозки, организация, тариф, малый бизнес.*

Согласно Федеральному закону от 24.07.2007г. № 209 – ФЗ (в редакции 29.06.2015г.) «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» [1]:

- субъекты малого и среднего предпринимательства - хозяйствующие субъекты (юридические лица и индивидуальные предприниматели), отнесенные в соответствии с условиями, установленными настоящим Федеральным законом, к малым предприятиям, в том числе к микропредприятиям, и средним предприятиям.

К субъектам малого и среднего предпринимательства относятся внесенные в единый государственный реестр юридических лиц потребительские кооперативы и коммерческие организации (за исключением государственных и муниципальных унитарных предприятий), а также физические лица, внесенные в единый государственный реестр индивидуальных предпринимателей и осуществляющие предпринимательскую деятельность без образования юридического лица (далее - индивидуальные предприниматели), крестьянские (фермерские) хозяйства, соответствующие следующим условиям:

- для юридических лиц - суммарная доля участия Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, общественных и религиозных организаций (объединений), благотворительных и иных фондов в уставном (складочном) капитале (паевом фонде) указанных юридических лиц не должна превышать двадцать пять процентов (за исключением суммарной доли участия, входящей в состав активов акционерных инвестиционных фондов, состав имущества закрытых паевых инвестиционных фондов, состав общего имущества инвестиционных товариществ), а суммарная доля участия иностранных юридических лиц, суммарная доля участия, принадлежащая одному или нескольким юридическим лицам, не являющимся субъектами малого и среднего предпринимательства, не должны превышать сорок девять процентов каждая;

- средняя численность работников микропредприятия, малого предприятия или среднего предприятия за календарный год определяется с учетом всех его работников, в том числе работников, работающих по гражданско-правовым договорам или по совместительству с учетом реально отработанного времени, работников представительств, филиалов и других обособленных подразделений, указанных микропредприятия, малого предприятия или среднего предприятия;

- выручка от реализации товаров (работ, услуг) за календарный год определяется в порядке, установленном Налоговым кодексом Российской Федерации;

- балансовая стоимость активов (остаточная стоимость основных средств и нематериальных активов) определяется в соответствии с законодательством Российской Федерации о бухгалтерском учете.

30 июня 2015 года вступил в силу Федеральный закон от 29.06.2015г. № 156-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам развития малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации», который теперь устанавливает, кто относится к субъектам малого предпринимательства в 2015 году [1].

Данным законодательным актом утверждены три критерия: размер выручки, количество работников и доля сторонних предприятий в уставном капитале.

1. Размер выручки от продажи товаров, оказания услуг или проведения работ не должен превышать 800 млн. рублей за предыдущий год. НДС при расчёте итоговой суммы выручки не учитывается.

2. Средняя численность работников за прошедший год – не более 100 человек.

3. Доля сторонних организаций в уставном капитале фирмы – максимум 49 процентов.

Первые два пункта не изменились со времён действия прежних нормативных актов, а вот третий был существенно скорректирован. Раньше процент участия сторонних юридических лиц составлял 25 %, теперь же его увеличили почти вдвое – до 49 %. Это означает, что количество субъектов малого предпринимательства резко возросло за счёт фирм, «выросших» из других участников рынка [2].

Среди субъектов малого предпринимательства по-прежнему выделяются микропредприятия. Размер выручки такой «особо малой» фирмы – максимум 120 млн. рублей за год, а среднее количество работников – не более 15 человек. В отношении доли других организаций в УК действует тот же процент – 49.

Отдельно представлены индивидуальные предприниматели и КФХ (крестьянско-фермерские хозяйства). Поскольку у них не может быть уставного капитала, они «вписываются» в малый бизнес только по первым двум критериям. К ним предъявляются те же требования по средней численности работников и выручке от реализации.

Известно, что на долю малого и среднего бизнеса в объёме ВВП в России приходится около 20%, в то время как за рубежом, только по малому бизнесу эта цифра достигает 50 процентов.

В развитых странах поддержка некрупных предприятий считается стратегически важной для развития экономики задачей.

В условиях финансовой нестабильности в России предприятий малого бизнеса разоряется значительно больше, чем появляется новых. По статистике лишь 3,4% малых предприятий в России живет более трех лет, остальные закрываются раньше [3].

Темпы роста числа зарегистрированных индивидуальных предпринимателей (ИП) в России остаются низкими - ежегодно их число увеличивается на 4%, в то время как количество ИП, прекративших свою деятельность увеличивается на 11 процентов (рис. 1).

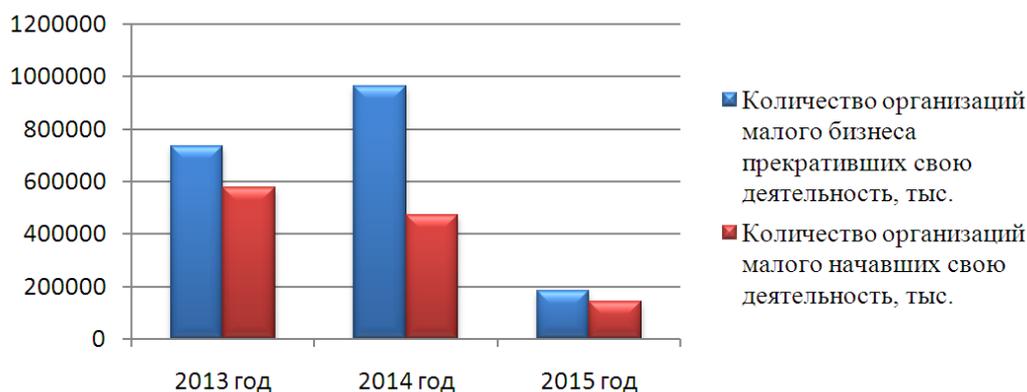


Рисунок 1 – Динамика зарегистрированных и прекративших деятельность организаций малого бизнеса

По данным ФНС на апрель 2015 года в ЕГРИП зарегистрировано 3,5 млн. индивидуальных предпринимателей, а прекратили свою деятельность за все время 7,7 млн. человек (рис. 2).

К причинам сворачивания предпринимательской деятельности экономические аналитики относят боязнь обесценивания бизнеса, в связи с падением национальной валюты, что неизменно влечет за собой повышение стоимости аренды и сокращение возможностей покупателей, которые предпочитают тратить деньги на самое необходимое [4-7].

Исследования свидетельствуют о том, что наибольшие потери в своих рядах понес туристический бизнес (около трети всех компаний).

На четверть сократилось количество предприятий ресторанного бизнеса.

По объемам оборота в малом бизнесе первое место занимают предприятия оптовой и розничной торговли - свыше 15 трлн. рублей за 2014 год. На втором месте - предприятия, занимающиеся операциями с недвижимостью - почти 3 трлн. рублей [8].

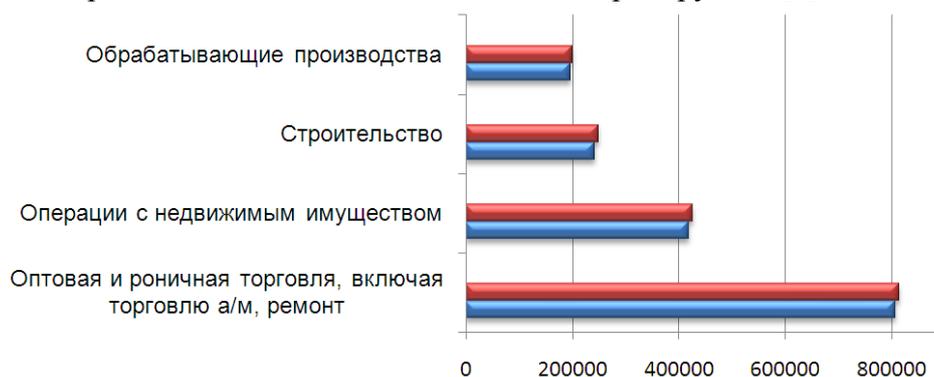


Рисунок 2 – Количество зарегистрированных малых предприятий по видам экономической деятельности в РФ за 2014-2015 годы

Доля малых предприятий в сфере обрабатывающих производств составляет по объёму капитала 2456,84 млрд. рублей, здравоохранение и социальные услуги - 194,36 млрд. рублей. Регистрация Индивидуальных Предпринимателей с 01.01.2014г. по 01.04.2015г. увеличивается ежемесячно в среднем на 2%, или на 50 тыс. предпринимателей [9].

Интересен тот факт, что именно по направлению сельского и лесного хозяйства в 2014 году сократилось больше всего малых и микро предприятий на 6614 единицы до 55990 единиц.

Тем не менее, регистрация новых хозяйств АПК в 2015 году резко возросла, поскольку в 2015 году ожидается субсидирование фермерских хозяйств на сумму 3439000 тыс. рублей.

Наибольшее падение в 2015 году демонстрирует предпринимательство в области экскурсионной деятельности. Вместе с экскурсиями и туризмом снижается объем продаж в области предоставления гостиничных услуг, санаторного отдыха.

Предприниматели стали также экономить на рекламе, а большой процент россиян пересел с частных автомобилей, на содержание которых в первом квартале 2015 года выделяется на 42% меньше, чем в прошлом учетном периоде, на общественный транспорт, рост объема услуг которого в IV квартале 2014 года вырос на 11%.

В последние годы на рынке транспортных услуг появилось большое число индивидуальных предпринимателей, осуществляющих свою деятельность без образования юридического лица. Это объясняется тем, что для начала деятельности не требуется больших затрат финансовых ресурсов и времени.

Спрос на транспортные услуги, предлагаемые индивидуальными предпринимателями, в настоящее время, достаточно велик, так как, они могут выполнять перевозки по более низким тарифам (табл. 1) [10-12, 16-18].

Таблица 1 – Индексы тарифов на услуги пассажирского транспорта

Показатели	Индексы цен (тарифов) за сентябрь 2015г., в % к	
	01.12.2014г.	09.12.2014г.
Услуги пассажирского транспорта	109,6	111,2
Проезд в городском муниципальном автобусе, поездка	110,2	111,1
Проезд в маршрутном такси, поездка	108,2	109,4

Увеличение тарифов на пассажирские перевозки наблюдается по всем видам транспорта (рис. 3).

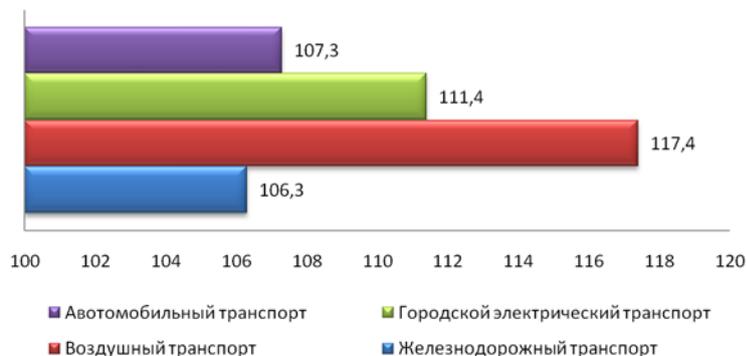


Рисунок 3 - Индексы тарифов на пассажирские перевозки (01.09.2014г.-01.09.2015г.)

Таким образом, наименьший рост демонстрируют данные по тарифам железнодорожного транспорта (106,3 единицы) и автомобильный транспорт (107,3 единицы).

Перевозка пассажиров один из основных видов бизнеса на автомобильном транспорте. Различные виды пассажирских перевозок, позволяют индивидуальным предпринимателям дифференцировано строить систему оказания транспортных услуг [13-15].

Наиболее часто в данном направлении предлагаются:

- городской вид транспорта;
- междугородные перевозки;
- услуги такси.

При организации бизнеса важное место занимает составления бизнес-плана. При этом, многие организации и индивидуальные предприниматели используют услуги частных консалтинговых компаний для оценки эффективности отдельных бизнес-проектов.

Рассмотрим наиболее типичные виды бизнес-планов используемых при оказании транспортных услуг по перевозке пассажиров.

Основным элементом при составлении бизнес-плана является определение суммы первоначальных расходов, где включаются расходы на приобретение транспорта, расходы на топливо и первичное обслуживание транспортного средства [11, 12].

Первичные расходы (прогноз) при организации ведения бизнеса:

- юридическая часть оформления бизнеса – около 50 тыс. рублей;
- приобретение транспортного средства – 1200 - 1800 тыс. рублей.

При формировании автобусного парка индивидуальным предпринимателям и представителям малого бизнеса рекомендуются такие автомобили как «Ford Transit», «Iveco Daily» и «Peugeot Boxer» и другие. Их стоимость варьирует от 1200 тыс. рублей до 1800 тыс. рублей, вместимость составляет 16-26 мест («Iveco Daily»), 25 мест («Ford Transit»), 22 места («Peugeot Boxer»). При этом срок службы данных автомобилей 7 – 8 лет.

Постоянные расходы (прогноз) будут включать:

- аренда маршрута – от 20 до 25 тыс. рублей в месяц;

- затраты на ГСМ – около 30000 - 40000 тыс. рублей;
- оплата труда водителя – от 20 до 30 тыс. рублей (табл. 2).

Таблица 2 – Формирование финансового результата при организации пассажирских перевозок

Показатели	Расчетные значения
Среднее количество рейсов, единиц	10
Стоимость поездки, рублей	16
Вместимость, человек	25
Общая сумма дохода, полученная за 1 рабочий день, рублей	$16 \times 25 \times 10 = 4000$
Общая сумма дохода от оказания услуг по перевозке пассажиров, полученная за месяц, рублей	$4000 \times 30 = 120\ 000$
Ежемесячные расходы на топливо (стоянку, мойку и т.д), рублей	30 000
Расходы на оплату труда наемных работников, рублей	30 000
Разница между доходами и расходами (за месяц), рублей	60 000
Расходы на содержание и страхование основных средств, прочие их виды, рублей	150 000
Чистая прибыль, полученная за год, рублей	690 000

Практически определено, что при условии организации пассажирских перевозок следует, что:

- парк автомобилей соответствующего класса (микроавтобусов), должен состоять как минимум из 5 единиц транспорта;
- база для автомобильного парка должна включать возможность стационарного технического обслуживания машин;
- наличие водителей для работы на маршрутках (диспетчер, бухгалтер);
- разработанные для транспорта маршруты, согласованные с городской или районной администрацией;
- наличие лицензии на право осуществления пассажирских перевозок.

Расчетные показатели, представленные в таблице 2 являются прогнозными и включают максимальные значения расходов, осуществляемых в процессе организации пассажирских перевозок и в случае снижения отдельных их видов результативность деятельности, несомненно возрастет.

Таким образом, в условиях финансовой нестабильности и низкого уровня платежеспособности населения, организация пассажирских перевозок позволяет получать стабильный положительный финансовый результат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам развития малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 29.06.2015г. № 156-ФЗ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.garant.ru>.
2. 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. - С. 25-29.
3. Количество малых предприятий стремительно сокращается [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://dezhur.com/mag/kolichestvo-malyh-predpriyatiy-stremitel-no-sokraschaetsya.html>.
4. 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.
5. Трясцин, А.П. Формирование комплексной технологической безопасности автотранспортных систем / А.П. Трясцин // Мир транспорта и технологических машин. - №3 (42). - 2013. - С. 89-94.

6. 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.
7. Севрюгина, Н.С. Теория формирования технической безопасности полного жизненного цикла транспортных и технологических машин [Текст]: монография / Н.С. Севрюгина. - Белгород: БГТУ, 2012. - 179 с.
8. Актуальные вопросы малого бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bishelp.ru/svoe-delo/aktualnye-napravleniya-dlya-malogo>.
9. Ресурсный центр малого предпринимательства [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://rcsme.ru/ru/statistics>.
10. Министерство транспорта РФ. Информационно-статистический бюллетень «Транспорт России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mintrans.ru/upload/iblock/d9d/lsb>.
11. Маршрутные перевозки: начало собственного дела [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.openbusiness.ru/html/dop>.
12. Бизнес план: маршрутное такси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kakprosto.ru/kak-42811-kak-postavit-marshrutku-na-marshrut>.
13. 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.
14. Новиков, А.Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А.Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - № 4. - 2011. - С. 69-77.
15. Новиков, А.Н. Методика организации маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования [Текст] / А.Н. Новиков, А.В. Кулев, М.В. Кулев, Н.С. Кулева // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 1 (48). - С. 85-92.
16. Баранова, С.В. Инновационная политика российского автомобилестроения в посткризисный период [Текст]: коллективная монография / С.В.Баранова, Ю.Н.Баранов, Е.П.Лидинфа и др. // Повышение конкурентоспособности инновационной экономики региона. - Орёл: ООО ПФ «Картуш». - 2012. - С. 135-154.
17. Новиков, А.Н. Обследование пассажиропотоков на сезонных маршрутах города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, М.В. Кулев, А.В. Кулев, М.М. Савин // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 4 (43). - С. 77-85.
18. 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. - 2012. - №4 (39). - С. 69-74.
19. Глаголев, С.Н. Эффективность функционирования системы «владелец-автомобиль-сервис» как результат выбора ее акцентуруемой компоненты [Текст] / С.Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина // Автомобильная промышленность. - 2012. - №6. - С. 10-11.
20. Глаголев, С.Н. Математическая модель оценки эффективности развития территорий региона при формировании кластеров придорожного сервиса [Текст] / С.Н. Глаголев, Н.С. Севрюгина, А.А. Конев // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - №3. - С.121-125.

Баранова Светлана Викторовна

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ»
Адрес: 125993, Россия, г. Москва, ГСП-3, Ленинградский проспект, д. 49
Канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика и финансы»
E-mail: svet-svetlanabar@yandex.ru

Баранов Юрий Николаевич

ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77, каб. 311
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин»
E-mail: bar20062@yandex.ru

S.V. BARANOVA, YU.N. BARANOV

**SMALL BUSINESS IN ROAD TRANSPORT: PECULIARITIES
OF FUNCTIONING OF BUSINESS ENTITIES IN THE CONDITIONS OF
FINANCIAL INSTABILITY**

In the article the questions of legal regulation of activity of enterprises in small sector of economy, the sector classification by economic activities in the Russian Federation. Summarized information on the financial result in the organization of passenger transport and presented in the form of a business plan.

Keywords: road transport, development, finance, transportation, organization, rate, small business.

BIBLIOGRAPHY

1. Federal'nyy zakon «O vnesenii izmeneniy v ot del'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii po voprosam razvitiya malogo i srednego predprinimatel'stva v Rossiyskoy Federatsii» ot 29.06.2015g. № 156-FZ [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.garant.ru>.
2. Korchagin, V.A. Logistiko-orientirovannaya sistema upravleniya deyatel'nosti ATP [Tekst] / V.A. Korchagin, P.G. Kovalenko, A.V. Pyatakhin // Vestnik LGTU-LEGI. - Lipetsk: LGTU. - 1999. - №2. - S. 25-29.
3. Kolichestvo malyykh predpriyatiy stremitel'no sokraschaetsya [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://dezhur.com/mag/kolichestvo-malyh-predpriyatiy-stremitel-no-sokraschaetsya.html>.
4. 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.
5. Tryastin, A.P. Formirovanie kompleksnoy tekhnologicheskoy bezopasnosti avtotransportnykh sistem / A.P. Tryastin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3 (42). - 2013. - S. 89-94.
6. 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.
7. Sevryugina, N.S. Teoriya formirovaniya tekhnicheskoy bezopasnosti polnogo zhiznennogo tsikla transportnykh i tekhnologicheskikh mashin [Tekst]: monografiya / N.S. Sevryugina. - Belgorod: BGTU, 2012. - 179 s.
8. Aktual'nye voprosy malogo biznesa [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://bishelp.ru/svoedelo/aktualnye-napravleniya-dlya-malogo>.
9. Resursnyy tsentr malogo predprinimatel'stva [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://rcsme.ru/ru/statistics>.
10. Ministerstvo transporta RF. Informatsionno-statisticheskii byulleten' "Transport Rossii" [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.mintrans.ru/upload/iblock/d9d/1sb>.
11. Marshrutnye perevozki: nachalo sobstvennogo dela [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.openbusiness.ru/html/dop>.
12. Biznes plan: marshrutnoe taksi [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.kakprosto.ru/kak-42811-kak-postavit-marshrutku-na-marshrut>.
13. 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.
14. Novikov, A.N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A.N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 4. - 2011. - S. 69-77.
15. Novikov, A.N. Metodika organizatsii marshrutnoy seti gorodskogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya [Tekst] / A.N. Novikov, A.V. Kulev, M.V. Kulev, N.S. Kuleva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - № 1 (48). - S. 85-92.
16. Baranova, S.V. Innovatsionnaya politika rossiyskogo avtomobilstroeniya v postkrisisnyy period [Tekst]: kollektivnaya monografiya / S.V. Baranova, YU.N. Baranov, E.P. Lidinfa i dr. // Povyshenie konkurentosposobnosti innovatsionnoy ekonomiki regiona. - Oriol: OOO PF «Kartush». - 2012. - S. 135-154.
17. Novikov, A.N. Obsledovanie passazhiropotokov na sezonnykh marshrutakh goroda Orla [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, M.V. Kulev, A.V. Kulev, M.M. Savin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 4 (43). - S. 77-85.
18. 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. - 2012. - №4 (39). - S. 69-74.
19. Glagolev, S.N. Jefferktivnost' funkcionirovaniya sistemy «vladlec-avtomobil'-servis» kak rezul'tat vybora ee akcentiruemoj komponenty/S.N. Glagolev, N. S. Sevryugina//Avtomobil'naja promyshlennost'. -2012. -№6. -S. 10-11.
20. Glagolev S.N., Sevryugina N.S., Konev A.A. Matematicheskaya model' ocenki jefferktivnosti razvitiya territorij regiona pri formirovanii klasterov pridorozhnogo servisa//Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2013. №3. S.121-125.

Baranova Svetlana Viktorovna

FGOBU VO «Financial University under the Government of the Russian Federation»

Address: 125993, Russia, g. Moscow, GSP-3, Leningradsky Prospect, 49

Kand. ehkon. Sciences, Associate Professor of «Economics and Finance»

E-mail: svet-svetlanabar@yandex.ru

Baranov Yuri Nikolaevich

FGBOU VO «Prioksky State University»

Address: 302030, Russia, g. Orel, st. Moscow, d. 77, office. 311

Dr. Sc. Sciences, Professor of the Department «Service and repair of vehicles»

E-mail: bar20062@yandex.ru

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 25.03.2016

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 9,5

Тираж 500 экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.