

<p><i>Редакционный совет:</i> <b>Голенков В.А.</b> д-р техн. наук, проф., председатель <b>Цилипенко О.В.</b> д-р техн. наук, проф., <b>Радченко С.Ю.</b> д-р техн. наук, проф., зам. председателя <b>Астафичев П.А.</b> д-р юр. наук, проф., <b>Борзенков М.И.</b> канд. техн. наук, доц., <b>Иванова Т.Н.</b> д-р техн. наук, проф., <b>Колчунов В.И.</b> д-р техн. наук, проф., <b>Константинов И.С.</b> д-р техн. наук, проф., <b>Новиков А.Н.</b> д-р техн. наук, проф., <b>Попова Л.В.</b> д-р экон. наук, проф., <b>Степанов Ю.С.</b> д-р техн. наук, проф.</p>	<h2 style="text-align: center;">Содержание</h2> <h3 style="text-align: center;">Эксплуатация, ремонт, восстановление</h3> <p><i>В.Н. Логачев, А.С. Алмосов</i> Восстановление деталей транспорта пластиком с упрочнением плазменным электролитическим оксидированием..... 3 <i>Р.И. Ли, А.В. Мироненко</i> Восстановление корпусных деталей автомобильной техники полимер-полимерной композицией..... 9 <i>А.О. Власов, Ю.А. Заяц</i> Модель прогнозирования состояния моторного масла..... 16 <i>Ю.В. Баженов, В.П. Каленов</i> Система обеспечения работоспособности ЭСУД в эксплуатации..... 24 <i>Е.В. Агеев, Е.П. Новиков, И.П. Емельянов</i> Совершенствование технологии восстановления головок блока цилиндров путем применения порошковых электроэрозионных материалов..... 33</p>
<p><i>Главный редактор:</i> <b>Новиков А.Н.</b> д-р техн. наук, проф. <i>Заместители главного редактора:</i> <b>Катунин А.А.</b> канд. техн. наук, доц. <b>Васильева В.В.</b> канд. техн. наук, доц.</p>	<h3 style="text-align: center;">Технологические машины</h3> <p><i>А.В. Горин, А.В. Журавлева, М.А. Горина</i> Динамика сливного трубопровода гидравлических ударных механизмов пневматической камерой рабочего хода..... 40 <i>А.В. Паничкин, А.С. Трубин</i> Определение эффективности современных отечественных автогрейдеров..... 48</p>
<p><i>Редколлегия:</i> <b>Агеев Е.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Агуреев И.Е.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Бажинов А.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Украина) <b>Басков В.Н.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Бондаренко Е.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Браннольте У.</b> д-р техн. наук, проф. (Германия) <b>Бялы В.</b> д-р техн. наук, проф. (Польша) <b>Венцель Е.С.</b> д-р техн. наук, проф. (Украина) <b>Власов В.М.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Глаголев С.Н.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Горовиц В.Б.</b> д-р техн. наук, проф. (США) <b>Демич М.</b> д-р техн. наук, проф. (Сербия) <b>Денисов А.С.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Жанказиев С.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Зырянов В.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Корчагин В.А.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Макарова И.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Мартюченко И.Г.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Митусов А.А.</b> д-р техн. наук, проф. (Казахстан) <b>Нордн В.В.</b> канд. техн. наук, проф. (Россия) <b>Прентковский О.</b> д-р техн. наук, проф. (Литва) <b>Пржибыл П.</b> д-р техн. наук, проф. (Чехия) <b>Пушкарев А.Е.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Ременнов А.Н.</b> д-р пед. наук, проф. (Россия) <b>Сарбаев В.И.</b> д-р техн. наук, профессор (Россия) <b>Сиваченко Л.А.</b> д-р техн. наук, проф. (Беларусь) <b>Юнгмейстер Д.А.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия)</p>	<h3 style="text-align: center;">Безопасность движения и автомобильные перевозки</h3> <p><i>А.Е. Боровской, М.И. Медведев, А.Г. Шевцова</i> Анализ моделей расчета интенсивности движения в зоне регулируемых перекрестков..... 55 <i>Е.И. Енина</i> Методика определения пропускной способности пешеходных путей с учетом движения в потоке маломобильных групп пешеходов..... 63 <i>О.А. Криволапова</i> Методология оценки эластичности транспортных потоков при наличии альтернативных маршрутов..... 69 <i>Д.А. Лазарев, Ю.Н. Баранов</i> Повышение эффективности проведения автотехнической экспертизы на основе теоретического подхода при изучении процесса торможения..... 82 <i>Е.Г. Веремеенко</i> Разработка адаптивной имитационной модели обслуживания автомобильного транспорта на зерновом терминале..... 90 <i>А.Н. Новиков, М.В. Кулев, А.В. Кулев</i> Разработка мероприятий по снижению дорожно-транспортной аварийности по вине водителей в состоянии алкогольного опьянения..... 97 <i>В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин, Ю.А. Никитина</i> Расчёт вероятностных оценок опасности конфликтных точек на дорожных пересечениях..... 105 <i>В.Н. Басков, Е.И. Исаева</i> Энтропия как модель прогноза загруженности транспортной сети..... 111</p>
<p><i>Ответственный за выпуск:</i> <b>Акимочкина И.В.</b></p>	<h3 style="text-align: center;">Вопросы экологии</h3> <p><i>И.В. Макарова, К.А. Шубенкова, В.Г. Маврин, Г.Р. Садыгова, Л.М. Габсалихова</i> Переход к «зеленому» транспорту: проблемы и перспективы..... 118</p>
<p><i>Адрес редколлегии:</i> 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77 Тел. +7 905 856 6556 http://www. http://oreluniver.ru/ E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a></p>	<h3 style="text-align: center;">Образование и кадры</h3> <p><i>Г.В. Букалова, Е.Н. Алексеева, Г.В. Савчук</i> Актуализация образовательных нормативов на основе профессиональных стандартов..... 127</p>
<p>Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство: ПИ № ФС77-65752 от 20.05.2016г.</p>	<h3 style="text-align: center;">Экономика и управление</h3> <p><i>Т.А. Власова, В.В. Васильева, Е.Ф. Злобин</i> Методический инструментальный анализ дифференциации развития транспортной системы (на примере субъектов ЦФО)..... 134</p>
<p>Подписной индекс: <b>16376</b> по объединенному каталогу «Пресса России»</p>	
<p>© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2016</p>	

<p><b>Editorial Council:</b>  <b>V.A. Golenkov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i>  <b>O.V. Pilipenko</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i>  <b>S.Y. Radchenko</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i>  <i>Vice-Chairman</i>  <b>P.A. Astafichev</b> <i>Doc. Law., Prof.,</i>  <b>M.I. Borzenkov</b> <i>Can. Eng., Prof.,</i>  <b>T.N. Ivanova</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i>  <b>V.I. Kolchunov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i>  <b>I.S. Konstantinov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i>  <b>A.N. Novikov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i>  <b>L.I. Popova</b> <i>Doc. Ec., Prof.,</i>  <b>Y.S. Stepanov</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i></p>	<h2 style="text-align: center;">Contents</h2> <h3 style="text-align: center;">Operation, Repair, Restoration</h3> <p><i>V.N. Logachev, A.S. Almosov</i> Restoration parts transport plastic deformation with hardening of plasma electrolytic oxidation..... 3  <i>R.I. Li, A.V. Mironenko</i> Automotive parts restoration hull polymer technology-polymer compositions..... 9  <i>A.O. Vlasov, Yu.A. Zayats</i> The model of prediction engine oil condition..... 16  <i>J.V. Bazhenov, V.P. Kalenov</i> System software performance of electronic engine management systems in operation..... 24  <i>E.V. Ageev, E.P. Novikov, I.P. Emelianov</i> Perfection of technology of restoration cylinder heads by the application of erosion of powder materials..... 33</p>
<p><b>Editor-in-Chief</b>  <b>A.N. Novikov</b> <i>Doc.Eng., Prof</i>  <i>Associates Editor</i>  <b>A.A. Katunin</b> <i>Can.Eng.</i>  <b>V.V. Vasileva</b> <i>Can.Eng.</i></p>	<h3 style="text-align: center;">Technological Machinery</h3> <p><i>A.V. Gorin, A.V. Zhyravleva, M.A. Gorina</i> Dynamics of drain pipe hydropercussion mechanisms with the air bag stroke..... 40  <i>A.V. Panichkin, A.S. Trubin</i> Determination of the effectiveness of the current national motor graders..... 48</p>
<p><b>Editorial Board:</b>  <b>E.V. Ageev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>I.E. Agureev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>A.V. Bazhinov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Ukraine)</i>  <b>V.N. Baskov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>E.V. Bondarenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>U. Brannolte</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Germany)</i>  <b>V. Bialy</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Poland)</i>  <b>E.S. Vencel</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Ukraine)</i>  <b>V.M. Vlasov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>S.N. Glagolev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>V.B. Gorovic</b> <i>Doc.Eng., Prof. (USA)</i>  <b>M. Demic</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Serbia)</i>  <b>A.S. Denisov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>S.V. Zhankaziev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>V.V. Zyryanov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>V.A. Korchagin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>I.V. Makarova</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>I.G. Martyuchenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>A.A. Mitusov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Kazakhstan)</i>  <b>V.V. Nordin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>O. Prentkovskis</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Lithuania)</i>  <b>P. Pribyl</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Czech Republic)</i>  <b>A.E. Pushkarev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>A.N. Rementsov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>V.I. Sarbaev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i>  <b>L.A. Sivachenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Belarus)</i>  <b>D.A. Yungmeyster</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i></p>	<h3 style="text-align: center;">Road safety and road transport</h3> <p><i>A.E. Borovskoy, M.I. Medvedev, A.G. Shevtsova</i> Analysis of models for calculating the motion intensity zonecontrolled crossroads..... 55  <i>E.I. Yenina</i> Method of determination of capacity pedestrian ways in view of movement pedestrians with limited mobility..... 63  <i>O.Yu. Krivolapova</i> Methodology estimated elasticity transport flow in the presence of alternative routes..... 69  <i>A.S.bodrov, I.N. batishchev, E.O. Fabrichniy, A.V. Mosin, D.O. Lomakin</i> Optimization of public transport..... 74  <i>D.A. Lazarev, Yu.N. Baranov</i> Improve performance autotechnical examination on the basis of a theoretical approach to the study of the braking process..... 82  <i>E.G. Veremeenko</i> Adaptive simulation model development service road transport atthegrainterminal..... 90  <i>A.N. Novikov, M.V. Kulev, A.V. Kulev</i> Development of measures to reduce road traffic accident caused by drivers intoxicated..... 97  <i>V.S. Volkov, D.Ju. Kastyrin</i> The calculation of probability estimates of the danger of conflict points on the road intersections..... 105  <i>V.N. Baskov, E.I. Isaeva</i> Entropy as a model for prediction of uploading transport network..... 111</p>
<p><b>Person in charge for publication:</b>  <b>I.V. Akimochkina</b></p>	<h3 style="text-align: center;">Ecological Problems</h3> <p><i>I.V. Makarova, K.A. Shubenkova, V.G. Mavrina G.R. Sadigov, I.M. Gabsalithova</i> Transition to «green» transport problems and prospects ..... 118</p>
<p><b>Editorial Board Address:</b>  302030, Russia, Orel, Moskovskaya Str., 77  Tel. +7 (9058) 566556  http://www. http://oreluniver.ru/  E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a></p>	<h3 style="text-align: center;">Education and Personnel</h3> <p><i>G.V. Bukalova, E.N. alekseeva, G.V. Savchuk</i> Update educational standards on the basis of professional standards..... 127</p>
<p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate PI № FS77- 65752 of May 20 2016</p>	<h3 style="text-align: center;">Economics and Management</h3> <p><i>T.A. Vlasova, V.V. Vasil'eva, E.F. Zlobin</i> Methodological tools for evaluation the differentiation of development of the transport system (for example, the subjects of the central federal district..... 134</p>
<p>Subscription index: 16376  in a union catalog «The Press of Russia»</p>	
<p>© Orel State University, 2016</p>	

УДК 621.664:669.715

В.Н. ЛОГАЧЕВ, А.С. АЛМОСОВ

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТА ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ С УПРОЧНЕНИЕМ ПЛАЗМЕННЫМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

*В работе представлен технологический процесс восстановления корпусов шестеренных насосов типа НШ-У пластическим деформированием с последующим упрочнением плазменным электролитическим оксидированием (ПЭО), на примере корпуса шестеренного насоса НШ-32У-2. Разработанная технология позволяет в 4 раза повысить износостойкость колодцев корпусов и в 2 раза увеличить производительность при восстановлении данных деталей.*

**Ключевые слова:** восстановление, упрочнение, технология, корпус, шестеренный насос, пластическое деформирование, плазменное электролитическое оксидирование.

На современном транспорте таком, как специальные автомобили, самосвалы, погрузчики, автогрейдеры и т.д. широко используются шестеренные насосы типа НШ-У. В результате изнашивания они часто теряют свое работоспособное состояние. Результаты дефектации колодцев корпусов шестеренных насосов НШ-32У-2 показали, что износ поверхностей колодцев в соединении с зубьями шестерен достигает 0,5 мм. Визуально изношенная поверхность детали содержит риски и задиры (рис. 1). Износ поверхностей колодцев в зоне верхних втулок у некоторых корпусов достигает 0,035...0,040 мм, а в зоне нижних втулок он составляет 0,005...0,010 мм. Колодцы корпуса сильнее изнашиваются со стороны камеры всасывания, так как весь качающий узел давлением рабочей жидкости поджимается при работе насоса к этой стороне корпуса.



Рисунок 1 – Изношенный корпус шестеренного насоса НШ-32У-2

При износе колодцы корпуса приобретают форму конуса с расширением в сторону привалочной плоскости. Износ поверхностей колодцев корпуса под верхними втулками в 2...5 раз больше, чем под нижними. Такое различие износов объясняется перекосом качающего узла при работе шестеренного насоса под нагрузкой [1].

Существует технология восстановления колодцев корпусов шестеренных насосов типа НШ-У, изготовленных из алюминиевого сплава АК7ч, пластическим деформированием (обжатием). Для упрочнения обжатый корпус подвергают термообработке, его нагревают до температуры 490...500°C, выдерживают 30 мин, после чего производят его закалку в воде при

60...80°C и отпускают в течение 6 ч при 180°C. Далее корпус подвергают механической обработке, которая включает в себя следующие операции: фрезерование дна корпуса, плоскости прилегания крышки насоса, плоскости соединения штуцеров, калибровка резьбы, расточка поверхности под манжету и колодцев корпуса, рассверливание отверстий под втулки [1]. Однако данная технология не позволяет получить высокую износостойкость восстановленных корпусов. Предлагаемая нами технология восстановления колодцев корпусов шестеренных насосов типа НШ-У пластическим деформированием (обжатием) с последующим упрочнением ПЭО позволяет компенсировать износ до номинального или ближайшего ремонтного размера, значительно снизить интенсивность изнашивания поверхностей колодцев и, как следствие, повысить их износостойкость, а также увеличить производительность при восстановлении деталей за счет уменьшения продолжительности упрочнения [2, 3, 9, 21].

Технологический процесс восстановления и упрочнения детали имеет следующие операции: корпус шестеренного насоса загружают в печь, подвергают нагреву до температуры 500...510°C, выдерживают в течение 30...35 мин и обжимают в специальной пресс-форме за промежуток времени 10...15 с (рис. 2). Для этого корпус насоса устанавливают в блок матриц при верхнем положении ползуна пресса. При перемещении ползуна пресса вниз пуансон вводится в колодцы корпуса насоса, а вследствие давления верхней плиты на блок матриц они движутся вниз по конической внутренней поверхности корпуса пресс-формы и обжимают корпус шестеренного насоса. При перемещении ползуна пресса вверх пуансон приспособления выводится из колодцев корпуса шестеренного насоса. Выталкиватель выталкивает блок матриц с обжатой деталью из корпуса пресс-формы. Пластическое деформирование завершают при температуре корпуса насоса не ниже 440°C, иначе пластичность алюминиевого сплава резко снижается.



*Рисунок 2 – Пресс-форма для обжатия корпусов насосов типа НШ-У*

После обжатия корпус насоса подвергают термообработке. Его нагревают до температуры 490...500°C, выдерживают 30 мин, далее производят закалку в воде при 60...80°C и отпускают в течение 1,5 ч при 250°C, что позволяет сократить время термической обработки в 4 раза.

Далее фрезерной обработке подвергают дно корпуса насоса, плоскости для соединения штуцеров и поверхность прилегания крышки на вертикально-фрезерном станке типа 6Р13 (рис. 3). На данном станке производят также расточку поверхности под уплотнительную манжету. Режимы механической обработки: частота вращения инструмента - 1000 мин<sup>-1</sup>, глубина резания - 0,2...0,4 мм, подача - 0,2 мм/мин. Затем на токарно-винторезном станке типа 1В62Г растачивают до номинального или ближайшего ремонтного размера колодцы корпуса насоса, с припуском под ПЭО (рисунок 4). Режимы черновой обработки: частота вращения инструмента - 950 мин<sup>-1</sup>, подача - 0,6 мм/мин, глубина резания - 0,3...0,4 мм. Режимы чистовой обработки: частота вращения инструмента - 1500 мин<sup>-1</sup>, подача - 0,25 мм/мин, глубина резания - 0,1 мм. Потом в дне колодцев под втулки рассверливают отверстия на вертикально-сверлильном станке типа 2Н135. Режимы обработки: диаметр сверла 30

мм, частота вращения инструмента  $800 \text{ мин}^{-1}$ , подача 0,3 мм. Резьбы калибруют а номинальный размер метчиками М10-6Н и М8-7Н [21].



*Рисунок 3 – Фрезерование дна корпуса насоса НШ-32У-2*



*Рисунок 4 – Механическая обработка колодцев корпуса насоса НШ-32У-2*

Далее осуществляют упрочнение колодцев корпуса плазменным электролитическим оксидированием в щелочном электролите. Состав электролита: едкий калий КОН - 3,0 г/л, жидкое стекло  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  - 14 г/л. Для этого поверхности, не подлежащие упрочнению, изолируют силиконовым герметиком и текстолитовыми вставками. Оксидируемую поверхность обезжиривают смоченным в ацетоне тампоном. После просушивания корпус насоса монтируют на подвеску и устанавливают в ванну с электролитом. Режимы ПЭО: плотность тока –  $25 \text{ А/дм}^2$ , продолжительность оксидирования - 1,5 часа, температура электролита -  $18...23^\circ\text{C}$ . Увеличение размеров на сторону после удаления технологического слоя составляет 100 мкм. Восстановленный корпус шестеренного насоса НШ-32У-2 пластическим деформированием с упрочнением плазменным электролитическим оксидированием представлен на рисунке 5 [4...8, 10...18, 21].

Износостойкость восстановленных корпусов шестеренных насосов НШ-32У-2 оценивали по результатам сравнительных ускоренных испытаний на стенде КИ-4815М-03, он предназначен для испытания агрегатов гидроприводов сельскохозяйственной техники. Ускоренные стендовые испытания проводили по рекомендациям руководящего документа РД 70.0009.006-85 «Указания по методам ускоренных испытаний восстановленных деталей для основных марок тракторов, комбайнов и других машин», разработанного ВНПО «Ремдеталь», а также ГОСТ 23.224-86 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей» (табл. 1).



Рисунок 5 – Восстановленный корпус шестеренного насоса НШ-32У-2 пластическим деформированием с упрочнением плазменным электролитическим оксидированием

Таблица 1 - Результаты сравнительных испытаний корпусов шестеренных насосов НШ-32У-2

Показатели	Значения	
	Упрочненный закалкой	упрочненный ПЭО
1. Интенсивность изнашивания, (г/ч) $\times 10^{-3}$	400	95
2. Износостойкость, %	100	420
3. Продолжительность упрочнения, ч	6	3

Как видно из таблицы, предлагаемая технология восстановления колодцев корпусов шестеренных насосов типа НШ-У из алюминиевых сплавов позволяет более чем в 4 раза снизить их интенсивность изнашивания и, как следствие, повысить износостойкость. Продолжительность упрочнения при этом уменьшается в 2 раза, что способствует увеличению производительности при восстановлении деталей. Комбинированные методы можно также применить при устранении производственного брака [7, 9, 19, 20, 21].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин [Текст] / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГОСНИТИ, 2003. – 488 с.
2. Коломейченко, А.В. Повышение ресурса деталей машин с использованием микродугового оксидирования [Текст] / А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, Н.В. Титов // Технология машиностроения. – 2014. – №9. – С. 34-38.
3. Коломейченко, А.В. Повышение надежности деталей машин комбинированными методами с применением микродугового оксидирования [Текст] / А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, Н.В. Титов, И.Н. Кравченко // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2014. – № 9. – С. 37-38.
4. Бардин, И.В. Микродуговое оксидирование [Текст] / И.В. Бардин, В.А. Баутин, А.В. Дуб и др. // Металлургия машиностроения. - 2013. – № 1. – С. 27-35.
5. Новиков, А.Н. Технология ремонта машин [Текст]: учебное пособие для курсового проектирования / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева, А.В. Коломейченко. – Орел: ГУ-УНПК, 2003. – 59 с.
6. Коломейченко, А.В. Анализ внутренних напряжений корпуса восстановленного шестеренного насоса [Текст] / А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2010. – № 7. – С. 33-35.
7. Коломейченко, А.В. Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и упрочнением рабочих поверхностей комбинированными методами [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук / Коломейченко Александр Викторович; Всерос. науч.-исслед. технол. ин-т ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка РАСХН. - Москва, 2011.
8. Коломейченко, А.В. Влияние охлаждения электролита на свойства покрытий при восстановлении с упрочнением МДО деталей машин из алюминиевых сплавов [Текст] / А.В. Коломейченко, Н.В. Титов // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2003. – № 11. – С. 19-23.
9. Коломейченко, А.В. Комбинированные технологии восстановления с упрочнением деталей гидросистем с.-х. техники [Текст] / А.В. Коломейченко, Н.В. Титов, В.Н. Логачев // Тракторы и сельхозмашины. - 2011. – №4. – С. 46-49.
10. Басинюк, В.Л. Тепловая нагруженность фрикционного контакта деталей из алюминиевых сплавов с покрытиями  $Al_2O_3$  [Текст] / В.Л. Басинюк, А.В. Коломейченко, Е.И. Мардосевич, Н.В. Титов // Трение и износ. - 2005. - Т. 26. - №3. - С. 295-303.
11. Кучмин, И.Б. Изменения плазменных образований в процессе микродугового оксидирования их

влияние на характеристики покрытия [Текст] / И.Б. Кучмин, Г.Г. Нечаев, Н.Д. Соловьева // Физика и химия обработки материалов. - 2015. - № 4. - С. 45-49.

12. Malyshev, V.N. Antifriction properties increasing of ceramic MAO-coatings [Text] / V.N. Malyshev, A.M. Volkhin // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, 2014. Vol. 228. - № 4. - P. 435-444.

13. Коломейченко, А.В. Определение размеров заготовки под МДО-покрытие [Текст] / А.В. Коломейченко // Технология машиностроения. - 2005. - № 8. - С. 43.

14. Суминов, И.В. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов [Текст] / И.В. Суминов, П.Н. Белкин, А.В. Эпельфельд и др. - М.: Техносфера, 2011. - 512 с.

15. Криштал, М.М. Повышение эффективности технологии микродугового оксидирования алюминий-кремниевых сплавов [Текст] / М.М. Криштал, П.В. Ивашин, А.В. Полунин и др. // Вектор науки Тольяттинского Государственного Университета. - 2015. - №2. - С. 86-93.

16. Полунин, А.В. Исследование износостойкости оксидных слоев, сформированных микродуговым оксидированием на силумине АК9ПЧ в модифицированном наночастицами диоксида кремния электролите [Текст] / А.В. Полунин, П.В. Ивашин, И.А. Растегаев и др. // Деформация и разрушение материалов. - 2015. - № 2. - С. 21-55.

17. Пономарев, И.С. Механические характеристики оксидированной поверхности при различных режимах оксидирования [Текст] / И.С. Пономарев, Е.А. Кривоносова, А.И. Горчаков // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. - 2013. - №6 (2). - С. 469-472.

18. Кравченко, И.Н. Основы научных исследований [Текст]: учебное пособие / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев и др. - СПб.: Изд-во Лань, 2015. - 304 с.

19. Коломейченко, А.В. Использование сверхзвукового электродугового напыления и плазменного электролитического оксидирования для восстановления деталей транспорта [Текст] / А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - № 2(53). - С. 9-13.

20. Коломейченко, А.В. Восстановление рабочих поверхностей корпуса гидромотора Rexroth сепалки Amazone электроискровой обработкой с последующим упрочнением микродуговым оксидированием [Текст] / А.В. Коломейченко, М.С. Грохольский // Труды ГОСНИТИ. - 2013. - Т. 111. - № 2. - С. 109-111.

21. Логачев, В.Н. Упрочнение микродуговым оксидированием деталей из алюминиевых сплавов, восстановленных пластическим деформированием [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Логачев В.Н. - Орел, 2007. - 125 с.

22. Пат. 2119420 Российская Федерация. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов [Текст] / Новиков А.Н.; 10.01.96.

23. Радченко, С.Ю. Анализ видов повреждений шаровых шарниров [Текст] / С.Ю. Радченко, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 1 (36). - С. 8-14.

24. Пат. 2147324 Российская Федерация Устройство для микродугового оксидирования колодцев корпуса шестеренного насоса [Текст] / Новиков А.Н., Кузнецов Ю.А., Хромов В.Н.; 22.03.99.

**Логачев Владимир Николаевич**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

Адрес: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69

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

E-mail: logvovan@mail.ru

**Алмосов Александр Сергеевич**

ФГКВБОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва»

Адрес: Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8

Адъюнкт кафедры технического обеспечения

E-mail: alexander.almosov@yandex.ru

---

V.N. LOGACHEV, A.S. ALMOISOV

## **RESTORATION PARTS TRANSPORT PLASTIC DEFORMATION WITH HARDENING OF PLASMA ELECTROLYTIC OXIDATION**

*The paper presents the technological process of restoration of buildings of gear pumps NSH-U type plastic deformation followed by hardening of plasma electrolytic oxidation (PEO), by the example of the body gear pump NSH-32U-2. Developed by technology allows 4-fold increase wear resistance of buildings and wells in 2-fold increase in performance when restoring data details.*

**Keywords:** repair, strengthening, technology, housing, gear pump, reservoir cal deformation, plasma electrolytic oxidation.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Chernoiivanov, V.I. Organizatsiya i tekhnologiya vosstanovleniya detaley mashin [Tekst] / V.I. Chernoiivanov, V.P. Lyalyakin. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: GOSNITI, 2003. - 488 s.
2. Kolomeychenko, A.V. Povyshenie resursa detaley mashin s ispol'zovaniem mikrodugovogo oksidirovaniya

[Tekst] / A.V. Kolomeychenko, V.N. Logachev, N.V. Titov // Tekhnologiya mashinostroeniya. - 2014. - №9. - S. 34-38.

3. Kolomeychenko, A.V. Povyshenie nadezhnosti detaley mashin kombinirovannymi metodami s primeneniem mikrodogovogo oksidirovaniya [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, V.N. Logachev, N.V. Titov, I.N. Kravchenko // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2014. - № 9. - S. 37-38.

4. Bardin, I.V. Mikrodogovoe oksidirovanie [Tekst] / I.V. Bardin, V.A. Bautin, A.V. Dub i dr. // Metallurgiya mashinostroeniya. - 2013. - № 1. - S. 27-35.

5. Novikov, A.N. Tekhnologiya remonta mashin [Tekst]: uchebnoe posobie dlya kursovogo proektirovaniya / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva, A.V. Kolomeychenko. - Orel: GU-UNPK, 2003. - 59 s.

6. Kolomeychenko, A.V. Analiz vnutrennikh napryazheniy korpusa vosstanovlennogo shesterennogo nasosa [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, V.N. Logachev // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 2010. - № 7. - S. 33-35.

7. Kolomeychenko, A.V. Tekhnologii povysheniya dolgovechnosti detaley mashin vosstanovleniem i uprochneniem rabochikh poverkhnostey kombinirovannymi metodami [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk / Kolomeychenko Aleksandr Viktorovich; Vseros. nauch.-issled. tekhnol. in-t remonta i ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka RASHN. - Moskva, 2011.

8. Kolomeychenko, A.V. Vliyaniye okhlazhdeniya elektrolita na svoystva pokrytiy pri vosstanovlenii s uprochneniem MDO detaley mashin iz alyuminievykh splavov [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, N.V. Titov // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2003. - № 11. - S. 19-23.

9. Kolomeychenko, A.V. Kombinirovannyye tekhnologii vosstanovleniya s uprochneniem detaley gidrosistem s.-kh. tekhniki [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, N.V. Titov, V.N. Logachev // Traktory i sel'khoz mashiny. - 2011. - №4. - S. 46-49.

10. Basinyuk, V.L. Teplovaya nagruzhennost' friktsionnogo kontakta detaley iz alyuminievykh splavov s pokrytiami Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [Tekst] / V.L. Basinyuk, A.V. Kolomeychenko, E.I. Mardosevich, N.V. Titov // Trenie i iznos. - 2005. - T. 26. - №3. - S. 295-303.

11. Kuchmin, I.B. Izmeneniya plazmennyykh obrazovaniy v protsesse mikrodogovogo oksidirovaniya ikh vliyaniye na kharakteristiki pokrytiya [Tekst] / I.B. Kuchmin, G.G. Nechaev, N.D. Solov'eva // Fizika i khimiya obrabotki materialov. - 2015. - № 4. - S. 45-49.

12. Malyshev, V.N. Antifriction properties increasing of ceramic MAO-coatings [Text] / V.N. Malyshev, A.M. Volkhin // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, 2014. Vol. 228. - № 4. - P. 435-444.

13. Kolomeychenko, A.V. Opredeleniye razmerov zagotovki pod MDO-pokrytie [Tekst] / A.V. Kolomeychenko // Tekhnologiya mashinostroeniya. - 2005. - № 8. - S. 43.

14. Suminov, I.V. Plazmenno-elektroliticheskoye modifitsirovaniye poverkhnosti metallov i splavov [Tekst] / I.V. Suminov, P.N. Belkin, A.V. Epel'fel'd i dr. - M.: Tekhnosfera, 2011. - 512 s.

15. Krishtal, M.M. Povysheniye effektivnosti tekhnologii mikrodogovogo oksidirovaniya alyuminievo-kremnievykh splavov [Tekst] / M.M. Krishtal, P.V. Ivashin, A.V. Polunin i dr. // Vektor nauki Tol'yatinskogo Gosudarstvennogo Universiteta. - 2015. - №2. - S. 86-93.

16. Polunin, A.V. Issledovaniye iznosostoykosti oksidnykh sloev, sformirovannykh mikrodogovym oksidirovaniem na silumine AK9PCH v modifitsirovannom nanochastitsami dioksida kremniya elektrolite [Tekst] / A.V. Polunin, P.V. Ivashin, I.A. Rastegaev i dr. // Deformatsiya i razrusheniye materialov. - 2015. - № 2. - S. 21-55.

17. Ponomarev, I.S. Mekhanicheskiye kharakteristiki oksidirovannoy poverkhnosti pri razlichnykh rezhimakh oksidirovaniya [Tekst] / I.S. Ponomarev, E.A. Krivonosova, A.I. Gorchakov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk. - 2013. - №6 (2). - S. 469-472.

18. Kravchenko, I.N. Osnovy nauchnykh issledovaniy [Tekst]: uchebnoe posobie / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, V.N. Logachev i dr. - SPb.: Izd-vo Lan, 2015. - 304 s.

19. Kolomeychenko, A.V. Ispol'zovaniye sverkhzvukovogo elektrodugovogo napyleniya i plazmennogo elektroliticheskogo oksidirovaniya dlya vosstanovleniya detaley transporta [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, V.N. Logachev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - № 2(53). - S. 9-13.

20. Kolomeychenko, A.V. Vosstanovlenie rabochikh poverkhnostey korpusa gidromotora Rexroth seyalki Amazone elektroiskrovoy obrabotkoy s posleduyushchim uprochneniem mikrodogovym oksidirovaniem [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, M.S. Grokhol'skiy // Trudy GOSNITI. - 2013. - T. 111. - № 2. - S. 109-111.

21. Logachev, V.N. Uprochneniye mikrodogovym oksidirovaniem detaley iz alyuminievykh splavov, vosstanovlennykh plasticheskim deformirovaniem [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Logachev V.N. - Orel, 2007. - 125 s.

22. Pat. 2119420 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst] / Novikov A.N.; 10.01.96.

23. Radchenko, S.YU. Analiz vidov povrezhdeniy sharovykh sharnirov [Tekst] / S.YU. Radchenko, A.N. Novikov, A.A. Katunin, M.D. Tebekin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1 (36). - S. 8-14.

24. Pat. 2147324 Rossiyskaya Federatsiya. Ustroystvo dlya mikrodogovogo oksidirovaniya kolodtsev korpusa shesterennogo nasosa [Tekst] / Novikov A.N., Kuznetsov YU.A., Hromov V.N.; 22.03.99.

**Logachev Vladimir Nikolaevich**

FGBOU VO «Oryol state agrarian university name N.V. Parahina»

Address: 302019, Russia, Orel, st. General Homeland, d. 69

Candidate of Technical Sciences, associate professor «Reliability and repair of cars»

E-mail: logvovan@mail.ru

**Almosov Alexander Sergeevich**

FGKVOU VO «Military Academy of Logistics them. Army General A.V. HruLeva»

Adress: St. Petersburg, nab. Makarova, d. 8

Associate Chair of Logistics

E-mail: alexander.almosov@yandex.ru



УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

Р.И. ЛИ, А.В.МИРОНЕНКО

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ

*В статье приведены результаты сравнительных исследований деформационно-прочностных и адгезионных свойств полимер-полимерной композиции на основе акрилового адгезива и ненаполненного адгезива, долговечности восстановленных композицией соединений. Описана технология восстановления посадочных отверстий под подшипники качения в корпусных деталях автомобильной техники.*

**Ключевые слова:** восстановление, полимер, композиция, наполнитель, калибрование.

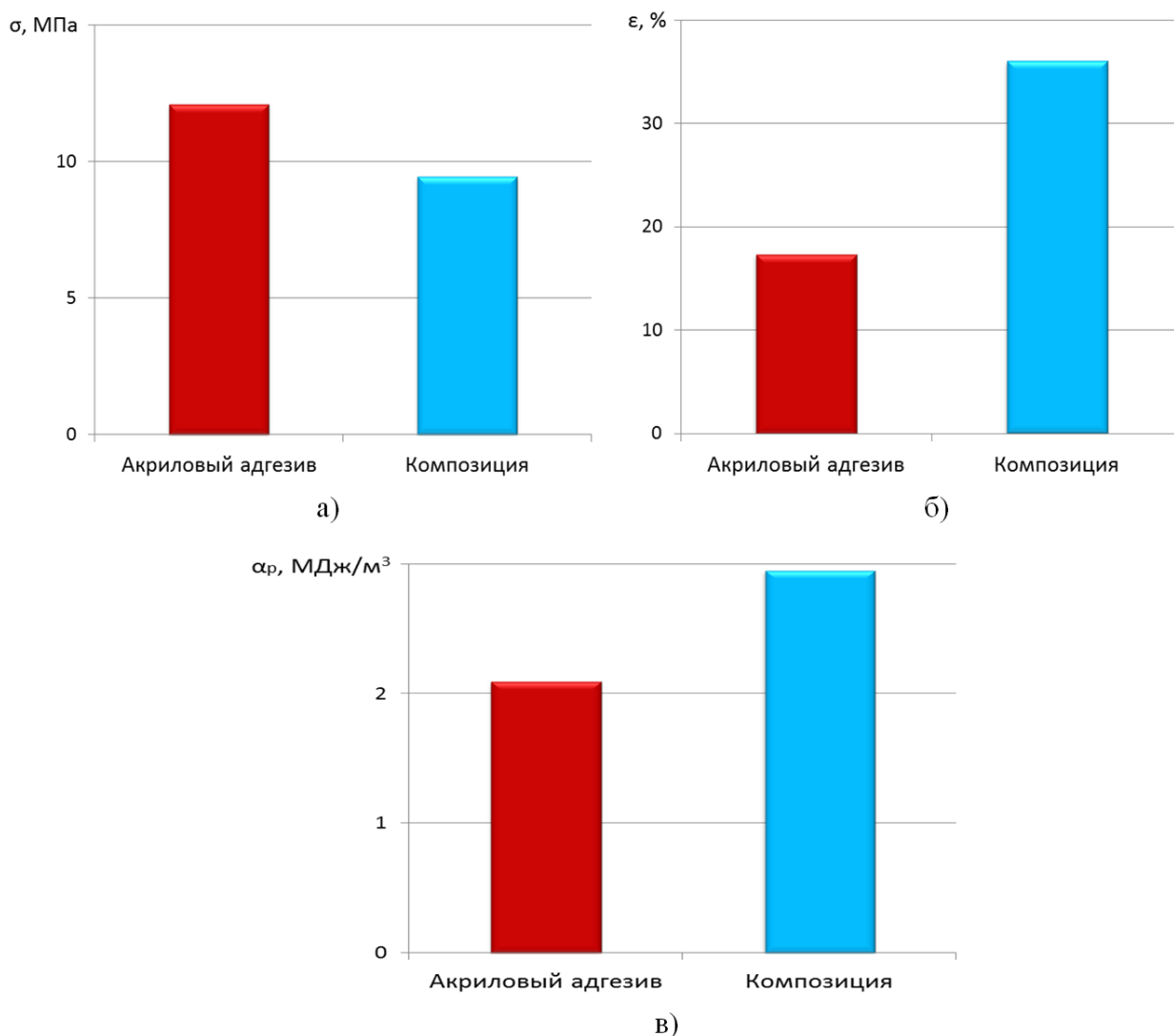
Одной из основных причин выхода из строя корпусных деталей агрегатов трансмиссии автомобильной техники, является износ посадочных отверстий под подшипники качения. Восстановление изношенных деталей позволяет в значительной степени снизить затраты на ремонт. Особенно это актуально при ремонте крупногабаритных металлоёмких корпусных деталей, масса и стоимость которых может достигать 40...45% от массы и стоимости всего автомобиля в целом. Существует множество способов восстановления посадочных мест подшипников, однако они требуют применения сложного технологического процесса, дорогостоящего технологического оборудования, механической обработки восстанавливаемых поверхностей, и в связи с этим имеют высокую трудоемкость, энергоёмкость и себестоимость [1...9]. Кроме того при использовании данных способов восстановления не предотвращается основная причина износа посадочных мест подшипников – фреттинг-коррозия. Способы восстановления посадок подшипников качения с применением полимерных материалов лишены описанных недостатков. При этом полностью исключается появление фреттинг-коррозии, многократно повышается долговечность восстановленных деталей, значительно снижается себестоимость и трудоёмкость восстановления [10...13].

Актуальной задачей является создание полимерных композиционных материалов с улучшенными потребительскими характеристиками и разработка новых эффективных технологических процессов восстановления с их применением. Долговечность восстановленного подшипникового узла в значительной степени определяется ресурсом полимерного материала. Одним из направлений, обеспечивающим увеличение ресурса подшипниковых узлов, является эластификация акриловых адгезивов, которые относятся к категории «жестких» полимеров [14...17].

Проведены экспериментальные исследования деформационно-прочностных и адгезионных свойств полимер-полимерной композиции на основе акрилового адгезива высокой прочности. В качестве наполнителя использовали раствор эластомера [18]. Образцами являлись полимерные пленки из композиции и клеевые соединения внутренних колец подшипников 207 с валами. Соосность деталей клеевого соединения обеспечивали в специальном центрирующем приспособлении. Толщина клеевого шва составляла 0,025 мм. Испытания образцов проводились на разрывной машине ИР 5082-50, одновременно записывая диаграмму «нагрузка-деформация». Скорость нагружения составляла 50 мм/мин и была постоянной.

Деформационно-прочностные свойства пленок композиции в сравнении с ненаполненным адгезивом показаны на рисунке 1. По результатам исследований прочность  $\sigma$  образцов композиции на основе акрилового адгезива составила 9,5 МПа, что на 28% меньше прочности ненаполненного адгезива, у которого  $\sigma = 12,1$  МПа. По прочности улучшения не наблюдается. Однако, деформация пленок композиции  $\epsilon$  составила 36%, что в 2,1 раза больше акрилового адгезива, у которого  $\epsilon = 17\%$ . Удельная работа разрушения  $a_p$  композиции составила 2,95 МДж/м<sup>3</sup>, что в 1,41 раза больше данного показателя ненаполненного адге-

зива –  $\alpha_p = 2,09 \text{ МДж/м}^3$ . Долговечность посадок подшипников, восстановленных полимерным материалом, зависит от деформационно-прочностных свойств полимеров. Одни материалы имеют высокую прочность, но небольшую деформацию, а другие – высокую деформацию, но низкую прочность. В данном случае целесообразно выбор полимерных материалов для восстановления подшипниковых узлов осуществлять по удельной работе разрушения. Чем выше значение удельной работы разрушения, тем выше долговечность материала при динамическом нагружении [19, 20].



**Рисунок 1 – Деформационно-прочностные свойства пленок композиции:**  
*а – прочность; б – деформация; в – удельная работа разрушения*

На следующем этапе исследовали деформационно-прочностные свойства клеевых соединений композиции, которые характеризуют адгезионные свойства материала (рисунок 2). Прочность клеевых соединений при аксиальном сдвиге  $\tau$  композиции на основе акрилового адгезива составила 15,2 МПа, что превышает прочность клеевых соединений с ненаполненным адгезивом  $\tau = 14,8 \text{ МПа}$  на 2,7%. Деформация  $\epsilon$  клеевых соединений композиции составила 6,3%, что в 1,4 раза выше, чем с ненаполненным адгезивом, у которых  $\epsilon = 4,5\%$ . Удельная работа разрушения  $\alpha_p$  клеевого шва композиции составила 23,6 МДж/м<sup>3</sup>, что на 53% больше данного показателя ненаполненного адгезива –  $\alpha_p = 15,4 \text{ МДж/м}^3$ .

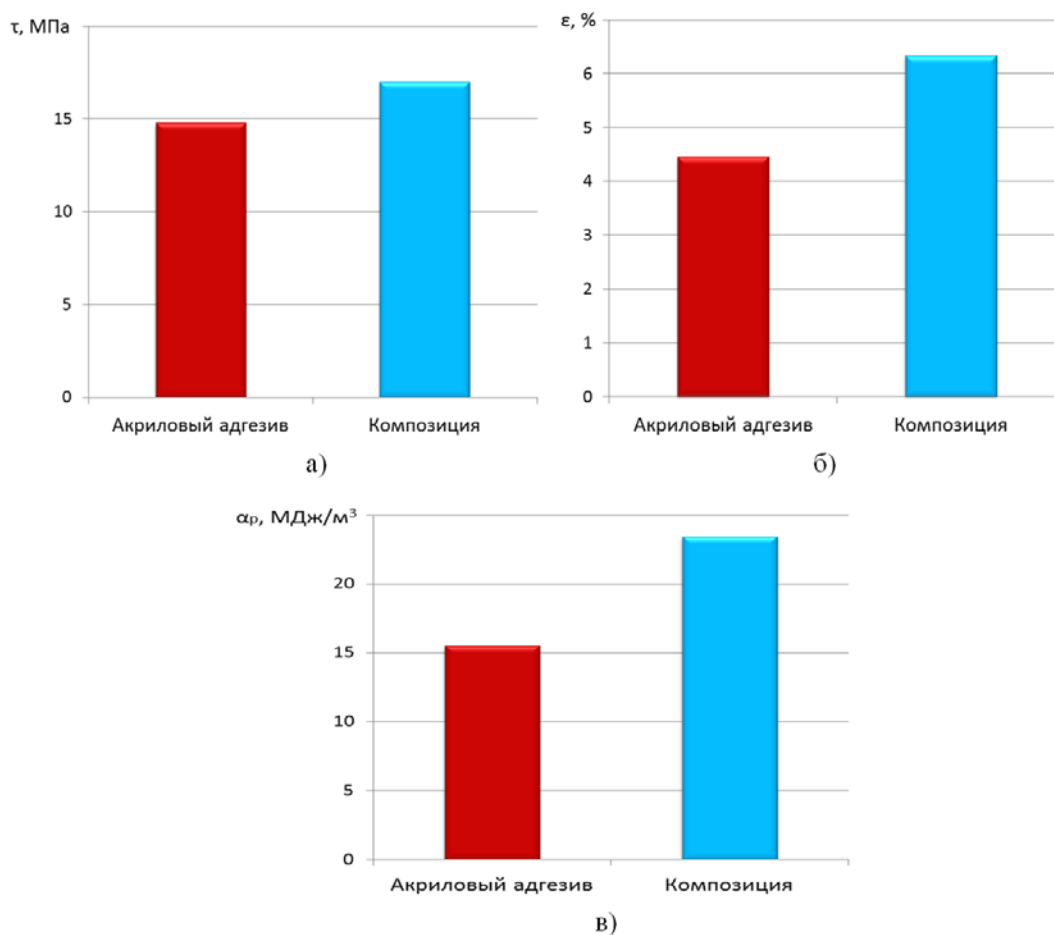


Рисунок 2 – Деформационно-прочностные свойства клеевых соединений композиции: а – прочность; б – деформация; в – удельная работа разрушения

Деформационно-прочностные и адгезионные свойства композиции заметно выше чем у ненаполненного акрилового адгезива. Высокие деформационно-прочностные свойства полимерного материала являются предпосылками обеспечения высокой долговечности восстановленных соединений при динамическом нагружении. Следовательно, полученная композиция является перспективным материалом для восстановления посадок подшипников качения в корпусных деталях агрегатов трансмиссии автомобильной техники.

Для обеспечения заданной точности и формы отверстия разработан способ калибровки отверстий с полимерным покрытием в корпусных деталях. Полимерное покрытие из композиции наносится послойно на поверхность отверстия кистью. Затем в отверстие устанавливается базирующая деталь и вдоль неё перемещают калибр. Центрирование оси базирующей детали относительно восстанавливаемого отверстия выполняют по не изношенной поверхности отверстия. Если изношена вся поверхность отверстия, необходимо использовать технологическую базу присоединяемой детали, например, крышки подшипника. При перемещении, калибр торцом убирает излишки полимерного материала и тем самым обеспечивается заданный размер и форма отверстия с полимерным покрытием. После отверждения полимерного материала, калибр вынимается и приспособление разбирается.

На заключительном этапе провели исследования по определению максимально допустимой толщины полимерного покрытия из композиции акрилового адгезива при восстановлении посадочных отверстий под подшипники качения в корпусных деталях. Исследования проводили на стенде при циклическом нагружении подшипниковых узлов. В качестве базы испытаний на долговечность приняли  $N = 5,94 \times 10^7$  циклов нагружения, что составляет 330 ч работы стенда. На рисунке 3 показана зависимость долговечности восстановленных посадок подшипников 42209 от толщины полимерного покрытия при радиальной нагрузке 20 кН. Зависимость является нелинейной и имеет вид кривой Веллера. При толщине полимерного покрытия 0,20

мм наружное кольцо провернулось в посадочном отверстии после 12 ч стендовых испытаний. С увеличением толщины полимерного покрытия до 0,175 мм долговечность соединения составила 16 ч. При увеличении толщины полимерного покрытия до 0,15 мм долговечность восстановленного соединения значительно возросла до 45 ч. При толщине полимерного покрытия 0,125 мм соединение сохраняло работоспособность в течение 243 ч. Соединения с толщиной полимерного покрытия 0,1 мм и ниже, оставались работоспособными до конца испытаний. Проворота наружного кольца подшипника в посадочном отверстии зарегистрировано не было. Поэтому допустимая толщина полимерного покрытия из исследуемой композиции, при которой обеспечивается безотказная работа восстановленного соединения составляет 0,1 мм [21].

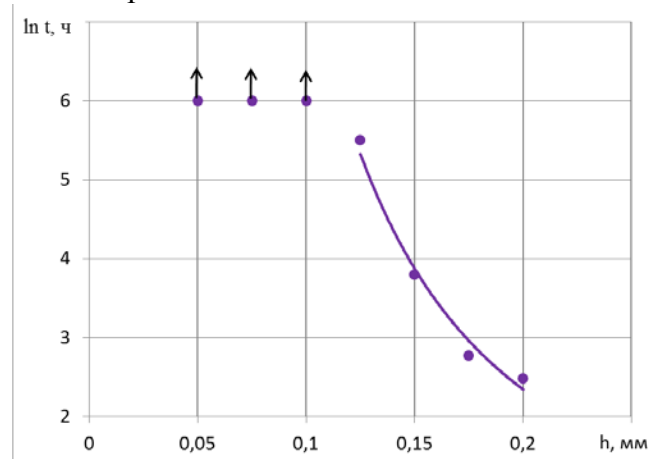


Рисунок 3 – Зависимость долговечности  $t$  посадок подшипников 42209 от толщины полимерного покрытия при радиальной нагрузке 20 кН

В результате обобщения материалов исследований разработана технология восстановления посадочных отверстий под подшипники качения в корпусных деталях автомобильной техники композицией на основе акрилового адгезива, которая включает следующие операции: очистка посадочных отверстий под подшипники в корпусной детали; измерение отверстий для определения износа; обезжиривание посадочных отверстий; приготовление композиции; нанесение ее на посадочные отверстия в корпусной детали; калибрование отверстий под заданный размер; контроль качества полимерных покрытий.

### ВЫВОДЫ

1. Полимер-полимерная композиция на основе акрилового адгезива имеет более высокие деформационно-прочностные и адгезионные показатели, чем ненаполненный акриловый адгезив. Удельная работа разрушения пленок из композиции в 1,4 раза выше, а удельная работа разрушения клеевого шва, выполненного композицией, в 1,5 раза выше, чем при использовании ненаполненного адгезива.

2. Стендовые испытания восстановленных посадок подшипников при циклическом нагружении показали, что покрытия из композиции на основе акрилового адгезива имеют высокую долговечность. Рекомендуется восстанавливать посадочные отверстия под подшипники в корпусных деталях с диаметральным износом до 0,2 мм.

3. Разработана технология восстановления посадочных отверстий под подшипники качения в корпусных деталях агрегатов трансмиссии автомобильной техники композицией на основе акрилового адгезива.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии [Текст]: учебник / Под ред. А. И. Завражнова / СПб.: Лань, 2013. – 496 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Коломейченко А.В. Технология восстановления с упрочнением деталей машин на основе применения микродугового оксидирования [Текст] / Коломейченко А.В., Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф., Логачёв В.Н., Титов Н.В. Строительные и дорожные машины. 2014. № 10. С. 16-21.

3. Жачкин, С.Ю. Промышленное применение восстановления деталей сельхозмашин композитным гальваническим покрытием [Текст] / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, А.А. Живогин, В.В. Михайлов, Сидоркин О.А., Гедзенко Д.В. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. № 3. с. 58-62.
4. Коломейченко, А.В. Новые подходы к повышению ресурса деталей машиностроения методами газотермического напыления наноструктурированных материалов [Текст] / А.В. Коломейченко, А.Ф. Пузряков, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, М.Ю. Путырская, А.С. Осипков, А.А. Пузряков // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2014. - № 6. - С. 32-35.
5. Жачкин, С.Ю. Получение хромовых покрытий с заданными свойствами методом гальванокатодного осаждения [Текст] / А.И. Болдырев, С.Ю. Жачкин, А.А. Болдырев, Н.А. Пеньков // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2012. - Т. 8. - № 12-1. - С. 12-16.
6. Коломейченко, А.В. Эффективные технологические методы, оборудование и материалы для восстановления и упрочнения деталей газопламенным напылением [Текст] / В.Н. Коренев, А.В. Коломейченко // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2014. - № 6. - С. 36-39.
7. Жачкин, С.Ю. Моделирование механического воздействия инструмента при получении гальванических композитных покрытий [Текст]: труды ГОСНИТИ. / С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов // 2015. - Т. 120. - С. 130-134.
8. Жачкин, С.Ю. Зависимость объемного и сдвигового модуля упругости композитных гальванических покрытий [Текст]: труды ГОСНИТИ / С.Ю. Жачкин, А.А. Живогин, Н.А. Пеньков. - 2013. - Т. 111. - № 2. - С. 164-168.
9. Кононенко, А.С. Повышение надежности неподвижных фланцевых соединений сельскохозяйственной техники использованием наноструктурированных герметиков [Текст]: дис. ... докт. техн. наук. / А.С.Кононенко. - М., 2012. - 266 с.
10. Ли, Р.И. Теоретические аспекты повышения эффективности восстановления корпусных деталей сельскохозяйственной техники композициями на основе эластомеров [Текст] / Ли Р.И., Машин Д.В. // Вестник МичГАУ. – 2013. – № 1. – С. 53-55.
11. Ли, Р.И. Условия формирования равномерного полимерного покрытия на наружной поверхности вращающейся цилиндрической детали [Текст] / Р.И. Ли // Клеи. Герметики. Технологии. - 2015. - №4. - С. 33-38.
12. Ли, Р.И. Технология производства металлополимерных подшипников качения [Текст] / Р.И. Ли, М.Р. Киба // Клеи. Герметики. Технологии. – 2016. – №1. – С. 29-33.
13. Рожнов, А.Б. Влияние углеродных нанотрубок на долговечность полимерных композиционных материалов [Текст]: материалы 2-ой Междунар.науч. -практ. конф. / Р.И. Ли, А.Б. Рожнов // Информационные технологии и инновации на транспорте. – Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И. С. Тургенева». - 2016. - С. 270-275.
14. Бутин, А.В. Повышение эффективности восстановления неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники полимер-полимерными композициями [Текст]: дис ... канд. техн. наук. / А.В. Бутин– Мичуринск, 2011. – 127 с.
15. Бутин, А.В. Теоретические основы обеспечения совместимости полимерных материалов [Текст]: сборник: материалы к междунар. научно-практической конф. / А.В. Бутин Р.И. Ли,; под ред. М.М. Ревякина, С.А. Зайцева // Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. - Орел: ОрелГАУ, 2013. – С. 339-342.
16. Бутин, А.В. Новый полимер-полимерный композиционный материал для фиксации деталей при ремонте машин [Текст]: материалы междунар. науч.-производственной конф. / Р.И. Ли, А.В. Бутин // Проблемы и перспективы инновационного развития животноводства. - п. Майский: БелГСХА им. В.Я. Горина. - 2013. - С. 142.
17. Бутин, А.В. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения новым полимер-полимерным композиционным материалом [Текст]: сборник науч. докладов XVII Междунар.науч.-практ. конф. / Р.И. Ли, А.В. Бутин // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В. - 2013. - С. 208-210.
18. Ли, Р.И. Деформационно-прочностные свойства клеевых соединений, выполненных перспективной полимер-полимерной композицией [Текст]: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции / Р.И. Ли, А.В. Мироненко; под общей редакцией д.т.н., проф. А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел: ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева». - 2016. - С. 265-269.
19. Кирсанов, Ф.А. Перспективный способ восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях трансмиссий автотракторной техники [Текст]: сборник научных трудов по материалам Междунар.науч. -практ. конф / Р.И. Ли, Ф.А. Кирсанов // Транспортно-технологическому комплексу – энергоэффективную альтернативу. - Воронеж: ВГЛТУ, 2016. – С. 96-100.
20. Рожнов, А.Б. Перспективный полимерный композиционный наноматериал для фиксации деталей подшипникового узла в трансмиссии автотракторной техники [Текст]: сборник научных трудов по материалам Междунар.науч. -практ. конф / Р.И. Ли, А. Б. Рожнов // Транспортно-технологическому комплексу – энергоэффективную альтернативу. - Воронеж: ВГЛТУ, 2016. – С. 515-519.
21. Ли, Р.И. Перспективный акриловый адгезив повышенной эластичности для восстановления неподвижных соединений подшипников качения в узлах машин [Текст]: сборник научных статей / Р.И. Ли, А.В. Мироненко; под общ. ред. А.Т. Лебедева // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. – Ставрополь: Агрус Ставропольского государственного аграрного университета. - 2016. - 392 с.

22. Пат. 2119420 Российская Федерация. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов [Текст] / Новиков А.Н.; 10.01.96.

23. Радченко, С.Ю. Анализ видов повреждений шаровых шарниров [Текст] / С.Ю. Радченко, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 1 (36). - С. 8-14.

24. Пат. 2147324 Российская Федерация Устройство для микродугового оксидирования колодцев корпуса шестеренного насоса [Текст] / Новиков А.Н., Кузнецов Ю.А., Хромов В.Н.; 22.03.99.

**Ли Роман Иннакентьевич**

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Транспортные средства и техносферная безопасность»

E-mail: romanlee@list.ru

**Мироненко Александр Вячеславович**

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30

Аспирант

E-mail: alexfilm91@yandex.ru

---

R.I. LI, A.V. MIRONENKO

**AUTOMOTIVE PARTS RESTORATION HULL  
POLYMER TECHNOLOGY-POLYMER COMPOSITIONS**

*Results of comparative studies of deformation, strength and adhesive properties of polymer-polymer composition based on acrylic adhesive and unfilled adhesive, and durability of the joints restored by composition are given in article. The technology of restoration of landing holes for rolling bearings in case-parts of automotive vehicles is described.*

**Key words:** rehabilitation, polymer, composition, filler, calibration.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Sovremennye problemy nauki i proizvodstva v agroinzhenierii [Текст]: учебник / Pod red. A. I. Zavrazhnova / SPb.: Lan, 2013. - 496 s.: il. - (Uchebniki dlya vuzov. Spetsial'naya literatura).

2. Kolomeychenko A.V. Tekhnologiya vosstanovleniya s uprochneniem detaley mashin na osnove primeniya mikrodugovogo oksidirovaniya [Текст] / Kolomeychenko A.V., Kravchenko I.N., Puzryakov A.F., Logachiov V.N., Titov N.V. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2014. № 10. S. 16-21.

3. ZHachkin, S.YU. Promyshlennoe primeneniye vosstanovleniya detaley sel'khoz mashin kompozitnym gal'vanicheskim pokrytiem [Текст] / S.YU. ZHachkin, N.A. Pen'kov, A.A. ZHivogin, V.V. Mikhaylov, Sidorkin O.A., Gedzenko D.V. Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 3. s. 58-62.

4. Kolomeychenko, A.V. Novye podkhody k povysheniyu resursa detaley mashinostroeniya metodami gazo-termicheskogo napyleniya nanostrukturirovannykh materialov [Текст] / A.V. Kolomeychenko, A.F. Puzryakov, I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, M.YU. Putyrskaya, A.S. Osipkov, A.A. Puzryakov // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2014. - № 6. - S. 32-35.

5. ZHachkin, S.YU. Poluchenie khromovykh pokrytiy s zadannymi svoystvami metodom gal'vanokontaktного osazhdeniya [Текст] / A.I. Boldyrev, S.YU. ZHachkin, A.A. Boldyrev, N.A. Pen'kov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2012. - T. 8. - № 12-1. - S. 12-16.

6. Kolomeychenko, A.V. Effektivnye tekhnologicheskie metody, oborudovanie i materialy dlya vosstanovleniya i uprochneniya detaley gazoplammennym napyleniem [Текст] / V.N. Korenev, A.V. Kolomeychenko // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2014. - № 6. - S. 36-39.

7. ZHachkin, S.YU. Modelirovaniye mekhanicheskogo vozdeystviya instrumenta pri poluchenii gal'vanicheskikh kompozitnykh pokrytiy [Текст]: trudy GOSNITI. / S.YU. ZHachkin, M.N. Krasnova, N.A. Pen'kov, A.I. Krasnov // 2015. - T. 120. - S. 130-134.

8. ZHachkin, S.YU. Zavisimost' ob'emnogo i sdvigovogo modulya uprugosti kompozitnykh gal'vanicheskikh pokrytiy [Текст]: trudy GOSNITI / S.YU. ZHachkin, A.A. ZHivogin, N.A. Pen'kov. - 2013. - T. 111. - № 2. - S. 164-168.

9. Kononenko, A.S. Povysheniye nadezhnosti nepodviznykh flantsevykh soedineniy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki ispol'zovaniem nanostrukturirovannykh germetikov [Текст]: dis. ... dokt. tekhn. nauk. / A.S.Kononenko. - M., 2012. - 266 s.

10. Li, R.I. Teoreticheskie aspekty povysheniya effektivnosti vosstanovleniya korpusnykh detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki kompozitsiyami na osnove elastomerov [Текст] / Li R.I., Mashin D.V. // Vestnik MichGAU. - 2013. - № 1. - S. 53-55.

11. Li, R.I. Usloviya formirovaniya ravnomernogo polimernogo pokrytiya na naruzhnoy poverkhnosti vrashchayushcheytsya tsilindricheskoy detali [Текст] / R.I. Li // Klei. Germetiki. Tekhnologii. - 2015. - №4. - S. 33-38.

12. Li, R.I. Tekhnologiya proizvodstva metallopolimernykh podshipnikov kacheniya [Tekst] / R.I. Li, M.R. Kiba // Klei. Germetiki. Tekhnologii. - 2016. - №1. - S. 29-33.
13. Rozhnov, A.B. Vliyaniye ugleodnykh nanotrubok na dolgovechnost` polimernykh kompozitsionnykh materialov [Tekst]: materialy 2-oy Mezhdunar.nauch. -prakt. konf. / R.I. Li, A.B. Rozhnov // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Orel: FGBOU VO «OGU imeni I. S. Turgeneva». - 2016. - S. 270-275.
14. Butin, A.V. Povysheniye effektivnosti vosstanovleniya nepodvizhnykh soedineniy podshipnikov kacheniya sel`skokhozyaystvennoy tekhniki polimer-polimernymi kompozitsiyami [Tekst]: dis ... kand. tekhn. nauk. / A.V. Butin-Michurinsk, 2011. - 127 s.
15. Butin, A.V. Teoreticheskie osnovy obespecheniya sovместimosti polimernykh materialov [Tekst]: sbornik: materialy k mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konf. / A.V. Butin R.I. Li,; pod red. M.M. Revyakina, S.A. Zaytseva // Osobennosti tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo osnashcheniya sovremennoy sel`skokhozyaystvennoy proizvodstva. - Orel: OrelGAU, 2013. - S. 339-342.
16. Butin, A.V. Novyy polimer-polimernyy kompozitsionnyy material dlya fiksatsii detaley pri re-monte mashin [Tekst]: materialy mezhdunar. nauch.-proizvodstvennoy konf. / R.I. Li, A.V. Butin // Problemy i perspektivy innovatsionnoy razvitiya zhivotnovodstva. - p. Mayskiy: BelGSHA im. V.YA. Gorina. - 2013. - S. 142.
17. Butin, A.V. Vosstanovlenie nepodvizhnykh soedineniy podshipnikov kacheniya novym polimer-polimernym kompozitsionnym materialom [Tekst]: sbornik nauch. dokladov XVII Mezhdunar.nauch.-prakt. konf. / R.I. Li, A.V. Butin // Povysheniye effektivnosti ispol`zovaniya resursov pri proizvodstve sel`skokhozyaystvennoy produkt-sii - novye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya rasteniyevodstva i zhivotnovodstva. - Tambov: Izd-vo Pershina R.V. - 2013. - S. 208-210.
18. Li, R.I. Deformatsionno-prochnostnye svoystva kleevykh soedineniy, vypolnennykh perspektivnoy polimer-polimernoy kompozitsiyey [Tekst]: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferen-tsii / R.I. Li, A.V. Mironenko; pod obshchey redaktsiyey d.t.n., prof. A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Orel: FGBOU VO «OGU imeni I.S. Turgeneva». - 2016. - S. 265-269.
19. Kirsanov, F.A. Perspektivnyy sposob vosstanovleniya posadochnykh otverstiy v korpusnykh detalyakh transmissiy avtotraktornoy tekhniki [Tekst]: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunar.nauch. -prakt. konf / R.I. Li, F.A. Kirsanov // Transportno-tekhnologicheskomy kompleksu - energoeffektivnyuyu al`ternativu. - Voronezh: VGLTU, 2016. - S. 96-100.
20. Rozhnov, A.B. Perspektivnyy polimernyy kompozitsionnyy nanomaterial dlya fiksatsii detaley podshipnikovogo uzla v transmissii avtotraktornoy tekhniki [Tekst]: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunar.nauch. -prakt. konf / R.I. Li, A. B. Rozhnov // Transportno-tekhnologicheskomy kompleksu - energoeffektivnyuyu al`ternativu. - Voronezh: VGLTU, 2016. - S. 515-519.
21. Li, R.I. Perspektivnyy akrilovyy adgeziv povyshennoy elastichnosti dlya vosstanovleniya nepodvizhnykh soedineniy podshipnikov kacheniya v uzlakh mashin [Tekst]: sbornik nauchnykh statey / R.I. Li, A.V. Mironenko; pod obshch. red. A.T. Lebedeva // Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK. - Stavropol': Agrus Stavropol'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2016. - 392 s.
22. Пат. 2119420 Российская Федерация. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов [Текст] / Новиков А.Н.; 10.01.96.
23. Радченко, С.Ю. Анализ видов повреждений шаровых шарниров [Текст] / С.Ю. Радченко, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 1 (36). - С. 8-14.
24. Пат. 2147324 Российская Федерация Устройство для микродугового оксидирования колодцев корпуса шестеренного насоса [Текст] / Новиков А.Н., Кузнецов Ю.А., Хромов В.Н.; 22.03.99.
23. Пат. 2119420 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh detaley iz alyuminiya i ego spлавov [Tekst] / Novikov A.N.; 10.01.96.
24. Radchenko, S.YU. Analiz vidov povrezhdeniy sharovykh sharnirov [Tekst] / S.YU. Radchenko, A.N. Novikov, A.A. Katunin, M.D. Tebekin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1 (36). - S. 8-14.
25. Пат. 2147324 Rossiyskaya Federatsiya Ustroystvo dlya mикродугового оксидирования колодцев корпуса шестеренного насоса [Текст] / Novikov A.N., Kuznetsov YU.A., Hromov V.N.; 22.03.99.

**Li Roman Innakentevich**

FGBOU VO «Lipetsk State Technical University»

Address: 398055, Russia, Lipetsk, st. Moscow, 30

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. Department «Vehicles and Technosphere safety»

E-mail: romanlee@list.ru

**Mironenko Aleksandr V'acheslavovich**

FGBOU VO «Lipetsk State Technical University»

Address: 398055, Russia, Lipetsk, st. Moscow, 30

Graduate student

E-mail: alexfilm91@yandex.ru

УДК 656.13

А.О. ВЛАСОВ, Ю.А. ЗАЯЦ

## МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА

*Разработана модель прогнозирования состояния моторного масла на основе информации о режимах работы транспортных средств в процессе эксплуатации. Поэтапно описаны взаимосвязанные наборы операций, которые позволяют в реальном масштабе времени определять его фактическое техническое состояние.*

**Ключевые слова:** моторное масло, прогноз технического состояния, замена моторного масла по состоянию, сбор сведений о режимах работы, остаточный ресурс.

Необходимость в строгой экономии энергетических ресурсов обуславливает поиск новых подходов к определению рациональных периодов замены моторных масел (далее – масел) по их фактическому состоянию. Сегодня периодичность замены масел устанавливается заводом-изготовителем по результатам многочисленных дорожных тестов. Однако эти тесты проводятся в идеальных условиях эксплуатации и с соблюдением всех норм и правил, изложенных в соответствующей эксплуатационной документации. На практике установленная заводом-изготовителем периодичность может существенно отличаться, даже несмотря на корректировку периодичности с помощью коэффициентов, которые установлены действующим Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [18]. В настоящее время управление технической готовностью транспортных средств базируется на существующей планово-предупредительной системе ТО и Р [12], переход от которой к ремонту по техническому состоянию идет крайне медленно и сопряжен с наукоемкими исследованиями [11, 12, 16]. Предлагаемая система управления техническим состоянием транспортных средств гармонично описывается существующими (недиагностическими) параметрами системы [5, 13].

Вопросы повышения конкурентоспособности изделий, повышение эффективности их сопровождения на различных стадиях жизненного цикла (ЖЦ), развитие концепции эксплуатации изделий являются актуальными и находят отражение не только в научных исследованиях, (в частности работы авторов [19, 20]), но и в нормативных документах [7].

Материал данной статьи основывается на задаче установления взаимосвязи между значениями наработки на скомбинированных интервалах эксплуатационных параметров (частота вращения коленчатого вала двигателя  $n$ , об/мин, температура охлаждающей жидкости  $t_{о.ж}$ , нагрузка двигателя  $P$ , %), определяющих режим работы двигателя, и диагностическим параметром (диэлектрическая проницаемость масла  $\epsilon$ ), решение которой позволяет прогнозировать остаточный ресурс масла.

Структура концептуальной модели прогнозирования состояния масла делится на четыре этапа, которые выполняются последовательно:

- этап 1. «Подготовка»;
- этап 2. «Статистика»;
- этап 3. «Анализ»;
- этап 4. «Прогноз».

Этап «Подготовка» подразумевает составление начальных форм для перехода от статистических данных к решению системы линейных уравнений.

Для реализации данного этапа проводится ряд последовательных шагов:

1) Разделение диапазонов эксплуатационных параметров на интервалы и определение их размерностей.

Каждый эксплуатационный параметр имеет собственную величину, значения которой изменяются в определенном диапазоне. Данный диапазон ограничен с двух сторон минимальным ( $min$ ) и максимальным ( $max$ ) значениями. Это связано как с конструктивными осо-



бенностями, так и с различными ограничениями, заложенными в принципы функционирования составных частей транспортного средства (ТС).

Количество интервалов и их размерность определяется индивидуально для каждого эксплуатационного параметра в зависимости:

- от степени влияния эксплуатационного параметра на износ;
- рабочего интервала (интервала, значения которого эксплуатационный параметр принимает чаще остальных).

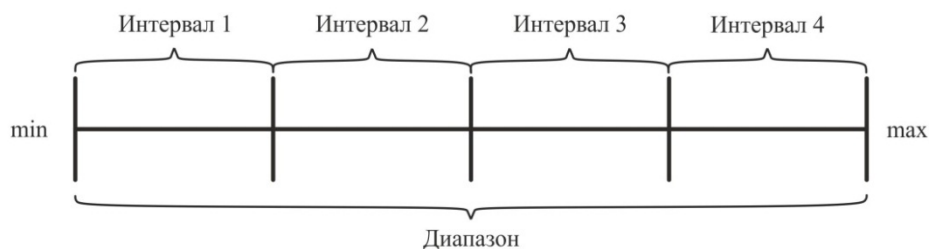


Рисунок 1 – Разделение структурного параметра

Степень влияния эксплуатационного параметра на износ определяется по одноименным графикам из литературных источников [1, 2, 14, 15], которые были получены благодаря многочисленным исследованиям. Так, например, из источника [15] по графику влияния нагрузки двигателя ( $P$ ) на износ известно, что взаимосвязь имеет линейную природу и выражается в следующем: чем больше нагрузка двигателя, тем выше показатель износа.

Рабочие интервалы определяются по данным из эксплуатационной документации на ТС или путем логических умозаключений. Так, например, известно, что рабочий интервал температуры охлаждающей жидкости ( $t_{ож}$ ) находится в пределах от 85 °С (зона открытия термостата) до 104 °С (зона включения принудительного охлаждения).

Благодаря вышеизложенной информации выбираются оптимальные интервалы и их размерности, при этом учитывается влияние эксплуатационного параметра на износ и уделяется дополнительное внимание зонам рабочих интервалов. Механизм определения размерности и количества интервалов требует отдельного исследования, однако на этапе исследований значение целесообразно выбрать 3-4 интервала.

2) Комбинирование интервалов.

В связи с тем, что износ имеет комплексную природу и зависит сразу от нескольких эксплуатационных параметров, их интервалы целесообразно представить в виде режимов.

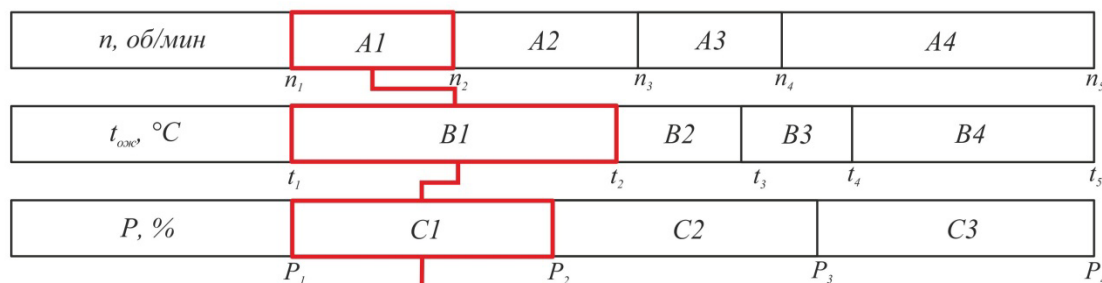


Рисунок 2 – Комбинирование интервалов эксплуатационных параметров

На рисунке 2 представлен пример комбинирования интервалов (далее – режим работы). Режимы обозначены поочередно буквами английского алфавита (показывает принадлежность к эксплуатационному параметру) и цифрами (показывает принадлежность к интервалу). В случае четырьмя параметрами первая комбинация имеет следующую кодировку  $A1, B1, C1, D1$  и соответствует интервалам  $A1 [n_1: n_2), B1 [t_1: t_2), C1 [P_1: P_2), D1 [V_1: V_2)$ , вторая –  $A1, B1, C1, D2$ , третья –  $A1, B1, C1, D3$ , четвертая –  $A1, B1, C2, D1$ , и так далее, пока не будут подобраны все варианты. Количество режимов зависит от количества эксплуатационных параметров и их разбиения на интервалы.

Если количество интервалов во всех параметрах совпадает, то количество режимов рассчитывается по формуле:

$$F = m^k, \quad (1)$$

где  $m$  – количество интервалов;

$k$  – количество эксплуатационных параметров.

Если количество интервалов в эксплуатационных параметрах не совпадают, то количество режимов рассчитывается по формуле:

$$F = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n, \quad (2)$$

где  $m_1, m_i, m_n$  – количество интервалов после разбиения  $i$  – го параметра;

$n$  – количество эксплуатационных параметров.

Формулы (1) и (2) применяются совместно, если возникают оба случая.

Этап «Статистика» подразумевает сбор информации о параметрах (статистические данные), которые характеризуют режим работы ТС, и диагностическом параметре (диэлектрическая проницаемость масла ( $\varepsilon$ )).

В качестве эксплуатационных параметров [5] для определения изменений в составе масла приняты:

-частота вращения коленчатого вала двигателя ( $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ );

-температура охлаждающей жидкости ( $t_{ож}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ );

-нагрузка двигателя ( $P$ , %).

Источником необходимой информации о значениях данных параметров являются контрольно-измерительные приборы (датчики), которыми уже оборудовано ТС. Сканирование сигналов с датчиков (с интервалом в одну секунду), их последующая конвертация в привычный формат данных и хранение осуществляется с помощью диагностического записывающего сканера (Crecorder, Cropbox, Foxwell, Carrunningdatarecorder или иное подобное оборудование) через порт системы OBDII. В России практически все автомобили, выпускаемые с 2002 года, оснащаются системой OBDII [17].

Согласно работам [3, 4, 8, 9] диагностический параметр диэлектрической проницаемости масла можно использовать в качестве интегрального браковочного показателя характеризующего комплексные изменения показателей в составе масла. Для получения значения данного параметра производится отбор проб масла. Данные пробы отбираются несколько раз на протяжении периода эксплуатации нового масла (от замены до замены). Периодичность отбора проб масла зависит от количества режимов и количества испытуемых ТС, при этом количество ТС в подконтрольной группе должно быть достаточно для формирования объемной выборки. Периодичность рассчитывается по формуле:

$$H = \frac{L}{(F/T)}, \quad (3)$$

где  $L$  – периодичность замены масла (по эксплуатационной документации);

$F$  – количество комбинаций;

$T$  – количество ТС в подконтрольной группе.

Измерения диэлектрической проницаемости  $\varepsilon$  исследуемого масла производится посредством резонансного метода, основные принципы и особенности применения которого изложены в работе [10].

На первый этап накладываются следующие требования:

– ТС подконтрольной группы должны быть одной типовой конструкции, полностью работоспособны и иметь схожий или с незначительными отклонениями общий пробег;

– за время сбора статистических данных пополнение уровня масла допускается только при условии предварительного сбора проб масла до пополнения с соответствующими значениями параметров и после пополнения (пополнение уровня масла нежелательно в виду понижения значения показателя  $\varepsilon$ );

– масло, которое применяется на ТС должно быть одной марки и производителя.

Этап для каждого ТС реализуется в следующей последовательности:

1) В двигатель заливается новое масло с соблюдением технологии его замены, при которой необходимо после заливки нового масла кратковременно запустить двигатель,

проверить его на герметичность и после остановки выждать время пока масло стечет обратно в картер. Проверить и если необходимо долить масло до установленного эксплуатационной документацией уровня.

2) Отбирается первая проба масла в специальную емкость с пометкой первого замера.

3) В порт с разъемом OBDII устанавливается диагностический записывающий сканер и проверяется его работоспособность по индикатору на его корпусе. ТС отправляется на эксплуатацию.

4) Руководствуясь рассчитанной периодичностью  $H$  через определенный промежуток времени:

– отбирается проба масла в специальную емкость с пометкой, соответствующей номеру замера;

– на внешний жесткий диск записываются данные с диагностического записывающего сканера (табл. 1) и сохраняются в папку с пометкой, соответствующей номеру замера.

Таблица 1 – Статистические данные с диагностического записывающего сканера

Номер ( $N$ )	Частота вращения коленчатого вала двигателя ( $n$ , об/мин)	Температура охлаждающей жидкости ( $t_{ожж}$ , °C)	Нагрузка двигателя ( $P$ , %)
1	$n_1$	$t_{ожж1}$	$P_1$
2	$n_2$	$t_{ожж2}$	$P_2$
...	...	...	...
$N$	$n_n$	$t_{ожжn}$	$P_n$

5) По достижению периода замены масла, емкости с пробами подвергаются лабораторным исследованиям, в которых выявляются показатели  $\epsilon$  для каждой пробы масла.

6) Все собранные статистические данные обрабатываются на этапе «Анализ».

Этап «Анализ» подразумевает регистрацию факта попадания значений эксплуатационных параметров на соответствующие комбинации с целью формирования системы линейных уравнений и ее решения.

Все эксплуатационные параметры каждую секунду принимают значения, которые соответствуют одной из комбинаций. В связи с этим значения параметров проходят через специальный алгоритм. Алгоритм каждую секунду проверяет, совпадают ли значения параметров со значениями скомбинированных интервалов – режимов работы, и записывает для комбинаций интервалов число таких совпадений. Так как данные записаны с интервалом в одну секунду, число совпадений соответствует наработке по времени на комбинациях.

Переход осуществляется следующим образом:

1) Отбираются статистические данные по эксплуатационным параметрам, которые соответствуют одному замеру, т.е. те значения, которые объединены одним (выходным) значением диэлектрической проницаемости.

2) Алгоритм проверяет строку таблицы со статистическими данными, включающую значения эксплуатационных параметров. Каждая строка соответствует значениям, которые были получены с интервалом в одну секунду.

3) Алгоритм ищет принадлежность каждого из значений эксплуатационных параметров внутри одной строки таблицы к значениям комбинаций.

4) После определения подходящей комбинации алгоритм записывает в счет данной комбинации одну секунду наработки (т.е. если комбинация уже имеет какое-то значение, то к этому значению прибавляется еще одна секунда).

5) Алгоритм повторяется до тех пор, пока все строки таблицы не будут проверены.

6) После проверки окончательно сформируется таблица с наработкой по времени на комбинациях интервалов (факторов).

8) Далее переходу подвергаются и другие статистические данные по эксплуатационным параметрам, которые соответствуют другим замерам.

В связи с громоздкостью полученных значений наработки и для облегчения дальнейших вычислений данные нормируются. Каждое значение строк (соответствуют одному заме-

ру, т.е. тем значениям, которые объединены одним (выходным) значением диэлектрической проницаемости) с наработками нормируется по следующей формуле:

$$a_{ij}^H = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad (4)$$

где  $a_{ij}^H$  – нормированный показатель наработки в одной ячейке строки;

$a_{ij}$  – значение наработки (фактор) в одной ячейке строки;

$i$  – номер строки, которая соответствует номеру замера и показанию диэлектрической проницаемости;

$j$  – номер столбца, который соответствует каждому режиму работы.

Значения диэлектрической проницаемости  $\varepsilon$  переводятся в значения изменения диэлектрической проницаемости  $\Delta \varepsilon$ , соответствующие номерам замеров, по формуле:

$$\Delta \varepsilon_n = \frac{\varepsilon_{n+1}}{\varepsilon_n}, \quad (5)$$

где  $n$  – номер замера.

После нормирования значений наработки и перевода значений диэлектрической проницаемости формируется таблица с факторами уравнений и соответствующими свободными членами (значениями изменения диэлектрической проницаемости) (табл. 2). Для сокращения, кодировки комбинаций записаны в упрощенном виде и имеют последовательную нумерацию, например комбинация  $A1, B1, C1$  обозначается буквой  $c_1$ , а нижний индекс обозначает номер комбинации.

Таблица 2 – Сформированные факторы и свободные члены уравнений

№ Замера	Комбинации				$\Delta \varepsilon$
	$c_1$	$c_2$	...	$c_n$	
1	$a_{11}^H$	$a_{12}^H$	...	$a_{1n}^H$	$\Delta \varepsilon_1$
2	$a_{21}^H$	$a_{22}^H$	...	$a_{2n}^H$	$\Delta \varepsilon_2$
...	...	...	...	...	...
$n$	$a_{m1}^H$	$a_{m2}^H$	...	$a_{mn}^H$	$\Delta \varepsilon_n$

Для дальнейших расчетов на основе данных из таблицы формируется система линейных уравнений с неизвестным коэффициентом  $k$ :

$$\begin{cases} k_1 a_{11}^H + k_2 a_{12}^H + \dots + k_n a_{1n}^H = \Delta \varepsilon_1 \\ k_1 a_{21}^H + k_2 a_{22}^H + \dots + k_n a_{2n}^H = \Delta \varepsilon_2 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ k_1 a_{m1}^H + k_2 a_{m2}^H + \dots + k_n a_{mn}^H = \Delta \varepsilon_n \end{cases} \quad (6)$$

Решение полученной системы линейных уравнений производится матричным методом. Данный метод позволяет решить систему через обратную матрицу и состоит в следующем:

1) Система линейных уравнений переписывается в матричную форму:

$$A \cdot K = \Delta E \Leftrightarrow \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \dots \\ k_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta \varepsilon_1 \\ \Delta \varepsilon_2 \\ \dots \\ \Delta \varepsilon_n \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где  $A$  – основная матрица системы (значения факторов);

$K$  – столбец решений системы (неизвестных коэффициентов);

$\Delta E$  – столбец свободных членов.

2) Вычисляется определитель основной матрицы системы  $|A|$  и проверка того, что он отличен от нуля  $|A| \neq 0$ .

3) Определяется матрица, обратная основной:

$$A^{-1} = \frac{1}{|A|} \cdot A^T, \quad (8)$$

где  $A^T$  – транспонированная матрица.

4) Определяются неизвестные коэффициенты:

$$K = A^{-1} \cdot \Delta E. \quad (9)$$

Решение системы линейных уравнений и нахождение коэффициентов являются завершающими действиями формирования инструмента прогнозирования ресурса масла, которое рассмотрено на заключительном этапе.

Этап «Прогноз» затрагивает многие аспекты, которые были рассмотрены на других этапах за исключением сбора данных о значении диэлектрической проницаемости и нахождения обратной матрицы. Таким образом, этап подразумевает сбор информации у ТС, для которого осуществляется прогноз, приведение данных в надлежащую форму и расчет остаточного ресурса масла.

На данный этап накладываются следующие ограничения:

- ТС, для которых осуществляется прогноз, должны быть одной типовой конструкции и иметь схожий или с незначительными отклонениями общий пробег с ТС подконтрольной группы, а также должны быть полностью работоспособны;

- масло, которое применяется на ТС должно быть одной марки и производителя.

Этап реализуется в следующей последовательности:

1) В разъем OBDII ТС, для которого требуется прогноз, устанавливается диагностический записывающий сканер и проверяется его работоспособность по индикатору на его корпусе. ТС отправляется на эксплуатацию до момента наступления первой наработки, которая соответствует периодичности  $H$  (рассчитана для ТС подконтрольной группы).

2) Записанные с помощью диагностического сканера статистические данные формируют таблицу, которая обрабатывается с помощью алгоритма (переход от статистических данных к таблице наработки по времени), описанного на этапе «Статистика». Полученные таким образом значения наработки по времени на комбинациях нормируются для придания значениям вида факторов.

3) Из нормированных значений составляется уравнение прогнозирования изменения показателя диэлектрической проницаемости за расчетную периодичность  $H$ :

$$\Delta \varepsilon'_H = k_1 a'_1 + k_2 a'_2 + \dots + k_n a'_n \quad (10)$$

где  $a'_n$  – значения факторов;

$k_n$  – коэффициенты;

$\Delta \varepsilon'_H$  – значение изменения диэлектрической проницаемости за расчетную периодичность  $H$ .

Уравнение решается путем подстановки значений коэффициентов, полученных на этапе «Анализ». Таким образом, после решения уравнения, известно значение изменения диэлектрической проницаемости, которая будет соответствовать принятому режиму работы ТС за промежуток времени  $H$ .

4) На заключительном шаге определяется время, через которое необходимо заменить масло, в связи с тем, что показатель его диэлектрической проницаемости принимает максимально допустимое значение, при котором дальнейшая эксплуатация масла нецелесообразна.

Данная концептуальная модель прогнозирования состояния моторного масла на основе четырех самостоятельных этапов в полной мере раскрывает возможности замены масла по его техническому состоянию. При этом для определения состояния у прогнозируемых ТС не требуется наличие сложного диагностического оборудования и устройств бортовой диагностики. Компактное устройство в виде сканера использует данные с датчиков, которыми с завода оборудованы ТС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакунов, А.С. Техника транспорта. Обслуживание и ремонт [Текст]: курс лекций / А.С. Бакунов. – Омск: СибАДИ, 2009. – 80 с.
2. Бурячко, В.Р. Силовые установки и системы электрооборудования армейской автомобильной техники [Текст] / В.Р. Бурячко, П.М. Белов, В.А. Коровин и др. - Ленинград: ВАТТ, 1980. – 440 с.
3. Власов, Ю.А. Анализ влияния внешних факторов на диэлектрическую проницаемость работающего масла [Текст] / Ю.А. Власов // Современные проблемы 39 науки и образования. – 2013. – № 6.
4. Власов, Ю.А. Метод диагностирования карьерных автосамосвалов по изменению диэлектрической проницаемости среды работающего масла [Текст] / Ю.А. Власов, Э.И. Удлер, Н.Т. Тищенко, С.А. Земляной, Р.Ю. Таньков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8 (часть 6). – С. 1307–1311.

5. Гайдар, С.М. Подходы к определению технического состояния транспортных средств [Текст] / С.М. Гайдар, Ю.А. Заяц, Т.М. Заяц, А.О. Власов // Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника. – 2015. – №5.
6. ГОСТ 18322–78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения [Текст].
7. ГОСТ Р 53393–2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения [Текст].
8. Григоров, А.Б. Диэлектрические свойства моторных масел [Текст] / А.Б. Григоров, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт. – 2009. – №25.
9. Григоров, А.Б. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации [Текст] / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт. - Х.: ХНАДУ. - 2007. - №20. - С. 95-97.
10. Григоров, А.Б. Диэлектрическая проницаемость, как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации [Текст] / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, С.А. Слободской // Вестник НТУ «ХПИ». – 2006. – №25. – С. 169-175.
11. Гунба, В.С. Моделирование организации и технологии ремонта по техническому состоянию дизелей КамАЗ [Текст] / В.С. Гунба, А.О. Власов // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта. – Тула: ФГОУ ВПО «ТулГУ». - 2014.
12. Гунба, В.С. Модель и методика обоснования технологических процессов ремонта по техническому состоянию двигателей автомобильной техники [Текст] / В.С. Гунба, С.С. Кутовой // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – № 2. - С. 23-29.
13. Заяц, Ю.А. Информационный подход к мониторингу технического состояния транспортных средств [Текст]: сб. науч. трудов по материалам Международной науч.-практ. конф. / А.О. Власов, Т.М. Заяц, Ю.А. Заяц, Н.Е. Коледов // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж: ФГОУ ВПО «ВГЛТА». - 2014. - С. 86-88.
14. Клименко, Л.П. Теоретические основы и технологии создания узлов машин с переменной износостойкостью [Текст]: дис. ... д-ра.техн. наук: 05.02.04 / Клименко Леонид Павлович. - Николаев, 2002. – 335 с.
15. Кузьмин, Н.А. Процессы и закономерности изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации [Текст]: учебное пособие / Н.А. Кузнецов. - Нижний Новгород, 2002. – 208 с.
16. Медведев, В.М Развитие концепции эксплуатации изделий [Текст] / В.М. Медаев, В.И. Мищенко, Н.Г. Солоха // Вестник ОГУ: технические науки. - 2008. - №85. - С.149-157.
17. Обзор автомобилей российского производства с OBDII [электронный ресурс]. – 2013. URL: <http://chiptuning.com/2013/08/05/avtomobili-rossijskogo-proizvodstva-ispolzuyushhie-standart-obdii/> (дата обращения: 5.05.2016).
18. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Текст] / — М.: Транспорт, 1986.
19. Смоляк, С.А. Модели оценки износа машин и оборудования [Текст]: сборник статей / С.А. Смоляк // Анализ и моделирование экономических процессов. - М.: ЦЭМИ РАН. – 2008. - Вып. 5. – С. 22-50.
20. Судов, Е.В. Повышение конкурентоспособности отечественной продукции военного назначения за счет применения технологий интегрированной логистической поддержки и каталогизации [Текст] / А.И. Левин, А.Н. Бриндинов, П.М. Елизаров, А.В. Петров, Н.И. Незаленов, А.В. Карташев // Альманах «Россия: Союз технологий»: Спец-й выпуск: «Каталогизация продукции – новый этап развития». – М. – 2012. - С. 10-20.
21. Пат. 2147324 Российская Федерация Устройство для микродугового окисления колодцев корпуса шестеренного насоса [Текст] / Новиков А.Н., Кузнецов Ю.А., Хромов В.Н.; 22.03.99.

**Власов Андрей Олегович**

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова  
Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. Генерала армии В. Ф. Маргелова, д. 1  
аспирант факультета коммуникаций и автомобильного транспорта  
E-mail: betelsteon@gmail.com

**Зяец Юрий Александрович**

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова  
Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. Генерала армии В. Ф. Маргелова, д. 1  
Д-р техн. наук, профессор, декан факультета коммуникаций и автомобильного транспорта  
E-mail: sajua@yandex.ru

---

A.O. VLASOV, Yu.A. ZAYATS

## **THE MODEL OF PREDICTION ENGINE OIL CONDITION**

*The article describes a model developed for predicting the condition of the engine oil based on information about the operating modes of vehicles in the process of exploitation. The interrelated sets of operations, which allow to determine its actual technical condition in real time, are described step by step.*

*Keywords: engine oil, prediction of technical condition, replacement of engine oil according to its condition, gathering information about operating modes, residual resource.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Bakunov, A.S. Tekhnika transporta. Obsluzhivanie i remont [Tekst]: kurs lektsiy / A.S. Bakunov. - Omsk: SibADI, 2009. - 80 s.
2. Buryachko, V.R. Silovye ustanovki i sistemy elektrooborudovaniya armeyskoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V.R. Buryachko, P.M. Belov, V.A. Korovin i dr. - Leningrad: VATT, 1980. - 440 s.
3. Vlasov, YU.A. Analiz vliyaniya vneshnikh faktorov na dielektricheskuyu pronitsaemost' rabotayushchego masla [Tekst] / YU.A. Vlasov // Sovremennyye problemy 39 nauki i obrazovaniya. - 2013. - № 6.
4. Vlasov, YU.A. Metod diagnostirovaniya kar'ernykh avtosamosvalov po izmeneniyu dielektricheskoy pronitsaemosti sredey rabotayushchego masla [Tekst] / YU.A. Vlasov, E.I. Udler, N.T. Tishchenko, S.A. Zemlyanoy, R.YU. Tan'kov // Fundamental'nye issledovaniya. - 2013. - № 8 (chast' 6). - S. 1307-1311.
5. Gaydar, S.M. Podkhody k opredeleniyu tekhnicheskogo sostoyaniya transportnykh sredstv [Tekst] / S.M. Gaydar, YU.A. Zayats, T.M. Zayats, A.O. Vlasov // Gruzovik: transportnyy kompleks, spetstekhnika. - 2015. - №5.
6. GOST 18322-78. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Terminy i opredeleniya [Tekst].
7. GOST R 53393-2009. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Osnovnye polozheniya [Tekst].
8. Grigorov, A.B. Dielektricheskie svoystva motornykh masel [Tekst] / A.B. Grigorov, I.S. Naglyuk // Avtomobil'nyy transport. - 2009. - №25.
9. Grigorov, A.B. Izmenenie dielektricheskoy pronitsaemosti dizel'nykh motornykh masel v ekspluatatsii [Tekst] / A.B. Grigorov, P.V. Karnozhitskiy, I.S. Naglyuk // Avtomobil'nyy transport. - H.: HNADU. - 2007. - №20. - S. 95-97.
10. Grigorov, A.B. Dielektricheskaya pronitsaemost', kak kompleksnyy pokazatel', kharakterizuyushchiy izmenenie kachestva motornykh masel v protsessii ikh ekspluatatsii [Tekst] / A.B. Grigorov, P.V. Karnozhitskiy, S.A. Slobodskoy // Vestnik NTU «HPI». - 2006. - №25. - S. 169-175.
11. Gunba, V.S. Modelirovanie organizatsii i tekhnologii remonta po tekhnicheskomu sostoyaniyu dizeley KamAZ [Tekst] / V.S. Gunba, A.O. Vlasov // Problemy issledovaniya sistem i sredstv avtomobil'nogo transporta. - Tula: FGOU VPO «TuLGU». - 2014.
12. Gunba, V.S. Model' i metodika obosnovaniya tekhnologicheskikh protsessov remonta po tekhnicheskomu sostoyaniyu dvigateley avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V.S. Gunba, S.S. Kutovoy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - № 2. - S. 23-29.
13. Zayats, YU.A. Informatsionnyy podkhod k monitoringu tekhnicheskogo sostoyaniya transportnykh sredstv [Tekst]: sb. nauch. trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. / A.O. Vlasov, T.M. Zayats, YU.A. Zayats, N.E. Koledov // Alternativnye istochniki energii na avtomobil'nom transporte: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - Voronezh: FGOU VPO «VGLTA». - 2014. - S. 86-88.
14. Klimenko, L.P. Teoreticheskie osnovy i tekhnologii sozdaniya uzlov mashin s peremennoy iznosostoykost'yu [Tekst]: dis. ... d-ra. tekhn. nauk: 05.02.04 / Klimenko Leonid Pavlovich. - Nikolayev, 2002. - 335 s.
15. Kuz'min, N.A. Protsessy i zakonomernosti izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley v ekspluatatsii [Tekst]: uchebnoe posobie / N.A. Kuznetsov. - Nizhniy Novgorod, 2002. - 208 s.
16. Medvedev, V.M. Razvitie kontseptsii ekspluatatsii izdeliy [Tekst] / V.M. Medvedev, V.I. Mishchenko, N.G. Solokha // Vestnik OGU: tekhnicheskie nauki. - 2008. - №85. - S.149-157.
17. Obzor avtomobiley rossiyskogo proizvodstva s OBDII [elektronnyy resurs]. - 2013. URL: <http://chiptuning.com/2013/08/05/avtomobili-rossiyskogo-proizvodstva-ispolzuyushhie-standart-obdii/> (data obrashcheniya: 5.05.2016).
18. Polozhenie o tekhnicheskoy obsluzhivaniy i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta [Tekst] / - M.: Transport, 1986.
19. Smolyak, S.A. Modeli otsenki iznosa mashin i oborudovaniya [Tekst]: sbornik statey / S.A. Smolyak // Analiz i modelirovanie ekonomicheskikh protsessov. - M.: TSEMI RAN. - 2008. - Vyp. 5. - S. 22-50.
20. Sudov, E.V. Povyshenie konkurentosposobnosti otechestvennoy produktsii voennogo naznacheniya za schet primeneniya tekhnologiiy integrirovannoy logisticheskoy podderzhki i katalogizatsii [Tekst] / A.I. Levin, A.N. Brindikov, P.M. Elizarov, A.V. Petrov, N.I. Nezalenev, A.V. Kartashev // Al'manakh «Rossiya: Soyuz tekhnologii»: Spets-y vypusk: «Katalogizatsiya produktsii - novyy etap razvitiya». - M. - 2012. - S. 10-20.
21. Pat. 2147324 Rossiyskaya Federatsiya Ustroystvo dlya mikrodugovogo oksidirovaniya kolodtsev korpusa shesterennogo nasosa [Tekst] / Novikov A.N., Kuznetsov YU.A., Hromov V.N.; 22.03.99.

### **Vlasov Andrey Olegovich**

RyazanHigherAirborneCommandSchool

Russia, Ryazan, MargelovSg 1

Post-graduate student of the Communication and Automobile Transport Faculty,

E-mail: betelsteon@gmail.com

### **Zayats Yuriy Aleksandrovich**

Ryazan Higher Airborne Command School

Russia, Ryazan, MargelovSg 1

Doctor of technical sciences, professor Dean of the Communication and Automobile Transport Faculty

E-mail: sajua@yandex.ru

УДК 629.113

Ю.В. БАЖЕНОВ, В.П. КАЛЕНОВ

## СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭСУД В ЭКСПЛУАТАЦИИ

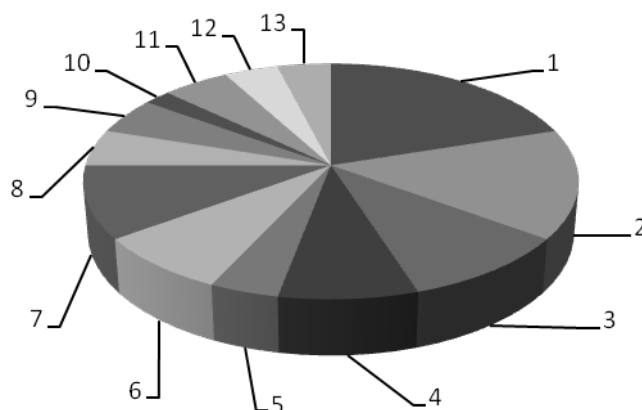
Приведены результаты исследований, направленных на повышение надежности функционирования электронных систем управления двигателем в эксплуатации. Выявлены основные неисправности ЭСУД и их влияние на работу двигателя. Обоснован выбор диагностических параметров для оценки технического состояния ЭСУД и их нормативных значений, которые являются необходимыми элементами в системе обеспечения работоспособности системы.

**Ключевые слова:** ЭСУД, конструктивный элемент, техническое состояние, диагностирование, параметр, работоспособность, наработка, методика.

Современные двигатели внутреннего сгорания оборудуются электронными системами управления (ЭСУД), которые предназначены для обеспечения высоких технико-экономических показателей работы ДВС с соблюдением жестких экологических требований по выбросам вредных веществ в окружающую среду. ЭСУД оптимизирует состав рабочей смеси на различных режимах работы двигателя, дозирование ее подачи в цилиндры двигателя и воспламенение.

В процессе эксплуатации в элементах ЭСУД возникают различного рода повреждения: изнашивание подвижных частей исполнительных элементов, загрязнение и старение чувствительных элементов датчиков, изменение их свойств и электрических характеристик, окисление контактов электропроводки и т.д. Накопление таких повреждений, их несвоевременное устранение приводит к возникновению различных неисправностей и отказов в ЭСУД.

На рис. 1 представлены результаты исследований эксплуатационной надежности конструктивных элементов ЭСУД 1.6 THP Turbo Tiptronic (110 кВт.), выполненных на базе дилерского центра по обслуживанию автомобилей Peugeot (г. Владимир).



**Рисунок 1 - Диаграмма распределения основных неисправностей электронных систем управления двигателями 1.6 THP Turbo Tiptronic (110 кВт) автомобилей Peugeot: 1 – электронный термостат (20%); 2 – свеча зажигания (15%); 3 – электромагнитный клапан системы изменения фаз газораспределительного механизма (ГРМ) (10%); 4 – катушка зажигания (8%); 5 – форсунка (4%); 6 – электронная дроссельная заслонка (8%); 7 – кислородный датчик (10%); 8 – электронасос охлаждения турбокомпрессора (5%); 9 – электронный клапан управления давлением наддува (5%); 10 – электронный клапан аварийного сброса давления наддува (2%); 11 – каталитический нейтрализатор (5%); 12 – датчик давления наддува (4%); 13 – электродвигатель системы изменения подъема клапанов ГРМ (4%)**



Как видно из диаграммы наиболее распространенной неисправностью данной ЭСУД является отказ электронного термостата (20%). Этот дефект связан с низким качеством материала применяемого в качестве уплотнителя датчика температуры охлаждающей жидкости, встроенного в термостат.

На отказы свечей зажигания приходится 15% от общего количества отказов. В большинстве случаев их отказ связан с использованием топлива низкого качества, либо нарушением периодичности проведения ТО. Отказ электромагнитного клапана системы изменения фаз газораспределения чаще всего возникает из-за загрязнения металлическими частицами, содержащимися в моторном масле. Неисправности кислородных датчиков и каталитического нейтрализатора вызваны, в основном, низким качеством используемого топлива. В целом на отказы элементов ЭСУД приходится до 38% всех отказов двигателя.

Повреждения конструктивных элементов ЭСУД существенным образом влияют на работу двигателя, ухудшают его технико-экономические характеристики, вызывают полную или частичную потерю им работоспособности. Выполненные в режиме активного эксперимента исследования степени влияния отказов конструктивных элементов ЭСУД на основные параметры работы двигателя, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние отказов элементов ЭСУД на основные параметры работы двигателя

Подсистема ЭСУД	Отказавший элемент	Изменение параметра			
		Снижение мощности, %	Увеличение расхода топлива, %	Увеличение выбросов вредных веществ, %	
				СО	СН
1	2	3	4	5	6
Питания топливом	1. Датчик температуры охлаждающей жидкости	15	13	16	17
	2. Электромагнитная топливная форсунка	25	20	5	7
	3. Кислородный датчик	15	20	20	18
	4. Каталитический нейтрализатор	15	10	25	28
	5. Топливный насос низкого давления	100	–	–	–
	6. Топливный насос высокого давления	80	20	10	8
	7. Датчик давления топлива	30	15	10	12
Поддачи воздуха	8. Электромагнитный клапан регулирования давления наддува	30	20	12	8
	9. Датчик давления воздуха	20	10	12	8
	11. Электронная дроссельная заслонка	90	-	-	-
	12. Электронасос охлаждения турбокомпрессора	5	-	-	-
Изменения фаз газораспределительного механизма	13. Электромагнитный клапан системы изменения фаз ГРМ	10	10	4	4
	14. Электродвигатель системы изменения высоты подъема клапанов ГРМ	85	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Зажигания	15. Свеча зажигания	25	20	27	29
	16. Катушка зажигания	25	20	27	29
	17. Датчик детонации	5	5	4	3
	18. Датчик положения коленчатого вала	100	-	-	-
	19. Датчик положения распределительного вала	10	5	2	2
Прочие элементы ЭСУД	20. ЭБУД	100	-	-	-

Анализ приведенных в таблице результатов исследований показывает, что при отказах топливного насоса низкого давления, датчика положения коленчатого вала и блока управления (ЭБУД) двигатель полностью теряет свою работоспособность, так как блокируется подача топлива, в результате чего запуск двигателя невозможен. При возникновении неисправностей электронной дроссельной заслонки или электродвигателя системы изменения высоты подъема клапанов запуск ДВС возможен, однако развиваемая им мощность настолько мала, что автотранспортное средство не может самостоятельно двигаться и требуется помощь эвакуатора.

В результате отказов какого-либо из датчиков, топливной форсунки, каталитического нейтрализатора, свечи или катушки зажигания работоспособность двигателя сохраняется, но характеристики его работы существенно ухудшаются: до 30% снижается мощность двигателя, от 10 до 20% увеличивается расход топлива и от 8 до 29% выброс вредных веществ в окружающую среду.

Исследования по эксплуатационной надежности ЭСУД, влияние ее технического состояния на технико-экономические характеристики двигателя показывают, что задача обеспечения требуемого уровня надежности этих систем в эксплуатации достаточно актуальна.

Для поддержания электронных систем управления двигателя в работоспособном состоянии необходимо регулярное проведение контрольно-диагностических работ по оценке их технического состояния. Однако в принятом регламенте ТО операции контроля состояния ЭСУД на станциях технического обслуживания автомобилей отсутствуют. При проведении регламентных работ ТО проводится лишь проверка кодов возникших неисправностей, хранящихся в памяти электронного блока управления, и только при их наличии осуществляются контрольно-диагностические операции в соответствии с рекомендациями завода изготовителя. При отсутствии кодов неисправностей в памяти блока ЭСУД признается технически исправной и дополнительные проверки не проводятся.

Но, как показывает практика и выполненные исследования, только по отсутствию кодов ошибок некорректно делать вывод о том, что система исправна. В ней могут быть скрытые неисправности, которые проявятся при дальнейшей эксплуатации автомобиля. Бортовая система самодиагностики автомобиля не может их выявить, так как блок управления заносит в свою память код неисправности только при выходе какого-либо диагностического параметра из заданного в программе нормативного интервала.

Современная ЭСУД включает в себя несколько десятков конструктивных элементов, поэтому контролировать состояние каждого из них при проведении регламентного ТО автомобиля экономически нецелесообразно. Для снижения трудоемкости контрольно-диагностических работ рекомендуется разбить ЭСУД на 4 подсистемы, техническое состояние каждой из которых оценивается одним комплексным диагностическим параметром:

- питания топливом – отклонением давления топлива в рампе  $P_{дт}$ , бар;
- подачи воздуха – отклонением давления воздуха во впускном коллекторе  $P_{дв}$ , мбар;

- изменения фаз ГРМ – отклонением положения фазорегулятора впускного распределительного вала  $\varphi_{ГМ}$ , °ПКВ;
- снижения токсичности отработавших газов – коэффициентом коррекции топливopодачи  $K_{кп}$ , %.

Нормативные значения этих диагностических параметров (номинальное и предельное) устанавливаются по результатам испытаний ЭСУД на заводах-изготовителях. При проведении контрольно-диагностических работ ЭСУД на СТОА в качестве нормативов целесообразно использовать не предельные, а допустимые значения параметров, при которых обеспечивается необходимый уровень безотказной работы системы на заданной наработке. Определение таких нормативов предполагает наличие не только предельных значений выбранных диагностических параметров, но и закономерностей их изменения по наработке.

Для отказов ЭСУД, возникающих в результате постепенного накопления различного рода повреждений, изменение диагностического параметра по наработке достаточно хорошо описывается степенной функцией

$$S = S_H + \nu t^\alpha, \quad (1)$$

где  $S_H$  – начальное значение диагностического параметра;

$\nu$  – интенсивность изменения диагностического параметра по наработке;

$t$  – наработка изделия;

$\alpha$  – показатель степени, определяющий зависимость диагностического параметра  $S$  от наработки  $t$ .

В данной работе такие зависимости были получены по результатам статистических исследований изменения диагностических параметров, выбранных для оценки технического состояния подсистем ЭСУД 1.6 ТНР Turbo Tiptronic. Графическая интерпретация полученных зависимостей и подобранные с помощью программы Microsoft Office Excel описывающие их аналитические уравнения, показаны на рисунке 2.

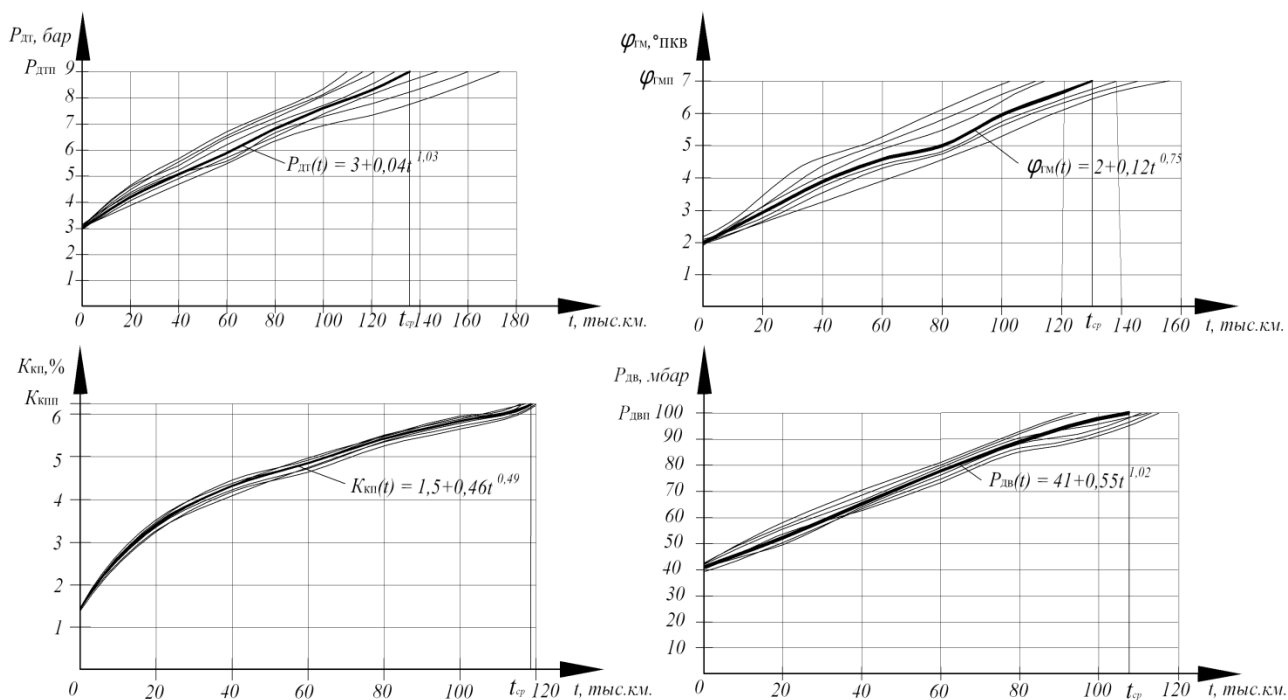


Рисунок 2 - Зависимости изменения диагностических параметров, оценивающих техническое состояние подсистем ЭСУД по наработке:  $P_{дтп}$ ,  $P_{двп}$ ,  $\varphi_{ГМ}$ ,  $K_{кп}$  – предельные значения параметров;  $t_{ср}$  – средняя наработка подсистемы до отказа

Зная межконтрольную наработку (периодичность проведения диагностирования), значения предельных нормативов  $S_n$  и интенсивность изменения параметров по наработке, значения допустимых нормативов определяются из выражения

$$S_d = v \left( \alpha \sqrt[\alpha]{\frac{S_n}{v}} - t_d \right). \quad (2)$$

Показатель степени  $\alpha$  определяется опытным путем на основе обработки экспериментальных данных. Интенсивность изменения параметра по наработке определяется из выражения:

$$v = \frac{S_n - S_n}{t_{cp}}, \quad (3)$$

где  $S_n, S_n$  – предельное и начальное значения диагностического параметра;  
 $t_{cp}$  – средняя наработка подсистемы до отказа.

Например, допустимое отклонение давления топлива в рампе  $P_{дтд}$  при периодичности технического обслуживания автомобилей Peugeot  $t_0 = 20$  тыс. км, интенсивности изменения параметра по наработке  $= 0,044$  и показателя  $\alpha = 1,03$  составит

$$P_{дтд} = 0,044 \left( \sqrt[1,03]{\frac{9}{0,044}} - 20 \right) = 7 \text{ бар.}$$

По остальным диагностическим параметрам рассчитанные значения допустимых нормативов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Нормативные значения диагностических параметров ЭСУД

Диагностический параметр	Нормативное значение диагностического параметра			Уравнение, описывающие закономерность изменения параметра
	Начальное	Допустимое	Предельное	
Отклонение давления топлива в рампе $P_{дт}$ , бар	3	7	9	$P_{дт} = 3 + 0,04t^{1,03}$
Отклонение давления воздуха во впускном коллекторе $P_{дв}$ , мбар	41	80	100	$P_{дв} = 41 + 0,55t^{1,02}$
Отклонение положения фазорегулятора распределительного вала $\varphi_{гм}$ , °ПКВ	2	5	7	$\varphi_{гм} = 2 + 0,12t^{0,75}$
Коэффициент коррекции топливоподачи $K_{кп}$ , %	1,5	5,5	6,2	$K_{кп} = 1,5 + 0,46t^{0,49}$

Полученные значения предельных и допустимых нормативов диагностических параметров являются необходимыми элементами в системе обеспечения работоспособного состояния ЭСУД при проведении контрольно-диагностических операций на СТОА. Отклонение нормативов за пределы допуска, вызываемые возникновением неисправностей, служит основанием для принятия решения о проведении необходимых технических воздействий (операций углубленного диагностирования, регулировок ремонта и т.д.). Поиск и локализация неисправностей в подсистемах ЭСУД осуществляется в соответствии с разработанными и апробированными на СТОА алгоритмами. В качестве примера на рисунке 3 показан алгоритм диагностирования подсистемы питания топливом.

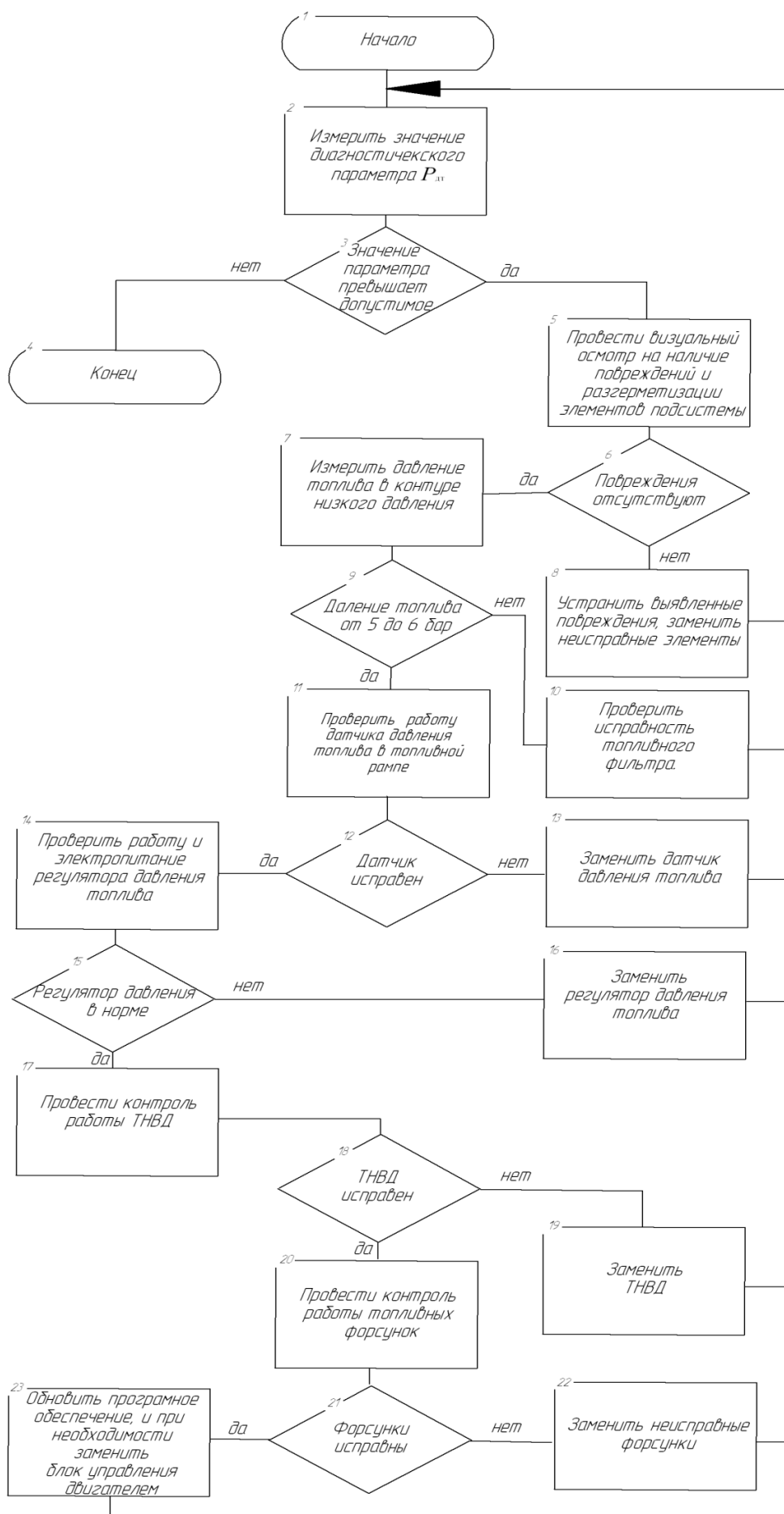


Рисунок 3 – Алгоритм диагностирования подсистемы питания топливом

Диагностирование подсистемы начинается с визуального осмотра для выявления возможных повреждений и утечек топлива в местах соединения топливных магистралей с ее конструктивными элементами (топливным фильтром, рампой, ТНВД и т.д.). Убедившись в том, что подсистема герметична и ее конструктивные элементы не имеют видимых повреждений, переходят к проверке работы контура низкого давления топлива.

Основным параметром, оценивающим техническое состояние элементов контура низкого давления топлива, является давление топлива на участке «топливный фильтр - ТНВД». Контроль параметра осуществляется с помощью манометра, устанавливаемого в топливную магистраль (рис.4). При работе двигателя во всем диапазоне оборотов коленчатого вала давление топлива должно находиться в пределах от 5 до 6 бар. Если параметр выходит за допустимые пределы, измеряют давление на участке «топливный насос низкого давления – фильтр очистки топлива». В случае, когда разница значений давления топлива  $\Delta P_T$  до и после топливного фильтра не превышает 0,2 бар, это указывает на неисправность топливного насоса низкого давления. В случае если  $\Delta P_T > 0,2$  бар – неисправен топливный фильтр.



*Рисунок 4 – Проверка давления топлива на участке «топливный фильтр - ТНВД» двигателя EP6 автомобиля Peugeot 408*

После устранения выявленных неисправностей в элементах контура низкого давления топлива необходимо провести повторный контроль комплексного диагностического параметра подсистемы питания топливом. Если значение  $P_{дт}$  по-прежнему превышает допустимый норматив, переходят к контролю элементов контура высокого давления.

Диагностирование этого контура начинают с проверки исправности датчика давления топлива, установленного на топливной рампе. Для проверки его технического состояния необходимо измерить величину электрического напряжения на сигнальном выходе датчика и сравнить его с номинальным значением. Электрическая характеристика изменения напряжения в зависимости от давления топлива в рампе имеется в нормативно-технической документации по ТО и ремонту автомобиля. Убедившись в исправности датчика, переходят к контролю технического состояния регулятора давления топлива, ТНВД и форсунок.

После устранения выявленных в результате диагностирования неисправностей проводится повторный контроль отклонения давления топлива в рампе  $P_{дт}$ . Если его значение не превышает допустимый норматив (7 бар), техническое состояние подсистемы питания топливом восстановлено и СТОА гарантирует ее безотказную работу до проведения очередного технического обслуживания.

Внедрение разработанной системы обеспечения работоспособности ЭСУД в производственный процесс СТОА позволит существенно повысить ее безотказность за счет своевременного обнаружения и устранения возникших в системе повреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов, Ю.В. Диагностирование электронных систем управления двигателем [Текст] / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8. – Ч.1. – С.18-23.
2. Баженов, Ю.В. Основы теории надежности машин [Текст]: учебное пособие для вузов / Ю.В. Баженов – М.: ФОРУМ. - 2014. – 320 с.
3. Баженов, Ю.В. Разработка методики диагностирования электронных систем управления двигателем [Текст] / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // *Автотранспортное предприятие*. – 2015. – № 4. – С. 44-46.
4. Баженов, Ю.В. Обеспечение работоспособного состояния электронных систем управления двигателем в эксплуатации [Текст] / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // *Автомобильная промышленность*. – 2015. – № 12. – С.23-27.
5. Баженов, Ю.В. Поддержание надежности электронных систем управления двигателем в эксплуатации [Текст] / Ю.В. Баженов, В.П. Каленов // *Электроника и электрооборудование транспорта*. – 2016. – № 2. – С. 2–5.
6. Болдин, А.П. Надёжность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для вузов / А.П. Болдин, В.И. Сарбаев. - М.: МАИИ. - 2010. – 206 с.
7. Болдин, А.П. Основы научных исследований [Текст]: учебник / А.П. Болдин, В.А. Максимов. - М.: Изд. центр «Академия». - 2012. – 336 с.
8. Гусев, В.Г. Теория и практика планирования многофакторных экспериментов [Текст]: учебное пособие для вузов / В.Г. Гусев. – Владимир: Влад. гос. ун-т. – 2010. – 107 с.
9. Ерохов, В.И. Системы впрыска бензиновых двигателей [Текст]: учебное пособие / В.И. Ерохов. – М.: Горячая линия-Телеком. – 2011. – 553 с.
10. Коваленко, Т.А. Обработка экспериментальных данных [Текст]: учебное пособие / Т.А. Коваленко. - М.: Национальный открытый университет «ИНТУИТ». - 2016. – 179 с.
11. Кузнецов, А.С. Техническое обслуживание и диагностика двигателя внутреннего сгорания [Текст]: учебное пособие / А.С. Кузнецов. – М.: ИЦ Академия. - 2011. – 80 с.
12. Минашкин, В.Г. Статистика [Текст]: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.Г. Минашкин. - М.: Юрайт. - 2012. – 445 с.
13. Набоких, В.А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие / В.А. Набоких. – М.: ФОРУМ. - 2013. – 288 с.
14. Назарова, М.Г. Общая теория статистики [Текст]: учебник / М.Г. Назарова. – М.: Омега-Л. - 2010. – 410 с.
15. Сидняев, Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных [Текст]: учебное пособие / Н.И. Сидняев. – М.: Юрайт. - 2011. – 399 с.
16. Тюнин, А.А. Диагностика электронных систем управления двигателями легковых автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.А. Тюнин – М.: Солон-Пресс. - 2007. – 352 с.
17. Ходасевич, Т.И. Устройства и приборы для проверки и контроля электрооборудования автомобилей [Текст]: учебное пособие / Т.И. Ходасевич. – М.: НТ Пресс. - 2005. – 208 с.
18. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов [Текст]: учебное пособие / Ю.П. Чижков. – М.: Машиностроение. - 2007. – 656 с.
19. Яковлев, В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля [Текст]: учебное пособие / В.Ф. Яковлев – М.:СОЛОН-Пресс. – 2003. – 272 с.
20. Яхьяев, Н.Я. Основы теории надежности [Текст]: учебник для студ. учреждений высшего образования / Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин // М.: Издательский центр Академия. - 2014. – 208с.
21. Пат. 2147324 Российская Федерация Устройство для микродугового окислирования колодцев корпуса шестеренного насоса [Текст] / Новиков А.Н., Кузнецов Ю.А., Хромов В.Н.; 22.03.99.

**Баженов Юрий Васильевич**

ФБГОУ «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Адрес: 600000, Россия, г.Владимир, ул.Горького,87

Канд. техн. наук, профессор кафедры «Автомобильный транспорт»

E-mail: bagenovyv@mail.ru

**Каленов Владимир Павлович**

ФБГОУ «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Адрес: 600007, Россия, г.Владимир, ул.Егорова,11

Аспирант кафедры «Автомобильный транспорт»

E-mail: vpkaloynov@mail.ru

---

J.V. BAZHENOV, V.P. KALENOV

**SYSTEM SOFTWARE PERFORMANCE OF ELECTRONIC ENGINE  
MANAGEMENT SYSTEMS IN OPERATION**

*The results of studies aimed at improving the reliability of operation of the electronic engine control and operation systems. The basic fault electronic engine management systems and their impact on the operation of the engine. The choice of diagnostic parameters to assess the technical condition electronic management systems engines and their normative values, which are essential elements in the system to ensure system health.*

**Keywords:** *electronic engine management systems, structural element, the technical condition, diagnostics, parameter rabotosposobnst, operating time, method.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Bazhenov, YU.V. Diagnostirovanie elektronnykh sistem upravleniya dvigatelem [Tekst] / YU.V. Bazhenov, V.P. Kalenov // Fundamental'nye issledovaniya. - 2014. - № 8. - CH.1. - S.18-23.
2. Bazhenov, YU.V. Osnovy teorii nadezhnosti mashin [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / YU.V. Bazhenov - M.: FORUM. - 2014. - 320 s.
3. Bazhenov, YU.V. Razrabotka metodiki diagnostirovaniya elektronnykh sistem upravleniya dvigatelem [Tekst] / YU.V. Bazhenov, V.P. Kalenov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2015. - № 4. - S. 44-46.
4. Bazhenov, YU.V. Obespechenie rabotosposobnogo sostoyaniya elektronnykh sistem upravleniya dvigatelem v ekspluatatsii [Tekst] / YU.V. Bazhenov, V.P. Kalenov // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 2015. - № 12. - S.23-27.
5. Bazhenov, YU.V. Podderzhanie nadezhnosti elektronnykh sistem upravleniya dvigatelem v ekspluatatsii [Tekst] / YU.V. Bazhenov, V.P. Kalenov // Elektronika i elektrooborudovanie transporta. - 2016. - № 2. - S. 2-5.
6. Boldin, A.P. Nadiozhnost' i tekhnicheskaya diagnostika podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / A.P. Boldin, V.I. Sarbaev. - M.: MAII. - 2010. - 206 s.
7. Boldin, A.P. Osnovy nauchnykh issledovaniy [Tekst]: uchebnik / A.P. Boldin, V.A. Maksimov. - M.: Izd. tsentr «Akademiya». - 2012. - 336 s.
8. Gusev, V.G. Teoriya i praktika planirovaniya mnogofaktornykh eksperimentov [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / V.G. Gusev. - Vladimir: Vlad. gos. un-t. - 2010. - 107 s.
9. Erokhov, V.I. Sistemy vpryska benzinovykh dvigateley [Tekst]: uchebnoe posobie / V.I. Erokhov. - M.: Goryachaya liniya-Telekom. - 2011. - 553 s.
10. Kovalenko, T.A. Obrabotka eksperimental'nykh dannykh [Tekst]: uchebnoe posobie / T.A. Kovalenko. - M.: Natsional'nyy otkrytyy universitet «NTUIT». - 2016. - 179 s.
11. Kuznetsov, A.S. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i diagnostika dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Tekst]: uchebnoe posobie / A.S. Kuznetsov. - M.: ITS Akademiya. - 2011. - 80 s.
12. Minashkin, V.G. Statistika [Tekst]: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. prof. obrazovaniya / V.G. Minashkin. - M.: YUrayt. - 2012. - 445 s.
13. Nabokikh, V.A. Diagnostika elektrooborudovaniya avtomobiley i traktorov [Tekst]: uchebnoe posobie / V.A. Nabokikh. - M.: FORUM. - 2013. - 288 s.
14. Nazarova, M.G. Obshchaya teoriya statistiki [Tekst]: uchebnik / M.G. Nazarova. - M.: Omega-L. - 2010. - 410 s.
15. Sidnyaev, N.I. Teoriya planirovaniya eksperimenta i analiz statisticheskikh dannykh [Tekst]: uchebnoe posobie / N.I. Sidnyaev. - M.: YUrayt. - 2011. - 399 s.
16. Tyunin, A.A. Diagnostika elektronnykh sistem upravleniya dvigatelyami legkovykh avtomobiley [Tekst]: uchebnoe posobie / A.A. Tyunin - M.: Solon-Press. - 2007. - 352 s.
17. Hodasevich, T.I. Ustroystva i pribory dlya proverki i kontrolya elektrooborudovaniya avtomobiley [Tekst]: uchebnoe posobie / T.I. Hodasevich. - M.: NT Press. - 2005. - 208 s.
18. Chizhkov, YU.P. Elektrooborudovanie avtomobiley i traktorov [Tekst]: uchebnoe posobie / YU.P. Chizhkov. - M.: Mashinostroenie. - 2007. - 656 s.
19. YAKovlev, V.F. Diagnostika elektronnykh sistem avtomobilya [Tekst]: uchebnoe posobie / V.F. YAKovlev - M.: SOLON-Press. - 2003. - 272 s.
20. YAKh`yaev, N.YA. Osnovy teorii nadezhnosti [Tekst]: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vysshego obrazovaniya / N.YA. YAKh`yaev, A.V. Korablin // M.: Izdatel'skiy tsentr Akademiya. - 2014. - 208s.
21. Pat. 2147324 Rossiyskaya Federatsiya Ustroystvo dlya mikrodugovogo oksidirovaniya kolodtsev korpusa shesterennogo nasosa [Tekst] / Novikov A.N., Kuznetsov YU.A., Hromov V.N.; 22.03.99.

### **Bazhenov Jury Vasilevich**

FBGOU «Vladimir state University named after Alexander. and Nicholay Stoletovs»

Address: 600000, Russia, Vladimir, Gorky str., 87

Candidate of technical sciences, professor of chair «Automobile transport»

E-mail: bagenovyv@mail.ru

### **Kalenov Vladimir Pavlovich**

FBGOU «Vladimir state University named after Alexander. and Nicholay Stoletovs»

Address: 600007, Russia, Vladimir, Egorova str., 11

Graduate student of chair «Automobile transport»

E-mail: vpkaloynov@mail.ru



УДК 621.357.77

Е.В. АГЕЕВ, Е.П. НОВИКОВ, И.П. ЕМЕЛЬЯНОВ

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОЛОВОК БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Представлены результаты получения и исследования свойств электроэрозионных порошковых материалов из отходов электротехнического алюминия, а также результаты применения этих материалов при восстановлении изношенных головок блока цилиндров двигателя ЗМЗ – 406.*

**Ключевые слова:** *отходы электротехнического алюминия, электроэрозионное диспергирование, порошковые материалы, газодинамическое напыление, головка блока цилиндров, двигатель внутреннего сгорания.*

В настоящее время технологии восстановления деталей автомобилей являются наиболее перспективными и ресурсосберегающими. При восстановлении дефектных деталей автомобилей, в том числе и головок блоков цилиндров двигателя ЗМЗ – 406, можно сократить затраты до 70% по сравнению с изготовлением новой ГБЦ. Это обусловлено тем, что уменьшаются затраты материалов примерно на 30%, а также при восстановлении дефектных головок блоков цилиндров двигателя ЗМЗ – 406 требуется в 7 раз меньше технологических операций, чем при изготовлении новой.

По данным исследования ремонтного фонда (автомобилей и агрегатов, поступающих в ремонт) установлено, что примерно 20 % деталей подлежат утилизации, 25 ... 40 % – являются годными, а остальные 40 ... 55 % – можно восстановить [1].

Даже процент деталей подлежащих утилизации можно значительно снизить на авторемонтном предприятии, если оно будет располагать эффективными способами дефектации и восстановления [1-3].

В качестве объекта реновации была выбрана головка блока цилиндров двигателя ЗМЗ – 406. Основными его преимуществами являются простота, надежность, а также высокая ремонтпригодность. На основе данного двигателя были разработаны более мощные ЗМЗ-405 и ЗМЗ-409, а также дизель ЗМЗ-514 и его модификации.

Двигатель ЗМЗ-406 первоначально проектировался для установки на перспективную модель ГАЗ-3105. Первые прототипы двигателя появились в 1993 году, начало мелкосерийной сборки в 1996 году, выход на главный конвейер в 1997 году [4]. За это время силовой агрегат получил самое широкое распространение (изготовлено более полутора миллиона штук), известность и популярность среди автомобилистов [5].

Впервые в российском двигателестроении в конструкции ЗМЗ-406 были использованы: гидротолкатели, электронная система управления впрыском топлива и зажиганием, цепной двухступенчатый привод двух распределительных валов, а также начали использовать четыре клапана на один цилиндр [5].

Практически все процессы, происходящие в двигателе внутреннего сгорания автомобиля, осуществляются именно через головку блока цилиндров (ГБЦ). На ГБЦ располагаются все механизмы, которые приводят в движение поршневой механизм. Это свечи зажигания, предназначенные для воспламенения смеси, клапанный механизм, с помощью которого осуществляется выпуск топлива, выпуск отработанных газов, коллекторы и самое главное – распределительный вал. Он располагается на головке блока цилиндров и приводит в действие клапанный механизм. Все это защищается от внешних воздействий именно при помощи ГБЦ.

Кроме того, внутри головки располагаются камеры сгорания, в которых и происходит сжатие и воспламенение рабочей смеси. Это место имеет тесную связь с блоком цилиндров, в котором перемещаются поршни [4].

Головка блока цилиндров двигателя ЗМЗ – 406 работает в тяжелых условиях. При выполнении своих функций на нее воздействуют значительные механические нагрузки и высокая температура. Поэтому главной задачей при восстановлении является выявление всех дефектов изношенных головок блоков цилиндров, а также подборка наиболее эффективного способа восстановления с учетом места расположения дефекта.

Основными дефектами головок блока являются трещины в различных местах, коробление поверхности сопряжения с блоком цилиндров, износ отверстий в направляющих втулках клапанов и резьбы, ослабление посадки седел клапанов в гнездах [4].

Одной из распространенных неисправностей ГБЦ является трещина. Обычно трещины появляются в местах, которые характеризуются наибольшими градиентами температур: в районе форкамеры, между седлами впускных и выпускных клапанов и так далее. Она может образоваться в результате воздействия больших температур. Чаще всего, это происходит из-за частых перегревов двигателя. Вначале, это будет микротрещина, которая постепенно будет разрастаться. О ее присутствии будет говорить наличие в охлаждающей жидкости остатков масла и появление соответствующих пузырей в бачке. Трещина в блоке нарушит герметизацию клапанного механизма, что приведет к ослаблению посадки многих деталей. Как следствие, снижение мощности двигателя, падение компрессии и т. п. Любая трещина в головке блока цилиндров, даже небольшая, представляет собой потенциальную опасность. Являясь концентратором напряжений, она с течением времени развивается. Увеличиваясь в размерах, трещина опасна не только уменьшением механической прочности головки. Но наиболее угрожающие последствия для работоспособности двигателя возможны в тех случаях, когда развитие трещины приводит к нарушению герметичности проходящих внутри головки каналов систем смазки и охлаждения [5].

Головка блока цилиндров двигателя ЗМЗ – 406 отлитая из алюминиевого сплава, с запрессованными чугунными седлами и направляющими втулками клапанов. Клапаны приводятся в действие через цилиндрические гидротолкатели, поэтому привод клапанов в регулировке зазоров не нуждается [5].

Совершенствование ремонта двигателей ЗМЗ производится путем внедрения в производство прогрессивных технологических процессов восстановления деталей агрегатов с учетом их конструктивных особенностей и возможных дефектов.

Целью настоящей работы являлось совершенствование технологии восстановления головок блоков цилиндров, газодинамическим напылением путем применения порошковых электроэрозионных материалов, полученных электроэрозионным диспергированием отходов электротехнического алюминия.

В соответствии с поставленной целью решались соответствующие задачи:

- получение и исследование свойств порошковых материалов из отходов электротехнического алюминия;
- применение порошковых электроэрозионных материалов при восстановлении изношенных головок блока цилиндров двигателя ЗМЗ – 406.

Был проведен анализ существующих методов восстановления головок блока цилиндров, с помощью полученных электроэрозионных порошков и установлено, что наиболее перспективным является газодинамическое напыление (ГДН) с помощью установки ДИМЕТ-403 (рис. 1).

Технология газодинамического напыления алюминиевыми электроэрозионными материалами имеет достаточно много преимуществ по сравнению с другими методами восстановления дефектных головок блоков цилиндров [6]. Наиболее весомым преимуществом в настоящее время является экологическая чистота получения алюминиевого электроэрозионного материала для напыления, а также экологическая чистота процесса нанесения покрытия на дефектные головки блоков цилиндров двигателя ЗМЗ – 406.

Основные преимущества технология газодинамического напыления состоят в следующем:

- экологическая безопасность при нанесении алюминиевых покрытий (отсутствуют вредные и опасные газы и излучения, высокие температуры, химически агрессивные отходы, которые требуют специальной нейтрализации);
- при нанесении покрытия не требуется создания специальных условий, оно наносится при нормальном значении давления, практически при всех значениях температуры, а также влажности воздуха;
- на дефектную головку блока цилиндров не оказывается значительных тепловых воздействий;
- не необходимости в предварительном подогреве ГБЦ;

- при отсутствии на головке блока цилиндров окалины и коррозии не требуется значительных усилий при подготовке поверхности к напылению (когда высокоскоростной поток частиц контактирует с поверхностью ГБЦ, происходит ее очистка от технических загрязнений, красок, масел, и активация кристаллической решетки материала изделия);
- возможность нанесения покрытий на локальные участки поверхности восстанавливаемых деталей, так как поток напыляемых алюминиевых частиц является узконаправленным и имеет небольшое поперечное сечение.
- данная технология подходит для ремонта в полевых условиях.

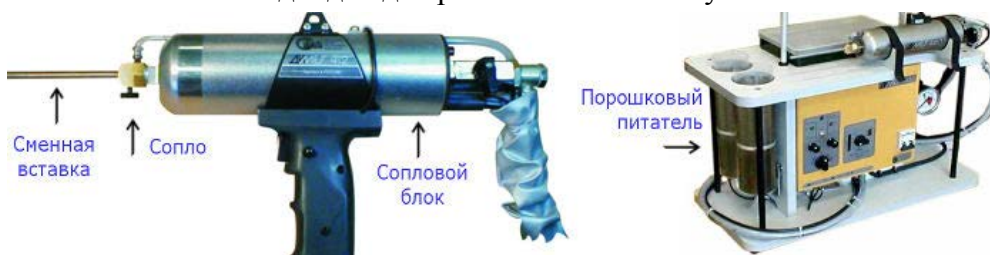


Рисунок 1 – Установка для газодинамического напыления (общий вид)

Принцип действия технология газодинамического напыления заключается в том, что маленькие металлические частицы алюминиевого порошка, которые находятся в твердом состоянии, ускоряются сверхзвуковым газовым потоком до скорости 500-800 м/с и направляются на восстанавливаемую поверхность дефектной головки блока цилиндров двигателя ЗМЗ – 406. Сталкиваясь с поверхностью ГБЦ в процессе высокоскоростного удара, частицы закрепляются на ней и происходит формирование сплошного покрытия [7]. В наиболее распространенных газотермических способах нанесения покрытий для их формирования из потока частиц необходимо, чтобы падающие на основу частицы имели высокую температуру, обычно выше температуры плавления материала. При газодинамическом напылении алюминиевыми электроэрозионными материалами, это условие не является обязательным, что и обуславливает ее уникальность. В данном случае с твердой основой взаимодействуют частицы, которые находятся в нерасплавленном состоянии, но они должны иметь очень большую скорость [8].

Одним из наиболее перспективных методов получения электроэрозионного материала для газодинамического напыления, практически из любого токопроводящего материала, в том числе и отходов алюминия, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который обладает относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса [9-21].

Для очистки поверхности перед газодинамическим напылением порошка алюминия на поверхность головки блока цилиндров проводили моечные работы и абразивную обработку дефектной поверхности. Для абразивной очистки использовали порошок корунда, полученный методом электроэрозионного диспергирования отходов электротехнического алюминия в воде дистиллированной при следующих параметрах установки: емкость разрядных конденсаторов 65 мкФ, напряжение 90 В и частота следования импульсов 50 Гц.

Фазовый анализ электроэрозионного материала, полученного для абразивной обработки поверхности ГБЦ, проводили на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV. Результаты фазового анализа представлены на рисунке 2.

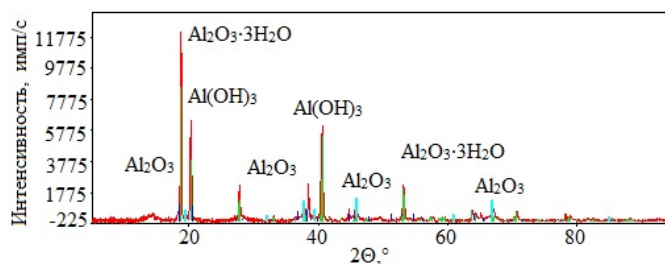


Рисунок 2 – Фазовый состав порошка, используемого для очистки поверхности ГБЦ

Порошок для восстановления ГБЦ методом газодинамического напыления был получен также методом электроэрозионное диспергирование отходов электротехнического алюминия в воде дистиллированной, только при других параметрах установки: емкость разрядных конден-

саторов 65 мкФ, напряжение 100 В, и частота следования импульсов 140 Гц. В следствии чего были изменены свойства полученного порошка, что показали проведенные исследования.

Гранулометрический состав алюминиевого порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде, был исследован на лазерном анализаторе размеров частиц «Analysette 22 NanoТес». Было установлено, что распределение частиц алюминия находится в пределах 0,4...80 мкм, а также установлено, что средний размер частиц составляет 19,96 мкм, арифметическое значение – 19,961 мкм, удельная площадь поверхности – 21621,56 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup> [22].

При постановке экспериментов по газодинамическому напылению головок блоков цилиндров двигателя ЗМЗ-406 использовалась установка ДИМЕТ – 403. Операции производили в следующей последовательности:

1. Вымыть ГБЦ для обнаружения всех дефектов.
2. Удлинить поврежденный участок. Трещину необходимо максимально глубоко расчистить использовать сверло и фрезу, чтобы полностью удалить следы трещины.
3. Закрыть каналы защитными крышками, чтобы избежать попадания в них порошка.
4. Засыпать порошки в бункеры питателей установки ДИМЕТ – 403. В первый бункер засыпается порошок корунда, а во второй порошок алюминия.
5. Выбрать первый питатель на панели управления установки и произвести абразивную очистку установкой ДИМЕТ – 403 с использованием порошка корунда.
6. Выбрать второй питатель, напыление алюминиевого порошка производится на расстоянии 10-15 мм, что обеспечивает высокую адгезию и однородность порошка. Пистолет необходимо держать под углом 90-45°.
7. Зачистить и произвести шлифовку поверхности ГБЦ.

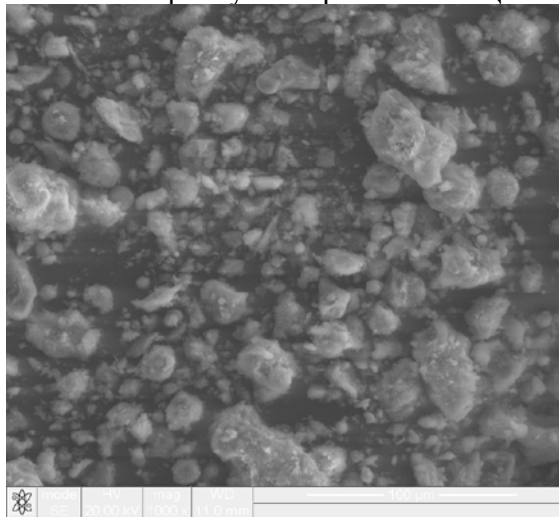


Рисунок 3 – Снимок частиц электроэрозионного порошка с растрового электронного микроскопа «Quanta 600 FEG»



а)



б)

Рисунок 4 – Общий вид ГБЦ: а) до восстановления; б) после восстановления

На рисунке 3 показано, что в порошке, полученном электроэрозионным диспергированием отходов электротехнического алюминия в воде дистиллированной, присутствуют частицы, имеющие правильную сферическую, эллиптическую форму и агломераты.

На рисунке 4 представлена головка блока цилиндров двигателя ЗМЗ – 406: а – до восстановления, б – после восстановления нанесением порошка алюминия без зачистки и шлифования.

Таким образом, использование порошковых алюминиевых материалов, полученных из электротехнического алюминия электроэрозионным диспергированием в воде дистиллированной, а не промышленно выпускаемых (достаточно дорогих), для газодинамического напыления позволит улучшить качество ремонта головок блоков цилиндров двигателей ЗМЗ с минимумом затрат на порошковые материалы.

***Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МК-7765.2015.8.***

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логинов, П.К. Способы и технологические процессы восстановления изношенных деталей [Текст]: учебное пособие / П.К. Логинов, О.Ю. Ретюнский. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 217 с.
2. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. – Орел: ОрелГТУ, 2006. – 332 с.
3. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей машин, изготовленных из алюминиевых сплавов, электрохимическими способами автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева. – Орел: ОрелГТУ, 2004. – 171 с.
4. Пузанков, А.Г. Автомобили: Устройство автотранспортных средств [Текст] / А.Г. Пузанков. – М.: Академия, 2012. – 560 с.
5. Глухов, В.В. Двигатели ОАО «Волжские моторы» для автомобилей УАЗ и «Газель» [Текст] / В.В. Глухов. – М.: Атласы автомобилей, 2001. – 160 с.
6. Алхимов, А.П. Холодное газодинамическое напыление: теория и практика [Текст] / А.П. Алхимов, С.В. Клинков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 536 с.
7. Кузнецов, Ю.А. Ресурсосберегающие технологии газотермического напыления при ремонте машин АПК [Текст] / Ю.А. Кузнецов // Вестник Орел ГАУ. – 2009. – №1(16). – С. 13-15.
8. Кузнецов, Ю.А. Восстановление деталей машин сверхзвуковым газодинамическим напылением [Текст] / Ю.А. Кузнецов, А.В. Добычин // Мир транспорта и технологических машин. – 2009. – № 4. – С. 7–10.
9. Агеев, Е.В. Рециклинг твердосплавных электроэрозионных порошков при реновации лемеха плуга [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, Е.П. Новиков, А.С. Чернов, Г.С. Маслов, Е.И. Паршина, А.С. Бондарев // Вестник Курской ГСА. – 2013. – №5. – С. 76-78.
10. Агеев, Е.В. Изучение строения и свойств твердосплавных электроэрозионных порошков, используемых для восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, А.А. Давыдов Е.П. Новиков, С.А. Бондарев, А.Ю. Молодкин // Вестник Курской ГСА. – 2013. – № 2. – С. 69-72.
11. Гадалов, В.Н. Металлография металлов, порошковых материалов и покрытий, полученных электроискровыми способами [Текст]: монография / В.Н. Гадалов, В.Г. Сальников, Е.В. Агеев и др. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 468 с.
12. Латыпов, Р.А. Разработка и исследование твердосплавных изделий из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов [Текст] / Р.А. Латыпов, Г.Р. Латыпова, Е.В. Агеев, А.А. Давыдов // Международный научный журнал. – 2013. – № 2. – С. 107-112.
13. Агеев, Е.В. Исследование технологических свойств твердосплавных электроэрозионных порошков [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, Е.П. Новиков, С.А. Бондарев, В.Л. Селютин // Известия ЮЗГУ. Серия: Техника и технология. – 2012. – № 2. (Ч. 1). – С. 18-22.
14. Ageeva, E.V. Properties and characterizations of powders produced from waste carbides [Text] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, A.S. Osminina // Журнал нано- и электронной физики. – 2013. – Т. 5. – № 4. – С. 04038-1-04038-2.
15. Агеев, Е.В. Получение и исследование заготовок твердого сплава из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов [Текст] / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2014. – № 5. – С. 50–53.
16. Агеев, Е.В. Использование твердосплавных электроэрозионных порошков для получения износостойких покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин и инструмента [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, А.А. Давыдов, Е.П. Новиков, А.С. Бондарев // Известия ЮЗГУ. Серия: техника и технологии. – 2013 – №1 – С. 32-38.
17. Агеев, Е.В. Состав и свойства медных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием: монография [Текст] / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, Н.М. Хорьякова. – Курск: Университетская книга, 2014. – 144 с.
18. Петридис, А.В. Применение порошков, полученных методом электроэрозионного диспергирования, при плазменной наплавке коленчатых валов [Текст] / А.В. Петридис, А.А. Толкушев, Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2004. – № 9. – С. 41-44.
19. Агеев, Е.В. Оценка эффективности применения твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении деталей композиционными гальваническими покрытиями [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 9. – С. 14-16.

20. Агеев, Е.В. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков [Текст] / Е.В. Агеев, Г.Р. Латыпова, А.А. Давыдов, Е.В. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 5-2 (44). – С. 099-102.

21. Новиков, Е.П. К вопросу о переработке алюминиевых отходов электроэрозионным диспергированием [Текст] / Е.П. Новиков, Е.В. Агеев, А.Д. Сытченко // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 1. – С. 168-173.

22. Новиков Е.П. Изучение формы и морфологии порошка, полученного из отходов алюминия методом электроэрозионного диспергирования [Текст] / Е.П. Новиков, Е.В. Агеева, Д.А. Чумак-Жунь // Известия ЮЗГУ. Серия: техника и технологии. – 2015. – №4 (17). – С. 13-17.

23. Новиков, А.Н. Современные способы стендовых испытаний шаровых шарниров [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 4 (31). - С. 27-34.

24. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Ивашук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. - 2006. - С. 146-148.

25. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113.

**Агеев Евгений Викторович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

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

E-mail: ageev\_ev@mail.ru

**Новиков Евгений Петрович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Аспирант

E-mail: evgeniy-novikov-92@mail.ru

**Емельянов Иван Павлович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

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

E-mail: yuzgu@yandex.ru

---

E. V. AGEEV, E. P. NOVIKOV, I. P. EMELIANOV

## PERFECTION OF TECHNOLOGY OF RESTORATION CYLINDER HEADS BY THE APPLICATION OF EROSION OF POWDER MATERIALS

*Presents the results of obtaining and studying the properties of electrical discharge of powder materials from waste electrical aluminum, as well as the results of application of these materials for restoration of worn cylinder heads of the engine ZMZ – 406.*

**Keywords:** waste electrical aluminum, electroerosion dispersion, powder materials gas-dynamic sputtering, the cylinder head, the internal combustion engine.

### BIBLIOGRAPHY

1. Loginov, P.K. Sposoby i tekhnologicheskie protsessy vosstanovleniya iznoshennykh detaley [Текст]: учебное пособие / P.K. Loginov, O.YU. Retyunskiy. - Tomsk: Tomskiy politekhnicheskii universitet, 2010. - 217 s.
2. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtomobiley [Текст]: учебное пособие / A.N. Novikov, M.P. Stratulat, A.L. Sevost'yanov. - Orel: OrelGTU, 2006. - 332 s.
3. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley mashin, izgotovlennykh iz alyuminievykh splavov, elektrokhimicheskimi sposobami avtomobiley [Текст]: учебное пособие / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva. - Orel: OrelGTU, 2004. - 171 s.
4. Puzankov, A.G. Avtomobili: Ustroystvo avtotransportnykh sredstv [Текст] / A.G. Puzankov. - М.: Akademiya, 2012. - 560 s.
5. Glukhov, V.V. Dvigateli OAO «Volzhskie motory» dlya avtomobiley UAZ i «Gazel`» [Текст] / V.V. Glukhov. ? М.: Atlasy avtomobiley, 2001. - 160 s.
6. Alkhimov, A.P. Holodnoe gazodinamicheskoe napylenie: teoriya i praktika [Текст] / A.P. Alkhimov, S.V. Klinkov. - М.: FIZMATLIT, 2010. - 536 s.
7. Kuznetsov, YU.A. Resursosberegayushchie tekhnologii gazotermicheskogo napyleniya pri remonte mashin APK [Текст] / YU.A. Kuznetsov // Vestnik Orel GAU. - 2009. - №1(16). - S. 13-15.

8. Kuznetsov, YU.A. Vosstanovlenie detaley mashin sverkhzvukovym gazodinamicheskim napyleniem [Tekst] / YU.A. Kuznetsov, A.V. Dobychin // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2009. - № 4. - S. 7-10.
9. Ageev, E.V. Retsikling tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov pri renovatsii lemekha pluga [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, E.P. Novikov, A.S. Chernov, G.S. Maslov, E.I. Parshina, A.S. Bondarev // *Vestnik Kurskoy GSA*. - 2013. - №5. - S. 76-78.
10. Ageev, E.V. Izuchenie stroeniya i svoystv tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov, ispol`-zuemykh dlya vosstanovleniya i uprochneniya detaley avtotraktornoy tekhniki [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, A.A. Davydov E.P. Novikov, S.A. Bondarev, A.YU. Molodkin // *Vestnik Kurskoy GSA*. - 2013. - № 2. - S. 69-72.
11. Gadalov, V.N. Metallografiya metallov, poroshkovykh materialov i pokrytiy, poluchennykh elek-troerozionnyimi sposobami Tekst : monografiya / V.N. Gadalov, V.G. Sal`nikov, E.V. Ageev i dr. - M.: INFRA-M, 2011. - 468 s.
12. Latypov, R.A. Razrabotka i issledovanie tverdosplavnykh izdeliy iz poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem vol`framsoderzhashchikh otkhodov [Tekst] / R.A. Latypov, G.R. Latypova, E.V. Ageev, A.A. Davydov // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. - 2013. - № 2. - S. 107-112.
13. Ageev, E.V. Issledovanie tekhnologicheskikh svoystv tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, E.P. Novikov, S.A. Bondarev, V.L. Selyutin // *Izvestiya YUZGU. Seriya: Tekhnika i tekhnologii*. - 2012. - № 2. (CH. 1). - S. 18-22.
14. Ageeva, E.V. Properties and characterizations of powders produced from waste carbides [Text] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, A.S. Osminina // *ZHurnal nano- i elektronnoy fiziki*. - 2013. - T. 5. - № 4. - S. 04038-1-04038-2.
15. Ageev, E.V. Poluchenie i issledovanie zagotovok tverdogo splava iz poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem vol`framsoderzhashchikh otkhodov [Tekst] / E.V. Ageev, R.A. Latypov // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. TSvetnaya metallurgiya*. - 2014. - № 5. - S. 50-53.
16. Ageev, E.V. Ispol`zovanie tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov dlya polucheniya iznoso-stoykikh pokrytiy pri vosstanovlenii i uprochnenii detaley mashin i instrumenta [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, A.A. Davydov, E.P. Novikov, A.S. Bondarev // *Izvestiya YUZGU. Seriya: tekhnika i tekhnologii*. - 2013 - №1 - S. 32-38.
17. Ageev, E.V. Sostav i svoystva mednykh poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem: monografiya [Tekst] / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, N.M. Hor`yakova. - Kursk: Universitetskaya kniga, 2014. - ? 144 s.
18. Petridis, A.V. Primenenie poroshkov, poluchennykh metodom elektroerozionnogo dispergirovaniya, pri plazmennoy naplavke kolenchatykh valov [Tekst] / A.V. Petridis, A.A. Tolkushev, E.V. Ageev // *Tekhnologiya metallov*. - 2004. - № 9. - S. 41-44.
19. Ageev, E.V. Otsenka effektivnosti primeneniya tverdosplavnykh poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh splavov, pri vosstanovlenii i uprochnenii detaley kompozitsionnyimi gal`vanicheskimi pokrytiyami [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenikhin, E.V. Ageeva, R.A. Latypov // *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya*. - 2011. - № 9. - S. 14-16.
20. Ageev, E.V. Provedenie rentgenospektralnogo mikroanaliza tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov [Tekst] / E.V. Ageev, G.R. Latypova, A.A. Davydov, E.V. Ageeva // *Izvestiya YUGO-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. - 2012. - № 5-2 (44). - S. 099-102.
21. Novikov, E.P. K voprosu o pererabotke alyuminievykh otkhodov elektroerozionnym dispergirovaniem [Tekst] / E.P. Novikov, E.V. Ageev, A.D. Sytchenko // *Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii*. - 2015. - № 1. - S. 168-173.
22. Novikov E.P. Izuchenie formy i morfologii poroshka, poluchennogo iz otkhodov alyuminiya metodom elektroerozionnogo dispergirovaniya [Tekst] / E.P. Novikov, E.V. Ageeva, D.A. Chumak-ZHun` // *Izvestiya YUZGU. Seriya: tekhnika i tekhnologii*. - 2015. - №4 (17). - S. 13-17.
23. Novikov, A.N. Sovremennyye sposoby stendovykh ispytaniy sharovykh sharnirov [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, M.D. Tebekin // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2010. - № 4 (31). - S. 27-34.
24. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // *Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin*. - 2006. - S. 146-148.
25. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primeneniya v intellektual`nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.

**Ageev Evgeniy Viktorovich**

Federal state budgetary educational institution of higher professional education «South-West state University»  
Doctor of technical Sciences, docent, Professor of the Department of cars, transport systems and processes  
E-mail: ageev\_ev@mail.ru

**Novikov Evgeniy Petrovich**

Federal state budgetary educational institution of higher professional education «South-West state University»  
Graduate  
E-mail: evgeniy-novikov-92@mail.ru

**Emelianov Ivan Pavlovich**

Federal state budgetary educational institution of higher professional education «South-West state University»  
Candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of cars, transport systems and processes  
E-mail: yuzgu@yandex.ru

УДК 629.1.02/.03:627.892

А.В. ГОРИН, А.В. ЖУРАВЛЕВА, М.А. ГОРИНА

## ДИНАМИКА СЛИВНОГО ТРУБОПРОВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРОЙ РАБОЧЕГО ХОДА

*Статья посвящена исследованию динамики сливного трубопровода гидравлических ударных механизмов с пневматической камерой рабочего хода. Приведена физическая модель сливного трубопровода. Представлена диаграмма сил, действующих на боек при рабочем ходе. Дана зависимость относительных потерь энергии от соотношений площадей сечений рабочей камеры и сливного трубопровода.*

**Ключевые слова:** гидравлическая машина, трубопровод, жидкость, гидромагистраль, боек, камера.

Рассматриваемые ударные гидравлические механизмы шестого и седьмого классов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] с пневматической камерой рабочего хода нашли широкое применение в дорожно-строительных машинах. Они имеют большую перспективу применения, но недостаточно изучены [8, 9, 10, 11, 12, 13].

Схемы гидравлических машин ударного действия с ударными механизмами шестого и седьмого классов, имеющими автономный привод приведены на рисунке 1.

Общим элементом ударных механизмов шестого и седьмого классов является наличие неуправляемой камеры рабочего хода  $A$ , которая либо непосредственно заполнена сжатым газом, либо сообщена с пневмогидравлическим аккумулятором  $A_A$ . Известны также ударные устройства, когда такая камера является дополнительной, разгоняющей боек вместе с гидравлической камерой рабочего хода.

В гидравлических ударных механизмах движение бойка осуществляется силами давления жидкости, поступающей из гидромагистрали в камеры механизма [14, 15, 16]. Вместе с бойком движется жидкость, находящаяся в камерах ударного механизма и трубопроводах. Так как площади проходных сечений трубопроводов и площади рабочих камер механизма различны, то скорость жидкости в трубопроводах отличается от скорости движения бойка [17, 18, 19].

Обозначим совокупную массу бойка и движущейся жидкости:

$$m = m_{\text{б}} + m_{\text{ж}}^{\text{np}},$$

где  $m_{\text{б}}$  – масса бойка;

$m_{\text{ж}}^{\text{np}}$  – приведенная к бойку масса жидкости.

Приведенная масса жидкости  $m_{\text{ж}}^{\text{np}}$  включает, как массу жидкости в камерах механизма, так и массу жидкости в трубопроводах.

При приведении массы жидкости исходим из того, что кинетическая энергия жидкости, движущейся в трубопроводах со скоростью  $V_{\text{ж}}$ , равна кинетической энергии приведенной массы  $m_{\text{ж}}^{\text{np}}$ , движущейся со скоростью бойка.

Жидкость, находящаяся в камерах механизма движется со скоростью равной скорости бойка, ее масса невелика, а ее изменение в разных фазах движения незначительно.

Приведенная масса жидкости трубопроводов зависит от площади камеры приведения:

$$m_{\text{ж}}^{\text{np}} = m_{\text{ж}} \cdot \frac{S_{\text{к}}^2}{S_{\text{т}}^2},$$

где  $m_{\text{ж}} = l_{\text{т}} \cdot S_{\text{т}} \cdot j$  – масса жидкости в трубопроводе;

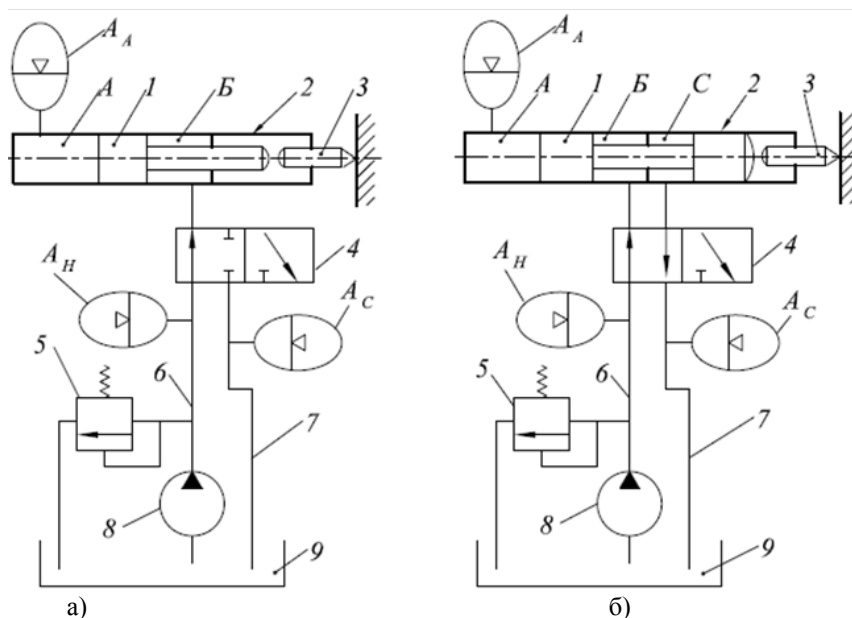
$l_{\text{т}}$  – длина трубопровода;

$S_{\text{т}}$  – площади сечения трубопровода;

$j$  – плотность жидкости;

$S_{\text{к}}$  – площадь камеры приведения.





**Рисунок 1 - Схемы гидравлических машин ударного действия с ударными механизмами шестого (а) и седьмого (б) классов: А, Б и С – соответственно камеры механизмов рабочего хода, обратного хода и вспомогательная, А<sub>А</sub>, А<sub>Н</sub>, А<sub>С</sub> – гидропневмоаккумуляторы камеры рабочего хода, напорной магистрали и сливной магистрали; 1 – боек, 2 – корпус, 3 – инструмент, 4 – распределитель, 5 – предохранительный клапан, 6, 7 – напорный и сливной трубопроводы, 8 – гидронасос, 9 – маслобак**

Приведенную массу жидкости выразим через массу бойка:

$$m_{жс}^{np} = m_{\sigma} \cdot \mu_{жс}.$$

Тогда

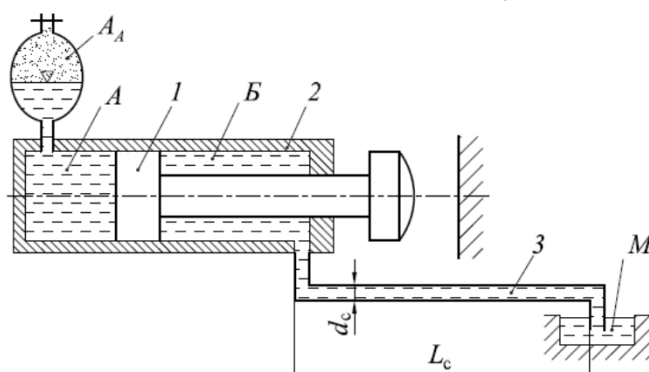
$$m = m_{\sigma} (1 + \mu_{жс}).$$

Упругие трубопроводы, заполненные жидкостью, следует рассматривать как системы с распределенными параметрами, однако для решения ограниченной задачи определения максимальной величины инерционных потерь нами применен упрощенный метод [20, 21, 22].

Физическая модель сливного трубопровода (без наличия в нем сетевого гидропневмоаккумулятора) приведена на рисунке 2.

В ударных механизмах шестого класса удаление жидкости в маслобак происходит в фазе рабочего хода. При этом скорость жидкости в камере рабочего хода Б и сливного трубопровода 3 различна. Ранее [23, 24, 25] масса жидкости в сливном трубопроводе приводилась к камере Б с введением понятия приведенной массы жидкости  $m_{жс}^{np}$  и коэффициента

приведенной массы жидкости в сливном жидкости  $\mu_{жс} = \frac{m_{жс}^{np}}{m_{\sigma}}$ .



**Рисунок 2 - Физическая модель сливного трубопровода для ударных механизмов шестого и седьмого классов (простой трубопровод): 1 – боек, 2 – корпус, 3 – сливной трубопровод, А<sub>А</sub> – гидропневмоаккумулятор камеры рабочего хода, А и Б – камеры рабочего и обратного ходов, М – маслобак**

В дальнейшем, принимая во внимание, что давление в сливном трубопроводе существенно меньше давления в напорной магистрали, допуская, что упругие деформации этого трубопровода не существенны, и он является абсолютно жестким. Динамическая модель этой фазы бояка с учетом переменности массы жидкости приведена на рисунке 3.

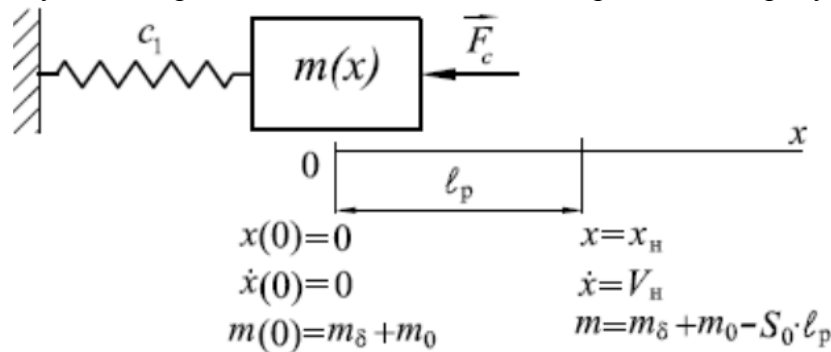


Рисунок 3 - Динамическая модель фазы рабочего хода ударных механизмов шестого и седьмого классов с учетом переменности массы жидкости

Дифференциальное уравнение движения бойка в этой фазе составим в следующей форме:

$$\frac{d}{dt}[M(x) \cdot V_x] = R - C_1 x - \lambda \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (1)$$

где  $M(x)$  – совокупная масса бойка, жидкости в камере механизма Б и жидкости в сливном трубопроводе;

$V_x$  – скорость бойка.

Совокупная масса  $M(x)$  определяется по формуле:

$$M(x) = M_0 - S_0 \cdot \gamma \cdot x,$$

где  $M_0 = m_0 + S_0 \cdot \gamma \cdot l_p + m_{жс}^{np}$ ;

$\gamma$  – плотность жидкости;

$l_p$  – величина рабочего хода бойка;

$S_0$  – активная площадь камеры рабочего хода.

Тогда совокупная масса будет определяться как

$$M(x) = m_0 (1 + \mu_{жс}) + S_0 \cdot \gamma \cdot (l_p - x),$$

а дифференциальное уравнение (1) принимает вид:

$$\left[ m_0 (1 - \mu_{жс}) + S_0 \gamma l_p \right] \frac{d^2 x}{dt^2} - S_0 \gamma x \frac{d^2 x}{dt^2} - S_0 \gamma \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 = R - C_1 x - \lambda \cdot \frac{dx}{dt}. \quad (2)$$

При этом сила, действующая на боек со стороны камеры рабочего хода, изменяется по закону  $(R - c \cdot x)$ , а сила сопротивления движения жидкости пропорциональна скорости бойка в

первой степени  $F_c = -\lambda \cdot \frac{dx}{dt}$ .

Дифференциальное уравнение движения бойка и жидкости имеет вид:

$$m_0 \ddot{x} + M_{жс} \ddot{x} \frac{S_0}{S_{TC}} + M_{жс} \ddot{x} (l_p - x) = R - C_A \cdot x - \lambda \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (3)$$

где  $M_{жс}$  – масса жидкости в сливном трубопроводе определяется следующим образом:

$$M_{жс} = \gamma \cdot L_{TC} \cdot S_{TC}.$$

При этом масса жидкости в сливном трубопроводе  $M_{жс}$  в течение всей фазы не изменяется, а ее ускорение пропорционально ускорению бойка:

$$a_{жс} = \ddot{x} \frac{S_0}{S_{TC}}.$$

Масса жидкости в камере обратного хода изменяется от максимального значения при  $x=0$  до минимального при  $x=l_p$ , таким образом:

$$M_{жб}^{\max} = \gamma \cdot l_p \cdot S_b, \quad M_{жб}^{\min} = 0.$$

Диаграмма сил, действующих на боек со стороны камеры рабочего хода, приведена на рисунке 4.

При этом площадь диаграммы равна в масштабе работе сил давления сжатого газа аккумулятора  $A_A$ .

$$A_A = \frac{R \cdot l_p}{2} \cdot \frac{\varepsilon + 1}{\varepsilon}.$$

В этом случае если предположить, что эта работа затрачивается только на сообщение бойку кинетической энергии и удаление жидкости в маслобак из сливного трубопровода и камеры обратного хода, получим:

$$\frac{R \cdot l_p}{2} \cdot \frac{\varepsilon + 1}{\varepsilon} = \frac{m_b V^2}{2} + \gamma L_{TC} S_{TC} \frac{V^2}{2} \cdot \frac{S_b^2}{S_{TC}^2} + \gamma S_b \frac{V^2 \cdot l_p}{2}. \quad (4)$$

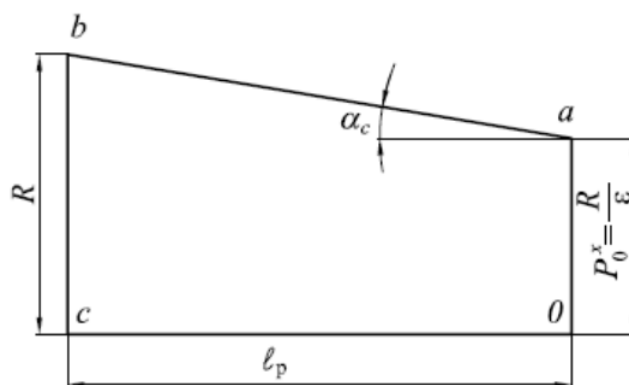


Рисунок 4 - Диаграмма сил, действующих на боек при рабочем ходе

Энергию, затраченную на удаление жидкости:

$$\Delta T_1 = \gamma L_{TC} S_{TC} \frac{V^2}{2} \cdot \frac{S_b^2}{S_{TC}^2} \quad \text{и} \quad \Delta T_2 = \gamma S_b \frac{l_p \cdot V^2}{2},$$

считаем потерями и стремимся к их снижению.

Инерционные потери энергии, определяемые сливным трубопроводом

$$\frac{\Delta T_1}{T} = \frac{M_{жс}}{m_b} \cdot \frac{S_b^2}{S_{TC}^2},$$

зависят не только от массы жидкости в трубопроводе

$$M_{жс} = \gamma L_{TC} S_{TC},$$

но и от скорости движения жидкости, а именно, от соотношения площадей сечений камеры обратного хода  $S_b$  и сливного трубопровода  $S_{TC}$ .

Введем обозначение:

$$S_0 = \frac{S_b}{S_{TC}},$$

тогда

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{M}{S_0^2 m_b}.$$

Зависимости относительных потерь энергии  $\Delta T_1/T$  от соотношения площадей сечений сливного трубопровода и камеры обратного хода приведены на рисунке 5.

Приведенные зависимости позволяют сделать следующие выводы:

1. Выбор площадей поперечного сечения сливного трубопровода является неоднозначным;
2. Увеличение площади сечения приводит к росту объема и массы жидкости с одной стороны;
3. Уменьшение площади приводит к значительному росту скорости движения жидкости и соответственно, потерь энергии с другой стороны,
4. Потери энергии  $\Delta T_2$  зависят только от рабочего объема камеры обратного хода Б:

$$\frac{\Delta T_2}{T} = \frac{M_{жб}}{2m_6}$$

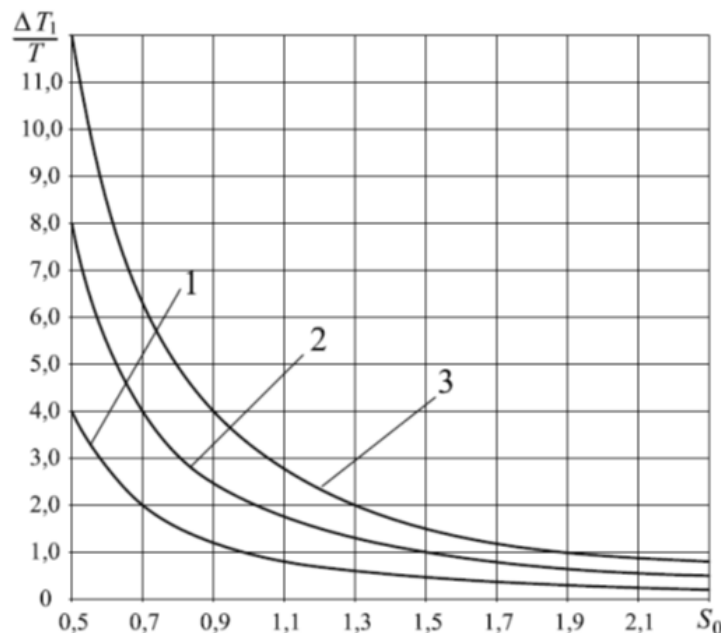


Рисунок 5 - Зависимости относительных потерь энергии  $\Delta T_1/T$  от соотношения площадей сечений  $S_0$

Учитывая вышеперечисленное возможно сделать следующие рекомендации. Одним из способов уменьшения потерь энергии является снижения скорости жидкости в сливном трубопроводе путем установка сетевого гидропневмоаккумулятора  $A_c$ . Физическая модель такого модернизированного сливного трубопровода приведена на рисунке 6.

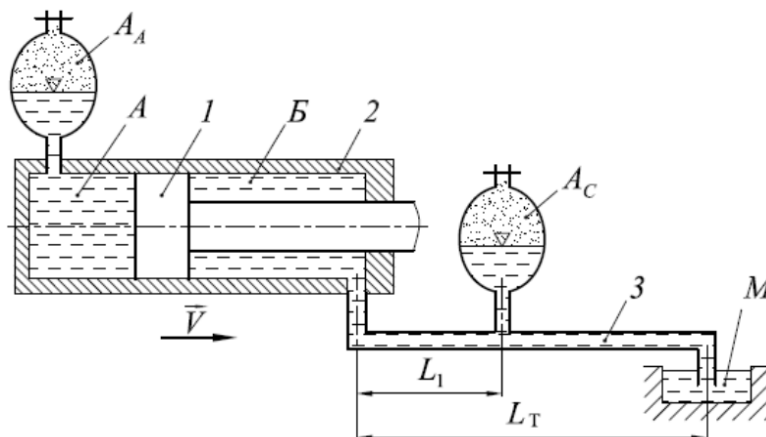


Рисунок 6 – Физическая модель модернизированного сливного трубопровода для ударных механизмов шестого и седьмого классов (трубопровод с аккумулятором)

1 – боек, 2 – корпус, 3- сливной трубопровод,  $A_c$  – сетевой гидропневмоаккумулятор,  $A_A$  – гидропневмоаккумулятор камеры рабочего хода, А и Б – камеры рабочего и обратного ходов, М – маслобак

В данном случае действие аккумулятора  $A_c$  позволит производить удаление жидкости в маслобак равномерно в течение всего цикла движения, что существенно уменьшает потери

энергии при работе гидравлических ударных механизмов с пневматической камерой рабочего хода.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котылев, Ю.Е. Прикладная теория гидравлических машин ударного действия [Текст] / Ю.Е. Котылев, Д.Н. Ешуткин. – Машиностроение-1, 2007. – 175 с.
2. Новиков, А.Н. Автомобильные заправочные станции и комплексы [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов. – Орел: Изд-во ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – 144с.
3. Ушаков, Л.С. Импульсные технологии и гидравлические ударные механизмы [Текст] / Л.С. Ушаков. – Орел: Орел-ГТУ, 2009. – 250с.
4. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2006. – 334с.
5. Дорожно-строительные машины и комплексы [Текст] / В.И. Баловнев, Г.В. Кустарев, Е.С. Локшини др. – Омск: изд-во СибАДИ, 2001. – 525с.
6. Севрюгина, Н.С. Интегрирование теории вероятности случайных процессов в информационно-аналитическом комплексе мониторинга работоспособности дорожных машин [Текст]: материалы международной научно-технической конференции ИНТЕРСТРОЙМЕХ – 2015 / Н.С. Севрюгина // Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет. - 2015. - С. 188-192.
7. Ушаков, Л.С. Теоретико-практические аспекты технического регулирования безопасности гидравлических машин ударного действия [Текст]: материалы международной научно-технической конференции ИНТЕРСТРОЙМЕХ – 2015 / Л.С. Ушаков, Н.С. Севрюгина. - Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет. - 2015. - С. 203-208.
8. Севрюгина, Н.С. теория формирования новых подходов к решению проблемы обеспечения технической безопасности строительных и дорожных машин [Текст] / Н.С. Севрюгина. – М.: СДМ-Пресс, 2015. - Строительные и дорожные машины. - №4. - С. 33-37.
9. Катунин, А.А. Анализ способов планетарной обработки неполных сферических поверхностей [Текст] / А.А. Катунин // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. - №7. – С. 24-26.
10. Степанов, Ю.С. Моделирование процесса ротационной обработки неполных сферических поверхностей шаровых пальцев [Текст] / Ю.С. Степанов, А.А. Катунин // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. - №10. – С. 28-29.
11. Рябчук, С.А. Машины ударного действия. Расчет тормозных устройств импульсных приводов [Текст] / С.А. Рябчук, Л.С. Ушаков. – Орел: Орел-ГТУ, 2009. - 29с.
12. Ушаков, Л.С. Импульсные технологии и гидравлические ударные механизмы [Текст] / Л.С. Ушаков. – Орел: Орел-ГТУ, 2009. – 250 с.
13. Ушаков, Л.С. Гидравлический привод строительных и дорожных машин [Текст] / Л.С. Ушаков. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2012. – 203с.
14. Горин, А.В. Объемный гидропривод комбинированной машины для образования скважин в грунтах [Текст]: монография / А.В. Горин, Д.Н. Ешуткин, М.А. Горина. - Орел: Госуниверситет - УНПК, 2015. – 127 с.
15. Ешуткин, Д.Н. Гидравлические машины ударного действия [Текст] / Д.Н. Ешуткин, А.В. Журавлева, А.И. Абдурашитов. – Орел: Госуниверситет - УНПК, 2011. – 137 с.
16. Ушаков, Л.С. Гидравлические машины ударного действия [Текст] / Л.С. Ушаков, Ю.Е. Котылев, В.А. Кравченко. – М.: Машиностроение, 2000. – 416 с.
17. Горин, А.В. Применение гидравлических машин ударного действия для образования скважин в грунтах: монография [Текст] / А.В. Горин, Д.Н. Ешуткин, М.А. Горина. - Орел: Госуниверситет - УНПК, 2015. – 151 с.
18. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей машин, изготовленных из алюминиевых сплавов, электрохимическими способами [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева. – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2004. – 169с.
19. Горбунов, В.Ф. Импульсный гидропривод горных машин [Текст] / В.Ф. Горбунов, А.Г. Лазуткин, Л.С. Ушаков. – Новосибирск: Наука, 1986. – 197 с.
20. Ешуткин, Д.Н. Моделирование привода статико-динамической машины для бестраншейного строительства трубопроводов [Текст] / Д.Н. Ешуткин, А.В. Журавлева, А.В. Горин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». - 2011. - №3(287). – С. 20-26.
21. Ешуткин, Д.Н. Методика инженерного расчета статико-динамической машины для бестраншейного строительства трубопроводов [Текст] / Д.Н. Ешуткин, А.В. Горин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». - 2011. - №2/2(286). – С. 104-109.
22. Горин, А.В. Проверка изделий, заполненных предельными углеводородами, на герметичность [Текст]: монография / А.В. Горин, Е.Н. Грядунова, М.А. Горина – Орел: ООО ПФ «Картуш», 2016. – 98 с.
23. Башта, Т.М. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы [Текст] / Т.М.Башта. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

24. Янцен, И.А. Основы теории и конструирования гидропневмоударников [Текст] / И.А. Янцен, Д.Н. Ешуткин, В.В. Бородин. – Кемерово: Книжное изд-во, 1977. – 247с.

25. Ешуткин, Д.Н. Высокопроизводительные машины для прокладки инженерных коммуникаций [Текст] / Д.Н. Ешуткин, Ю.М. Смирнов, В.И. Цой, В.Л. Исаев. – М.: Стройиздат, 1999. – 171 с.

26. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. - 2006. - С. 146-148.

**Горин Андрей Владимирович**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническая механика и инженерная графика»

E-mail: gorin57@mail.ru

**Журавлева Анжелика Викторовна**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

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

Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Техническая механика и инженерная графика»

E-mail: anzelikazur2011@yandex.ru

**Горина Мария Андреевна**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

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

Студент

E-mail: gorin57@mail.ru

---

A.V. GORIN, A.V. ZHYRAVLEVA, M.A. GORINA

## **DYNAMICS OF DRAIN PIPE HYDROPERCUSSION MECHANISMS WITH THE AIR BAG STROKE**

*The article investigates the dynamics of the drain pipe hydraulic shock mechanisms with air chamber stroke. A physical model of the drain pipe. A diagram of forces acting on the firing pin at a working course. A dependence of relative energy loss from the area ratios of the cross sections of the working chamber and the drain pipe.*

**Keywords:** hydraulic machine, pipeline, liquid, gidromagistral, striker, camera.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Kotylev, YU.E. Prikladnaya teoriya gidravlicheskih mashin udarnogo deystviya [Tekst] / YU.E. Kotylev, D.N. Eshutkin. - Mashinostroenie-1, 2007. - 175 s.
2. Novikov, A.N. Avtomobil'nye zapravochnye stantsii i komplekсы [Tekst]: uchebnoe posobie / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov. - Orel: Izd-vo FGBOU VPO «Gosuniversitet-UNPK», 2011. - 144s.
3. Ushakov, L.S. Impul'snye tekhnologii i gidravlicheskie udarnye mekhanizmy [Tekst] / L.S. Ushakov. - Orel: Orel GTU, 2009. - 250s.
4. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtomobiley [Tekst]: uchebnoe posobie / A.N. Novikov, M.P. Stratulat, A.L. Sevost'yanov. - Orel: Izd-vo OrelGTU, 2006. - 334s.
5. Dorozhno-stroitel'nye mashiny i komplekсы [Tekst] / V.I. Balovnev, G.V. Kustarev, E.S. Lokshini dr. - Omsk: izd-vo SibaDi, 2001. - 525s.
6. Sevryugina, N.S. Integrirovaniye teorii veroyatnosti sluchaynykh protsessov v informatsionno-analiticheskom komplekse monitoringa rabotosposobnosti dorozhnykh mashin [Tekst]: materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii INTERSTROYMEH - 2015 / N.S. Sevryugina // Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet. - 2015. - S. 188-192.
7. Ushakov, L.S. Teoretiko-prakticheskie aspekty tekhnicheskogo regulirovaniya bezopasnosti gidravlicheskih mashin udarnogo deystviya [Tekst]: materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii INTERSTROYMEH - 2015 / L.S. Ushakov, N.S. Sevryugina. Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet. - 2015. - S. 203-208.
8. Sevryugina, N.S. teoriya formirovaniya novykh podkhodov k resheniyu problemy obespecheniya tekhnicheskoy bezopasnosti stroitel'nykh i dorozhnykh mashin [Tekst] / N.S. Sevryugina. - M.: SDM-Press, 2015. - Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - №4. - S. 33-37.

9. Katunin, A.A. Analiz sposobov planetarnoy obrabotki nepolnykh sfericheskikh poverkhnostey [Tekst] / A.A. Katunin // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2008. №7. - S. 24-26.
10. Stepanov, YU.S. Modelirovanie protsessa rotatsionnoy obrabotki nepolnykh sfericheskikh poverkh-nostey sharovykh pal'tsev [Tekst] / YU.S. Stepanov, A.A. Katunin // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2008. №10. - S. 28-29.
11. Ryabchuk, S.A. Mashiny udarnogo deystviya. Raschet tormoznykh ustroystv impul'snykh privodov [Tekst] / S.A. Ryabchuk, L.S. Ushakov. - Orel: Orel GTU, 2009. 29s.
12. Ushakov, L.S. Impul'snye tekhnologii i gidravlicheskie udarnye mekhanizmy [Tekst] / L.S. Ushakov. - Orel: Orel GTU, 2009. - 250 s.
13. Ushakov, L.S. Gidravlicheskiy privod stroitel'nykh i dorozhnykh mashin [Tekst] / L.S. Ushakov. - Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet UNPK», 2012. - 203s.
14. Gorin, A.V. Ob»emnyy gidroprivod kombinirovannoy mashiny dlya obrazovaniya skvazhin v gruntakh [Tekst]: monografiya / A.V. Gorin, D.N. Eshutkin, M.A. Gorina. Orel: Gosuniversitet - UNPK, 2015. - 127 s.
15. Eshutkin, D.N. Gidravlicheskie mashiny udarnogo deystviya [Tekst] / D.N. Eshutkin, A.V. ZHuravleva, A.I. Abdurashitov. - Orel: Gosuniversitet - UNPK, 2011. - 137 s.
16. Ushakov, L.S. Gidravlicheskie mashiny udarnogo deystviya [Tekst] / L.S. Ushakov, YU.E. Kotylev, V.A. Kravchenko. - M.: Mashinostroyeniye, 2000. - 416 s.
17. Gorin, A.V. Primeneniye gidravlicheskiy mashin udarnogo deystviya dlya obrazovaniya skvazhin v gruntakh: monografiya [Tekst] / A.V. Gorin, D.N. Eshutkin, M.A. Gorina. Orel: Gosuniversitet - UNPK, 2015. - 151 s.
18. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley mashin, izgotovlennykh iz alyuminiyevykh splavov, elektrokhimicheskimi sposobami [Tekst]: uchebnoe posobie / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva. - Orel: Izd-vo OrelGTU, 2004. - 169s.
19. Gorbunov, V.F. Impul'snyy gidroprivod gornykh mashin [Tekst] / V.F. Gorbunov, A.G. Lazutkin, L.S. Ushakov. - Novosibirsk: Nauka, 1986. - 197 s.
20. Eshutkin, D.N. Modelirovanie privoda statiko-dinamicheskoy mashiny dlya bestransheynogo stroitel'stva truboprovodov [Tekst] / D.N. Eshutkin, A.V. ZHuravleva, A.V. Gorin // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - Orel: FGOU VPO «Gosuniversitet-UNPK». - 2011. - №3(287). - S. 20-26.
21. Eshutkin, D.N. Metodika inzhenernogo rascheta statiko-dinamicheskoy mashiny dlya bestransheynogo stroitel'stva truboprovodov [Tekst] / D.N. Eshutkin, A.V. Gorin // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - Orel: FGOU VPO «Gosuniversitet-UNPK». - 2011. - №2/2(286). - S. 104-109.
22. Gorin, A.V. Proverka izdeliy, zapolnennykh predel'nymi uglevodorodami, na germetichnost' [Tekst]: monografiya / A.V. Gorin, E.N. Gryadunova, M.A. Gorina - Orel: OOO PF «Kartush», 2016. - 98 s.
23. Bashta, T.M. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody [Tekst] / T.M. Bashta. - M.: Mashinostroyeniye, 1982. - 423 s.
24. YAntsen, I.A. Osnovy teorii i konstruirovaniya gidropnevmodarnikov [Tekst] / I.A. YAntsen, D.N. Eshutkin, V.V. Borodin. - Kemerovo: Knizhnoye izd-vo, 1977. - 247s.
25. Eshutkin, D.N. Vysokoproizvoditel'nye mashiny dlya prokladki inzhenernykh kommunika-tsiy [Tekst] / D.N. Eshutkin, YU.M. Smirnov, V.I. Tsoy, V.L. Isaev. - M.: Stroyizdat, 1999. - 171 c.
26. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin. - 2006. - S. 146-148.

**Gorin Andrei Vladimirovich**

FGBOU VO «Orlovsky name IS State University Turgenev»

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Candidate Science Technician, the senior lecturer of faculty «Theoretical mechanics and engineering graphics»

E-mail: gorin57@mail.ru

**Zhyravleva Angelika Viktorovna**

FGBOU VO «Orlovsky name IS State University Turgenev»

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Candidate Phisiko-mathematikal Science, the senior lecturer of faculty «Theoretical mechanics and engineering graphics»

E-mail: anzelikazur2011@yandex.ru

**Gorina Maria Andreevna**

FGBOU VO «Orlovsky name IS State University Turgenev»

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Student

E-mail: gorin57@mail.ru

А.В. ПАНИЧКИН, А.С. ТРУБИН

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АВТОГРЕЙДЕРОВ

*Рассмотрены вопросы оценки эффективности автогрейдеров по таким параметрам как мощность, вес и размеры отвала, построены диаграммы зависимостей для выбора оптимальных параметров.*

**Ключевые слова:** автогрейдер, эффективность, производительность, отвал, зависимости.

Наиболее напряженным рабочим процессом автогрейдера на линейных земляных работах является косое копанье грунта [14]. Этот процесс определяет методику тягового расчета и выбора основных параметров автогрейдера (веса, усилия тяги, мощности двигателя и размеров отвала). Исходными для расчета должны быть назначение и производительность машины, а также данные о характере взаимодействия ее колесного движителя и отвала с грунтом [12].

Замкнутость системы «грунт-отвал-база-колесный движитель-грунт» обуславливает взаимозависимость всех параметров автогрейдера. Так, например, его производительность по вырезанию грунта выражается уравнением:

$$P=1000 \cdot F \cdot v = 1000 \frac{Tv}{K'} = 1000 \cdot \frac{0,7(G_{сц}\varphi - G_A f)v}{K'} = \frac{270N_{дв}\eta_T}{1,2K'}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения стружки грунта,  $\text{м}^2$ ;

$v$  - скорость движения автогрейдера,  $\text{км}/\text{ч}$ ;

$T$  - свободная сила тяги на отвале, соответствующая максимальной тяговой мощности колесного движителя автогрейдера,  $\text{т}$ ;

$K'$  - удельное сопротивление копанью грунта отвалом,  $\text{МПа}$ ;

$\eta_T$  - к.п.д. тяги (произведение механического к.п.д. трансмиссии автогрейдера на к.п.д. колесного движителя);

$G_{сц}$  - сцепной вес автогрейдера,  $\text{Н}$ ;

$G_A$  - общий вес автогрейдера,  $\text{Н}$ ;

$\varphi$  - коэффициент сцепления ведущих колес с грунтом;

$f$  - коэффициент сопротивления качению колес;

$N_{дв}$  - мощность двигателя автогрейдера,  $\text{л.с.}$

Уравнение (1) составлено с учетом результатов исследований [4]. Коэффициент 0,7 получен экспериментальным путем. Он устанавливает связь между максимально возможной силой тяги автогрейдера по сцеплению и величиной  $T$ . Коэффициент 1,2 определяет примерный запас мощности двигателя, необходимый для преодоления возможных временных перегрузок. Грунтовые условия и параметры отвала в уравнении (1) отражены величинами  $K'$  и  $F$ .

Чтобы сопоставить эффективность различных автогрейдеров, определить влияние изменений основных параметров машины на показатели работы и сравнить их с показателями других землеройно-транспортных машин, следует определить удельную металлоемкость и  $M_y$  и удельную энергоемкость  $\mathcal{E}_y$  с учетом дальности перемещения грунта [3].

Для анализа работы автогрейдеров эти показатели имеют особое значение. Они позволяют подойти к обоснованию рационального угла захвата  $\alpha$  отвала (угла его установки в плане), который существенно влияет на величину бокового перемещения вырезанного грунта и сопротивление копанью. Если принять, что вырезание грунта производится на постоянной



глубине по всей длине ножа  $L$  (на характер зависимостей это не влияет), то дальность бокового перемещения грунта отвалом составит  $\frac{L}{2} \sin \alpha$ . Тогда применительно к уравнению процесса вырезания (1) удельная металлоемкость составит:

$$M_y = \frac{2G_A}{\Pi L \sin \alpha} = \frac{K'}{350Lv(a\varphi - f) \sin \alpha}, \text{ м} \cdot \text{ч} / \text{М}^4, \quad (2)$$

а удельная энергоёмкость:

$$\mathcal{E}_y = \frac{2N_{ДВ}}{\Pi L \sin \alpha} = \frac{K'}{112,5\eta_T L \sin \alpha}, \text{ л.с. ч} / \text{М}^4, \quad (3)$$

где  $\alpha$  - отношение сцепного веса к общему весу автогрейдера.

Если в среднем принять для наиболее распространенных автогрейдеров с колесной схемой  $1 \times 2 \times 3$   $\eta_T = 0,7$ ,  $\varphi = 0,8$ ,  $f = 0,08$ ,  $a = 0,7$ , производительность, удельная металлоемкость и удельная энергоёмкость составят:

$$\Pi = \frac{336G_A v}{K'} = \frac{157,5N_{ДВ}}{K'}, \text{ М}^3 / \text{ч}, \quad (1')$$

$$M_y = \frac{K'}{168Lv \sin \alpha}, \text{ м} \cdot \text{ч} / \text{М}^4, \quad (2')$$

$$\mathcal{E}_y = \frac{K'}{78,8L \sin \alpha}, \text{ л.с. ч} / \text{М}^4. \quad (3')$$

Для автогрейдеров с колесной схемой  $1 \times 3 \times 3$  при  $\alpha = 1$ :

$$\Pi = \frac{504G_A v}{K'} = \frac{157,5N_{ДВ}}{K'}, \text{ М}^3 / \text{ч},$$

$$M_y = \frac{K'}{252Lv \sin \alpha}, \text{ м} \cdot \text{ч} / \text{М}^4 \quad (2'')$$

Из уравнений (1'), (2'), (3'), (1'') и (2'') следует, что эффективность работы автогрейдеров возрастает с увеличением их веса, мощности и рабочей скорости передвижения и снижается при ухудшении грунтовых условий.

Уравнение для определения удельного сопротивления грунта копанию отвалом автогрейдера [3]:

$$K' = (0,3\alpha + 0,7)K + [(6,8\gamma - 4,3)\alpha + 5,9 - 5,2\gamma] \cdot 2,75L\Delta\gamma f_1 \varphi_2 \tan \alpha. \quad (4)$$

Выражение (4) учитывает физический смысл процесса взаимодействия отвала с грунтом и показывает, что при уменьшении длины отвала удельное сопротивление копанию уменьшается. Однако уменьшение длины отвала, как и угла захвата, целесообразно для снижения удельного сопротивления копанию, при прочих равных условиях приводит к снижению производительности автогрейдера, так как сокращает путь бокового перемещения грунта. Величина  $K'$  поэтому не может служить критерием оптимального течения процесса косоугольного копания.

Этот процесс на отвале следует оценивать по удельной энергоёмкости  $W_0$ , которая учитывает расход энергии на вырезание  $1 \text{ м}^3$  грунта и перемещение его на  $1 \text{ м}$  в сторону по

нормали к направлению движения автогрейдера. Показатель  $W_0$  аналогичен показателю  $\mathcal{E}_y$ , но характеризует не работу машины в целом, а лишь процесс на отвале. Так как расход энергии на вырезание  $1 \text{ м}^3$  численно равен  $K'$ , то:

$$W_0 = \frac{K'}{\frac{L}{2} \sin \alpha} = 2 \left[ \frac{(0,3\alpha + 0,7)K}{L \sin \alpha} + \frac{(6,8\gamma + 4,3)\alpha + 5,9 - 5,2\gamma}{\cos \alpha} \cdot 2,75 \Delta f_1 \gamma \varphi_2 \right], \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (5)$$

Анализ уравнения (5) показывает, что удельная энергоёмкость косого копания может быть снижена путем увеличения длины отвала и правильного выбора угла захвата.

Для практического использования при тяговых расчетах автогрейдеров уравнение (4) может быть упрощено, если принять, что выгодное значение угла захвата  $\alpha = 35^\circ$ , минимально возможная величина угла резания  $\gamma_{\min} = 30 \dots 40^\circ$ , угол трения грунта по стали в среднем составляет  $0,45 \text{ рад.}$ ,  $f_1 = 1$ ,  $\Delta = 1,75 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , удельное сопротивление резанию  $K = 11 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Тогда:

$$K' = 10 + 2,6L, \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (6)$$

Подставив значение  $K'$  из уравнения (6) и  $\alpha = 35^\circ$  в уравнения (1'), (2'), (3'), получим основные показатели работы автогрейдеров с колесной схемой  $1 \times 2 \times 3$ :

$$\Pi = \frac{336G_A v}{10 + 2,6L} = \frac{157,5N_{\text{дв}}}{10 + 2,6L}, \text{ М}^3/\text{ч}, \quad (7)$$

$$M_y = \frac{10 + 2,6L}{96Lv}, \text{ м} \cdot \text{ч}/\text{М}^4, \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_y = \frac{10 + 2,6L}{45L}, \text{ л.с. ч}/\text{М}^4 \quad (9)$$

Для машин с колесной схемой  $1 \times 3 \times 3$  при подстановке тех же значений  $K'$  и  $\alpha$  в уравнения (1'') и (2''):

$$\Pi = \frac{504G_A v}{10 + 2,6L} = \frac{157,5N_{\text{дв}}}{10 + 2,6L}, \text{ М}^3/\text{ч}, \quad (10)$$

$$M_y = \frac{10 + 2,6L}{144Lv}, \text{ м} \cdot \text{ч}/\text{М}^4, \quad (11)$$

Уравнения (7), (10) и (1) позволяют установить зависимости между весом автогрейдера и мощностью его двигателя, а также между размерами отвала автогрейдера и его весом. Однако, если в уравнениях (7) и (10) связь между  $H, L$  и  $G_A(N_{\text{дв}})$  выражена достаточно явно, хотя и без учета запаса мощности на управление автогрейдером, то для раскрытия зависимостей между  $H, L$  и  $G_A(N_{\text{дв}})$  с помощью уравнения (1) необходим ряд условных допущений, например, при увязке предельных размеров призмы волочения с размерами отвала. Поэтому целесообразно по зависимостям (7), (10) и (1) установить лишь форму связи между указанными параметрами, а сами зависимости выявить на основе статистической обработки показателей современных отечественных автогрейдеров (рис. 1).

Для анализа были выбраны автогрейдеры легкого, среднего и тяжелого типов с колесными схемами  $1 \times 1 \times 2$  (ГС-10.01, ДЗ-100),  $1 \times 2 \times 3$  (ДЗ-122Б, ГС-10.07, ГС-14.02, ГС-18.05, ГС-18.06, ТГ-140, ТГ-180, ДМ-14.0),  $1 \times 2 \times 2$  (ГС-10.08),  $1 \times 3 \times 3$  (ГС-25.09, ТГ-200, ТГ-250, ДЗ-98В, СДМ-25, ДЗ-298-1, ДЗ-298-3) производства ЗАО «Брянский Арсенал», ЗАО «ПО «Ир-

маш», ЗАО «ЧСДМ», ООО «СпецДорМаш», ЗАО «Дормаш», ООО «Завод Дорожных машин» [16-21].

Предварительный анализ уравнений (7), (10) и (1) показывает, что связи между  $G_A$  и  $N_{дв}$ , а также между высотой  $H$  и длиной  $L$  отвала являются линейными, а связи размеров отвала с весом автогрейдера – квадратичными.

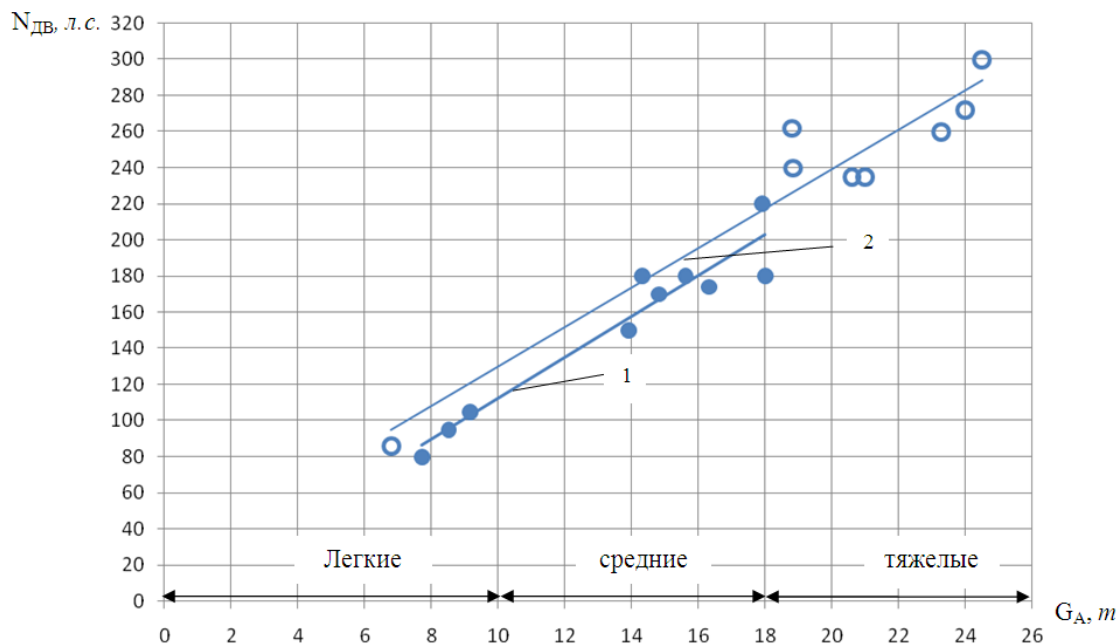


Рисунок 1 – Изменение мощности двигателя  $N_{дв}$  в зависимости от веса современных отечественных автогрейдеров:

1 – машины с колесной схемой  $1 \times 1 \times 2$  и  $1 \times 2 \times 3$ ; 2 – машины с колесной схемой  $1 \times 2 \times 2$  и  $1 \times 3 \times 3$

Предложены следующие зависимости [4], которые можно использовать в практических расчетах:

для машин с колесной схемой  $1 \times 1 \times 2$  и  $1 \times 2 \times 3$

$$N_{дв} = 10,6G_A + 5 \text{ л.с.}; \quad (12)$$

для машин с колесной схемой  $1 \times 2 \times 2$  и  $1 \times 3 \times 3$

$$N_{дв} = 15G_A + 4 \text{ л.с.}; \quad (12')$$

для машин всех типов:

$$H = 0,25L - 0,3, \text{ м}; \quad (13)$$

$$H = 0,19\sqrt{G_A}, \text{ м}; \quad (14)$$

$$L = 0,76\sqrt{G_A} + 1,2, \text{ м}. \quad (15)$$

Подставляя зависимость (15) в выражения (7), (8), (9), (10) и (11), можно получить итоговые уравнения, характеризующие производительность автогрейдера по вырезанию грунта, его удельные металлоемкость и энергоемкость в зависимости от веса машины и длины ее отвала. Для машин с колесной схемой  $1 \times 1 \times 2$  и  $1 \times 2 \times 3$ :

$$\Pi = \frac{170G_A v}{6,7 + \sqrt{G_A}} = \frac{583(L-1,2)^2 v}{10 + 2,6L}, M^3/ч, \quad (16)$$

$$M_y = \frac{6,7 + \sqrt{G_A}}{(59 + 37\sqrt{G_A})v}, m \cdot ч/M^4, \quad (17)$$

$$\mathcal{E}_y = \frac{6,7 + \sqrt{G_A}}{28 + 17\sqrt{G_A}}, л.с. ч/M^4 \quad (18)$$

Для машин с колесной схемой 1×2×2 и 1×3×3:

$$\Pi = \frac{255G_A v}{6,7 + \sqrt{G_A}} = \frac{873(L-1,2)^2 v}{10 + 2,6L}, M^3/ч, \quad (16')$$

$$M_y = \frac{6,7 + \sqrt{G_A}}{(88 + 56\sqrt{G_A})v}, m \cdot ч/M^4, \quad (17')$$

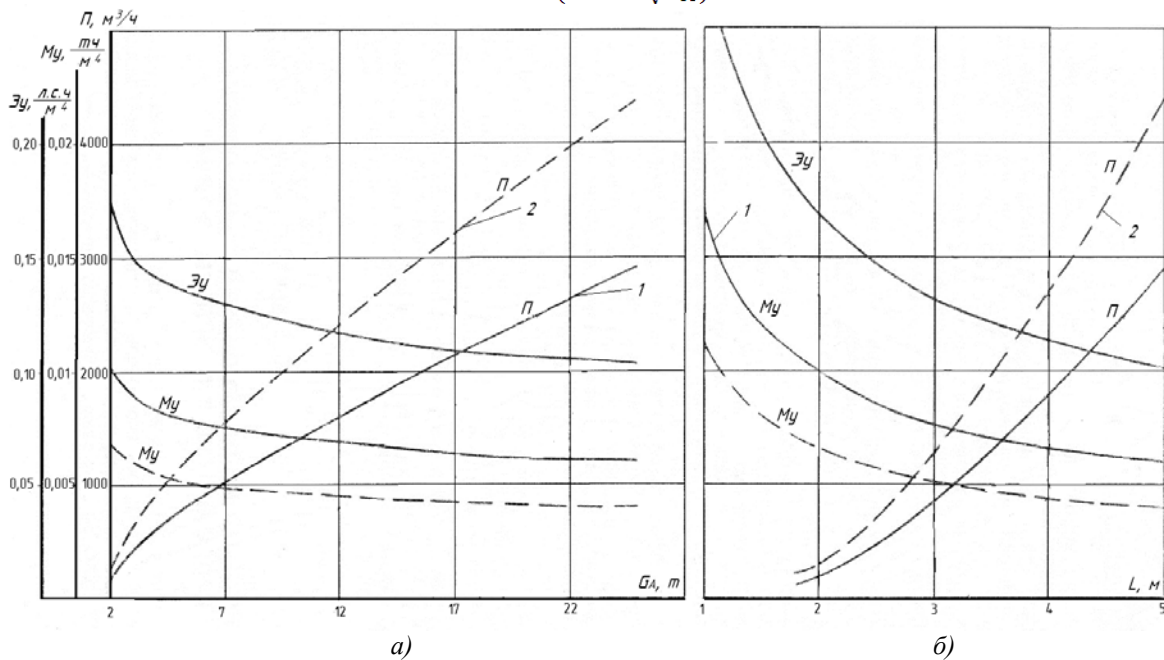


Рисунок 2 – Изменение производительности  $\Pi$ , удельной металлоемкости  $M_y$  и энергоёмкости  $\mathcal{E}_y$  в зависимости от веса  $G_A$  (а) и длины отвала  $L$  (б) автогрейдера:

1 – машины с колесной схемой 1×1×2 и 1×2×3; 2 – машины с колесной схемой 1×2×2 и 1×3×3

На рисунке 2 зависимости (16), (17), (18), (16') и (17') представлены графически. Для расчетов была выбрана скорость движения автогрейдера 8 км/ч. Из графиков видно как повышается эффективность работы автогрейдеров по мере роста их веса и увеличения длины отвала. При увеличении длины отвала производительность увеличивается, а удельная энергоёмкость и металлоёмкость снижаются более интенсивно, чем при увеличении веса автогрейдера. Это подтверждает высокую эффективность автогрейдеров со всеми ведущими мостами.

Дальнейшее повышение производительности автогрейдеров будет происходить за счет оптимизации рабочих скоростей, применения современных материалов, в том числе неметаллов, и еще более широкого применения автоматизированных систем управления отвалом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паничкин, А.В. Эффективность бульдозерного оборудования при заглублении отвала [Текст] / А.В. Паничкин // Мир транспорта и технологических машин. - №4. - 2010. - С.87-90.

2. Паничкин, А.В. Расчет тяговых и эксплуатационных параметров бульдозеров [Текст] / А.В. Паничкин, А.С. Трубин. – Орёл, 2016.
3. Паничкин, А.В. Влияние угла резания на возникающие сопротивления при разработке грунта [Текст] / А.В. Паничкин // Известия ОрелГТУ. Естественные науки. - 2004. - № 3-4.
4. Паничкин, А.В. Экономическая эффективность уточненной методики расчета сопротивления грунта резанию [Текст]: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции / А.В. Паничкин // Производство и ремонт машин. – Ставрополь. - 2005. - С. 24-27.
5. Паничкин, А.В. Автоматизация навесного оборудования бульдозера [Текст]: труды международной научно-технической конференции / А.В. Паничкин // Ресурсосбережение XXI век. – СПб. - 2005. - С. 111–115.
6. Недорезов, И.А. К методике определения основных параметров отвалов и тягового расчета автогрейдеров [Текст] / И.А. Недорезов // Строительные и дорожные машины. - №1- 1992.
7. Недорезов, И.А. Тяговый расчет и выбор основных параметров автогрейдеров [Текст]: сборник статей / И.А. Недорезов // Исследования дорожных машин. - М.: НИИИинфстройдоркоммунмаш, 1985.
8. Ульянов, Н.А. Основы теории и расчета колесного движителя землеройных машин [Текст] / Н.А. Ульянов. - М.: Машгиз, 1962.
9. Лозовой, Д.А. Показатели для сравнения типоразмеров строительных машин [Текст] / Д.А. Лозовой // Строительные и дорожные машины. - 1963. - № 8.
10. Борисенков, В.А. Построение тяговой характеристики самоходных колесных машин с учетом изменяющейся величины сопротивления качению [Текст]: сборник статей / В.А. Борисенков // Исследования дорожных машин. - Омск.: СибАДИ, 1973.
11. Бородин, Н.Г. Средства механизации земляных работ [Текст] / Н.Г. Бородин, В.Л. Баладинский, В.Н. Смирнов. – М.: Военное издательство, 1985.
12. Волков, Д.П. Трансмиссии строительных и дорожных машин [Текст] / Д.П. Волков, А.Ф. Крайнев. – М.: Машиностроение, 1974.
13. Волков, Д.П. Повышение качества строительных машин [Текст] / Д.П. Волков, С.Н. Николаев. – М.: Стройиздат, 1984.
14. Зеленин, А.Н. Машины для земляных работ [Текст] / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение, 1974.
15. Баловнев, В.И. Дорожно-строительные машины и комплексы [Текст] / В.И. Баловнев, А.Б. Ермилов, А.Н. Новиков. – М.: Машиностроение, 1988.
16. ЗАО «Брянский Арсенал» [Электронный ресурс] URL: <http://www.arsenal-sdm.ru/> (Дата обращения 23.09.2016).
17. ЗАО «ПО «Ирмаш» [Электронный ресурс] URL: <http://irmash.com/> (Дата обращения 23.09.2016).
18. ЗАО «ЧСДМ» [Электронный ресурс] URL: <http://www.chsdm.ru/> (Дата обращения 23.09.2016).
19. ООО «СпецДорМаш» [Электронный ресурс] URL: <http://sdm25.ru/> (Дата обращения 23.09.2016).
20. ЗАО «Дормаш» [Электронный ресурс] URL: <http://www.orel-dormash.ru/> (Дата обращения 23.09.2016).
21. ООО «Завод Дорожных машин» [Электронный ресурс] URL: <http://dormashina.ru/> (Дата обращения 23.09.2016).
22. Радченко, С.Ю. Анализ видов повреждений шаровых шарниров [Текст] / С.Ю. Радченко, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 1 (36). - С. 8-14.

**Паничкин Антон Валерьевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»

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

Канд.техн.наук, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»

E-mail: terra79@yandex.ru

**Трубин Алексей Сергеевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»

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

Аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»

E-mail: alextrubin@yandex.ru

---

A.V. PANICHKIN, A.S. TRUBIN

**DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE CURRENT  
NATIONAL MOTOR GRADERS**

*The questions assess the effectiveness of the graders for parameters such as power, weight and size of the blade, the constructed dependency graphs to select the optimum parameters.*

**Keywords:** motor grader, efficiency, performance, blade, depending.

## BIBLIOGRAPHY

1. Panichkin, A.V. Effektivnost' bul'dozernogo oborudovaniya pri zaglublennii otvala [Tekst] / A.V. Panichkin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №4. - 2010. - S.87-90.
2. Panichkin, A.V. Raschet tyagovykh i ekspluatatsionnykh parametrov bul'dozerov [Tekst] / A.V. Panichkin, A.S. Trubin. - Oriol, 2016.
3. Panichkin, A.V. Vliyaniye ugla rezaniya na voznikayushchie soprotivleniya pri razrabotke grunta [Tekst] / A.V. Panichkin // Izvestiya OrelGTU. Estestvennyye nauki. - 2004. - № 3-4.
4. Panichkin, A.V. Ekonomicheskaya effektivnost' utochnennoy metodiki rascheta soprotivleniya grunta rezaniyu [Tekst]: sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.V. Panichkin // Proizvodstvo i remont mashin. - Stavropol'. - 2005. - S. 24-27.
5. Panichkin, A.V. Avtomatizatsiya navesnogo oborudovaniya bul'dozera [Tekst]: trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.V. Panichkin // Resursobezrezhenie XXI vek. - SPb. - 2005. - S. 111-115.
6. Nedorezov, I.A. K metodike opredeleniya osnovnykh parametrov otvalov i tyagovogo rascheta avtogreyderov [Tekst] / I.A. Nedorezov // Stroitel'nye i dorozhnyye mashiny. - №1- 1992.
7. Nedorezov, I.A. Tyagovyy raschet i vybor osnovnykh parametrov avtogreyderov [Tekst]: sbornik statey / I.A. Nedorezov // Issledovaniya dorozhnykh mashin. - M.: NIInfstroydorkommunmash, 1985.
8. Ul'yanov, N.A. Osnovy teorii i rascheta kolesnogo dvizhitelya zemleroynykh mashin [Tekst] / N.A. Ul'yanov. - M.: Mashgiz, 1962.
9. Lozovoy, D.A. Pokazateli dlya sravneniya tiporazмеров stroitel'nykh mashin [Tekst] / D.A. Lozovoy // Stroitel'nye i dorozhnyye mashiny. - 1963. - № 8.
10. Borisenkov, V.A. Postroyeniye tyagovoy kharakteristiki samokhodnykh kolesnykh mashin s uchetom izmenyayushchey velichiny soprotivleniya kacheniyu [Tekst]: sbornik statey / V.A. Borisenkov // Issledovaniya dorozhnykh mashin. - Omsk.: SibADI, 1973.
11. Borodin, N.G. Sredstva mekhanizatsii zemlyanykh rabot [Tekst] / N.G. Borodin, V.L. Baladinskiy, V.N. Smirnov. - M.: Voennoe izdatel'stvo, 1985.
12. Volkov, D.P. Transmissii stroitel'nykh i dorozhnykh mashin [Tekst] / D.P. Volkov, A.F. Kraynev. - M.: Mashinostroeniye, 1974.
13. Volkov, D.P. Povysheniye kachstva stroitel'nykh mashin [Tekst] / D.P. Volkov, S.N. Nikolaev. - M.: Stroyizdat, 1984.
14. Zelenin, A.N. Mashiny dlya zemlyanykh rabot [Tekst] / A.N. Zelenin, V.I. Balovnev, I.P. Kerov. - M.: Mashinostroeniye, 1974.
15. Balovnev, V.I. Dorozhno-stroitel'nye mashiny i komplekсы [Tekst] / V.I. Balovnev, A.B. Ermilov, A.N. Novikov. - M.: Mashinostroeniye, 1988.
16. ZAO «Bryanskiy Arsenal» [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.arsenal-sdm.ru/> (Data obrashcheniya 23.09.2016).
17. ZAO «PO «Irmash» [Elektronnyy resurs] URL: <http://irmash.com/> (Data obrashcheniya 23.09.2016).
18. ZAO «CHSDM» [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.chsdm.ru/> (Data obrashcheniya 23.09.2016).
19. OOO «SpetsDorMash» [Elektronnyy resurs] URL: <http://sdm25.ru/> (Data obrashcheniya 23.09.2016).
20. ZAO «Dormash» [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.orel-dormash.ru/> (Data obrashcheniya 23.09.2016).
21. OOO «Zavod Dorozhnykh mashin» [Elektronnyy resurs] URL: <http://dormashina.ru/> (Data obrashcheniya 23.09.2016).
22. Radchenko, S.YU. Analiz vidov povrezhdeniy sharovykh sharnirov [Tekst] / S.YU. Radchenko, A.N. Novikov, A.A. Katunin, M.D. Tebekin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1 (36). - S. 8-14.

### **Panichkin Anton Valer'evich**

FGBOU VO «Orel state University named after I. S. Turgenev»

Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya st., 77

Candidate of Engineering Sciences, Head of Department of «Hoisting-and-transport, building and road machines»

E-mail: [teppa79@yandex.ru](mailto:teppa79@yandex.ru)

### **Trubin Alexey Sergeevich**

FGBOU VO «Orel state University named after I. S. Turgenev»

Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya st., 77

Postgraduate at the Department of «Hoisting-and-transport, building and road machines»

E-mail: [alextrubin@yandex.ru](mailto:alextrubin@yandex.ru)

УДК 656.01

А.Е. БОРОВСКОЙ, М.И. МЕДВЕДЕВ, А.Г. ШЕВЦОВА

**АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ  
В ЗОНЕ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ**

*Выполнен анализ существующих моделей для расчета интенсивности движения в зоне регулируемых перекрестков, с использованием различных методик к определению коэффициента приведения к легковому автомобилю. С целью оценки эффективности получаемых значений проведен натурный эксперимент на регулируемом перекрестке г. Белгорода, получены значения коэффициентов приведения, обоснованы принципы применения каждой рассмотренной модели расчета. Получены значения средней величины задержки при использовании коэффициентов приведения. Выполнен модельный эксперимент с использованием полученных данных. Разработаны теоретические подходы к разработке модели расчета интенсивности движения с учетом использования различных коэффициентов приведения. Обозначены пути применения полученных данных и перспектива дальнейших исследований в этой области.*

**Ключевые слова:** интенсивность движения, регулируемый перекресток, коэффициенты приведения, величина задержки, моделирование.

Повышение пропускной способности регулируемых перекрестков, требует увеличения количества светофорных объектов в городах и одновременного ужесточения требований к качеству проектирования и режимам регулирования. В ходе определения длительности цикла светофорного регулирования, основное внимание уделяется определению интенсивности дорожного движения, а именно приведение ее к легковому автомобилю. Сегодня существует большое количество исследований в данном направлении [1-3,5], в ходе анализа выполнен подробный анализ наиболее распространенных исследований.

В моделировании коэффициентов приведения ( $k_{пр}$ ), предложенной впервые американским ученым А. Сосином [1], значение коэффициента приведения, напрямую зависит от величины задержки на регулируемом перекрестке, которая является функцией нескольких факторов и значения которых можно разделить на 3 группы по следующим совокупностям признаков:

- 1) характеризующих транспортную ситуацию на перекрестке;
- 2) определяющих режим регулирования;
- 3) описывающих геометрию перекрестка.

Для оценки влияния на величину задержки группы параметров, определяющих режим регулирования, требуется установка большого количества программ светофорной сигнализации на исследуемых пересечениях. Это требует привлечения значительных материальных и людских ресурсов.

При моделировании движения на регулируемом перекрестке с использованием перечисленных факторов, предполагается, что автомобили подъезжают к перекрестку в момент времени  $A_1, A_2 \dots$  и разъезжаются в момент  $B_1, B_2 \dots$ . Принимается, что скорость до остановки и после «Стоп Линии» является постоянной величиной, равной среднему значению скорости автомобиля при пересечении перекрестка при движении без остановки. Задержка для отдельных автомобилей определяется величиной отрезка  $A_i B_i$ . При моделировании процесс прибытия автомобилей к перекрестку соответствует действительному сценарию прибытия. Определение величины задержки методом моделирования осуществляется при следующих допущениях:

- все подходы к перекрестку рассматриваются по отдельности;
- транспортные средства разъезжаются на перекрестке с постоянной интенсивностью движения в течение зеленого сигнала светофора.

Требуемые исходные данные для компьютерной обработки:

- 1) длительность цикла регулирования;
- 2) длительность эффективного зеленого времени светофора;

3) моменты времени, определяющие прибытие ТС к «Стоп Линии».

Основой всего алгоритма при моделировании является формула определения общей величины задержки за цикл:

$$D = \sum_{i=1}^k [t_{ци} \cdot (1 - \lambda) - t_{сли}] + \frac{k \cdot (k + 1) \cdot t_0}{2} + \dots, \quad (1)$$

где  $k$  – число остановившихся автомобилей, ед.;

$t_{ци}$  – длительность цикла регулирования, с;

$t_{сли}$  – момент времени прибытия автомобилей к «Стоп Линии», с;

$t_0 = 1,9$ с – постоянная величина, характеризующая временной интервал, с которым автомобили пересекают «Стоп Линию».

Для оценки точности отображения моделью действительного процесса, средние величины задержек, полученные при моделировании, сопоставляются с задержками, измеренными в процессе натурных обследований только для легковых автомобилей и для всех типов автомобилей. В данном направлении значительные исследования были проведены А.Г. Левашовым [2].

В рассматриваемой модели  $k_{пр}$  определяются на основе влияния различных типов автомобилей на величину задержки. Коэффициенты  $k_{пр}$  определяются с использованием метода наименьших квадратов. Максимальное значение корреляции между теоретическими  $F(k)$  и эмпирическими  $f(k)$  функциями достигалось из предположения минимальности квадратов отклонений:

$$m = \sum [f(k) - F(k)]^2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

Вычисленные значения  $k_{прi}$  для  $m = 0$  приведены в таблице 1, а теоретическая функция, конвертирующая ТП в ЛА выглядит следующим образом:

$$F(k) = 1,0 \cdot k_1 + 1,6 \cdot k_2 + 1,7 \cdot k_3 + 2,8 \cdot k_4 + 0,6 \cdot k_5. \quad (3)$$

Таблица 1 - Коэффициенты приведения к легковому автомобилю с учетом транспортной ситуации

Тип автомобиля	Значение коэффициента приведения
мотоциклы	0,6
легковой автомобиль	1,0
грузовые автомобили	1,6
автобусы	1,7
автопоезд	2,8

В модели расчета коэффициентов приведения различных типов автомобилей, впервые предложенной Ю.А. Врубелем [3], они определяются по потоку насыщения [4]:

$$k_{hi} = k_{при} = \frac{T_{hi}}{T_{нл}}, \quad (4)$$

где  $T_{hi}$  - установившийся интервал убытия автомобилей вида  $i$ , с;

$T_{нл}$  - то же для очереди автомобилей, состоящей только из легковых, с.

Значения коэффициентов приведения, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Коэффициенты приведения к легковому автомобилю по значению потока насыщения

Тип автомобиля	Значение коэффициента приведения
мотоциклы	0,7
легковой автомобиль	1,0
грузовые автомобили	1,4
автобусы	2,0
автопоезд	2,3
сочлененный автобус	2,6

Модель определения коэффициентов приведения для различных типов автомобилей, разработанная Р.М. Шанти [5] построена с учетом следующих предположений:



1) интенсивность потока насыщения зависит от доли автобусов и грузовых автомобилей в транспортном потоке;

2) влияние грузовых автомобилей на величину потока насыщения характеризуется следующими факторами:

- грузовые автомобили используют больше времени для пересечения перекрестка, чем легковые;

- грузовые автомобили воздействуют на другие автомобили путем увеличения временных интервалов последних.

В данной модели  $k_{пр1}$  - это количество легковых автомобилей, которыми можно заменить один грузовой в очереди без изменения времени ожидания, требующегося для разъезда первоначальной очереди.

Коэффициент приведения, учитывающий только первый фактор:

$$k_{пр1} = \frac{T_{ГА}^{cp}}{T_{ЛА}^{cp}}, \quad (5)$$

где  $T_{ГА}^{cp}$  - среднее значение временного интервала грузового автомобиля, с;

$T_{ЛА}^{cp}$  - то же для легкового автомобиля, с.

Значения  $k_{пр1}$ , рассчитанные по модели учитывающей влияние грузовых автомобилей, представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Коэффициенты приведения к легковому автомобилю с учетом движения грузового транспорта

Тип автомобиля	Значение коэффициента приведения
легковой автомобиль	1,0
грузовые автомобили	1,6
автобусы	1,7
автопоезд	2,3

Значения, представленные в таблице 3, справедливы в предположении, что второй эффект отсутствует. Для учета второго эффекта используется регрессионная зависимость средних значений временных интервалов легковых автомобилей от доли грузовых в транспортном потоке.

Время, требуемое для разъезда на перекрестке очереди из «n» легковых автомобилей и «m» грузовых автомобилей:

$$T_{m+n} = (1 - u) \cdot T_{ЛА}^{cp}(u) + u \cdot T_{ГА}^{cp}(u) = T_m^{эКВ} = (1 - u) \cdot T_{ЛА}^{cp}(u = 0) + k_{пр} \cdot u \cdot T_{ЛА}^{cp}(u = 0), \quad (6)$$

где  $u = \frac{n}{n+m}$  - доля грузовых автомобилей в транспортном потоке.

Согласно выполненному анализу, существующих моделей расчета коэффициентов приведения к легковому автомобилю, при рассмотрении вопроса выбора модели проектирования, следует отметить, что одним из основных факторов, влияющих на выбор регрессивной модели для вычисления  $k_{пр}$  различных типов автомобилей, является наличие результатов экспериментальных обследований и точность определения потока насыщения.

На основе проведенного в настоящем анализе и сопоставления известных зависимостей и методик расчета интенсивности движения [6] и пропускной способности транспортных потоков [7] в узлах регулируемых пересечений, была разработана математическая модель расчета упомянутых параметров и предложен к использованию динамический коэффициент приведения. Этот коэффициент и расчетная часовая пиковая интенсивность движения автомобилей для технологии разового часового обследования транспортных потоков без разделения на промежуточные периоды выражаются следующими нижеприведенными зависимостями:

$$K_{дп} = \frac{\sum k_i \cdot N_i}{\sum N_i}. \quad (7)$$

Величины на регулируемых пересечениях определяются по временным интервалам между моментами пересечения «СТОП» линии передними бамперами автомобилей, следующих к РП в одном ряду друг за другом.

Согласно ОДН 218.046-01, при наличии в составе потока большегрузных автомобилей, учет их воздействия на дорожное покрытие должен производиться по методике с учетом нагрузок, указанных в таблице 4.

Таблица 4 - Расчетные нагрузки на оси автомобилей и на дорожное покрытие от колеса

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка, кН, на:		Расчетные параметры нагрузки	
	Ось	Поверхность покрытия от колеса расчетного ТС	P, МПа	D, см
A1	100	50	0,6	37/33
A2	110	55	0,6	39/34
A3	130	65	0,6	42/37

Упомянутая методика позволяет определить суммарный коэффициент приведения ( $K_m^{сум}$ ) для расчетной нагрузки с учетом динамического характера нагружения и расстояния между крайними осями автомобилей:

$$K_m^{сум} = \sum_1^n K_n = b \cdot (c_1^V) \cdot (c_2^M), \quad (8)$$

где n – число осей у данного автомобиля, для которого определяется коэффициент приведения к расчетной нагрузке;

$$K_n = \left(\frac{Q_{дн}}{Q_{расч}}\right)^p = \left(\frac{Q_n}{Q_{расч}}\right)^p - \text{коэффициент приведения номинальной динамической нагрузки от}$$

колеса каждой из n осей автомобиля к расчетной динамической нагрузке;

$Q_{дн} = K_{дин} \cdot Q_n$  - номинальная (нормативная) динамическая нагрузка от колеса на дорожное покрытие, кН;

$Q_n = K_c \cdot Q_{факт}$  - номинальная (нормативная) статическая нагрузка на колесо той же оси для многоосных автомобилей, кН;

$K_c = a - b\sqrt{B_m - c}$  - коэффициент номинальной статической нагрузки для многоосных автомобилей;

$Q_{факт}$  - фактическая статическая нагрузка на колесо (по паспорту автомобиля);

a, b, c,  $c_1$ ,  $c_2$  – параметры, зависящие от капитальности дорожного покрытия и числа осей автомобилей (эмпирические коэффициенты, зависящие от расчетной нагрузки на ось автомобиля и от показателя ровности покрытия дороги;

V – скорость автомобиля, км/ч;

M – общая масса автомобиля, т;

$B_m$  - расстояние между крайними осями автомобиля, м;

$Q_{д}^{расч} = K_{дин} \cdot Q_{расч}$  - расчетная динамическая нагрузка от колеса на дорожное покрытие, кН;  $Q_{расч}$  - расчетная нагрузка от колеса на дорожное покрытие, кН;

$K_{дин} = 1,3$  – динамический коэффициент;

p = 4,4 – показатель степени для капитальных дорожных одежд; соответственно для облегченных и переходных дорожных одежд p = 3,0 и 2,0.

Значения  $K_m^{сум}$  допускается принимать по таблице 5.

Таблица 5 - Коэффициенты приведения ТС к расчетной нагрузке, допустимые для применения в расчетах дорожных покрытий

№	Тип автомобиля	Коэффициент приведения к расчетной нагрузке
1	Легкие грузовые автомобили, грузоподъемностью 1-2 т	0,005
2	То же средние 2-5 т	0,200

Продолжение таблицы 5

1	2	3
3	То же тяжелые 5-8 т	0,700
4	То же очень тяжелые свыше 8 т	- 1,250 - среднее значение - 1,410 - двухосные типа МАЗ-533603-2121 - 0,48 - трехосные типа КамАЗ-43114
5	автобусы	0,700
6	тягачи с прицепами	1,500
7	Автопоезд гп до 15 т	1,730
8	То же более 15 т	до 3,40

Исходя из вышеприведенных данных по автомобилям приблизительно одинаковой грузоподъемности (МАЗ-533603-2121 и КамАЗ-43114) очевидна необходимость дополнительного учета в коэффициентах приведения конструктивной схемы самого автомобиля. С этой целью, выполнен анализ движения на одном из наиболее загруженных перекрестков г. Белгорода – пр. Б.Хмельницкого-пр.Белгородский, регулирование на котором осуществляется в три фазы. Данные обследования приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Результаты разового обследования ТП в течение T = 60 мин, обработанные по направлениям движения и по фазам регулирования (без разделения на минутные периоды)

Тип автомобиля	Интенсивность на рассматриваемом регулируемом пересечении																		Суммарно по типам ТС $\sum_{i=1}^n N_i$
	Фаза 1					Фаза 2						Фаза 3							
	Направления движения					Направления движения						Направления движения							
	1Н	2Н	4Н	9Н	$\Sigma\Phi 1$	3Н	4Н	5Н	10Н	13Н	$\Sigma\Phi 2$	4Н	5Н	6Н	7Н	11Н	12Н	$\Sigma\Phi 3$	
ТР*	18	12	12	0	42	0	12	0	0	4	16	12	0	0	0	0	0	12	70
АВБ*	42	36	0	15	93	9	0	15	0	0	24	0	15	2	0	6	3	26	143
АВС*	39	24	15	15	93	24	15	15	6	15	75	15	15	9	12	39	6	96	264
АВМ*	9	24	0	9	42	12	0	9	0	15	36	0	9	6	0	6	15	36	114
ГРБ*	9	12	0	0	21	0	0	0	3	0	3	0	0	6	3	3	3	25	73
ГРМ*	60	39	9	3	111	2	9	3	6	9	29	9	3	27	9	15	6	69	209
ЛА*	684	1212	396	75	2367	72	153	75	153	392	845	153	75	195	183	339	135	1080	4292

где ТР\* – троллейбус;

АВБ\* – автобус большой вместимости;

АВС\* - автобус средней вместимости;

АВМ\* - автобус малой вместимости;

ГРБ\* - грузовик большой грузоподъемности (более 6т);

ГРМ\* - грузовик малой грузоподъемности (2- 6т);

ЛА\* - легковой автомобиль.

Согласно выполненному анализу существующих моделей определения интенсивности на регулируемых перекрестках, определено, что существующие оценки конфликтной загрузки на перекрестках и подходах к ним не обеспечивают достаточную точность исходных данных для проектирования регулируемых светофорных перекрестков, обеспечивающих безопасность дорожного движения на многополосных перекрестках. В проанализированных опубликованных литературных источниках недостаточно подробно рассмотрены зависимо-

сти конфликтной загрузки в транспортно-пешеходных потоках и их влияние на пропускную способность перекрестков и не обоснован максимальный предел конфликтной загрузки на перекрестках, обеспечивающий их оптимальную пропускную способность.

В связи с чем, произведен выбор и анализ методики расчетов параметров транспортного потока на основе коэффициентов приведения к легковому автомобилю, рассмотрена методика расчета динамических коэффициентов приведения к расчетной нагрузке, позволяющая учесть в расчетах пропускной способности перекрестка не только массу и грузоподъемность, но и его конструкцию, и степень воздействия на дорожное покрытие. Выполнены обследования регулируемого перекрестка с использованием предложенного динамического коэффициента, получены значения интенсивности движения, необходимой для дальнейших расчетов с целью улучшения дорожной ситуации, в связи с учетом грузового движения [8, 9], а также снижения экологической нагрузки на транспортную систему города [10, 11]. Разрабатываемая модель может быть применима в области развивающихся сегодня интеллектуальных транспортных систем [12, 13], в области светофорного управления [14], а также при использовании имитационного моделирования [15].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sosin, J.A. Delays at intersections controlled by fixed cycle Traffic signals [Текст] / J.A. Sosin // Traffic Eng. And Contr. – 1980. - v21. - №5. - P. 264-265.
2. Левашев, А.Г. Проектирование регулируемых пересечений [Текст]: учебное пособие / А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. - Иркутск: ИрГТУ, 2007. – 208 с.
3. Врубель, Ю.А. О потоке насыщения [Текст] / Ю.А. Врубель. - Минск: Белорус. политехн. ин-т. - 1988. - №663. – 7 с.
4. Боровской, А.Е. Методы определения потока насыщения автотрассы [Текст] / А.Е. Боровской, А.Г. Шевцова // Мир транспорта. - 2013. - Т. 11. - № 3 (47). - С. 44-51.
5. Shanteau R.M. Using cumulative curves to measure saturation flow and l0st time [Text] / R.M. Shanteau // ITE Journal, 1988. - v15. - №10. - P. 27-31.
6. Шевцова, А.Г. Обзор существующих методов исследования интенсивности движения [Текст] / А.Г. Шевцова, М.В. Медведева // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 160-летию со дня рождения В.Г. Шухова. - 2013. - С. 1307-1312.
7. Боровской, А.Е. Влияние состава транспортного потока на пропускную способность пересечения [Текст]: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (с международным участием) / А.Е. Боровской, М.И. Медведев, А.Г. Шевцова // Проблемы функционирования систем транспорта. - 2014. - С. 88-95.
8. Катунин, А.А. Современное состояние обеспеченности процесса управления грузовыми перевозками автомобильным транспортом [Текст]: сборник статей VII Международной научно-технической конференции / А.А. Катунин, В.В. Васильева, А.Н. Сёмкин; отв. редактор Е.В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015). - 2015. - С. 73-76.
9. Новиков, А.Н. Интеллектуальная система управления грузовыми перевозками [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин, В.В. Васильева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - Т. 3. - № 5-3 (16-3). - С. 151-159.
10. Корчагин, В.А. Биосферно-совместимый критерий оценки и сравнения экологической опасности автомобилей [Текст] / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева, С.Н. Сухатерина // Автотранспортное предприятие. - 2015. - № 8. - С. 51-53.
11. Корчагин, В.А. Улучшение экологической ситуации в городе и сокращение времени грузодвижения [Текст] / В.А. Корчагин, А.А. Турсунов, Ю.Н. Ризаева // Вестник Таджикского технического университета. - 2014. - Т. 1. - С. 124-128.
12. Жанказиев, С.В. Научные подходы к формированию концепции построения ИТС в России [Текст] / С.В. Жанказиев, А.М. Иванов, В.М. Власов // Автотранспортное предприятие. - 2010. - № 4. С. 2-8.
13. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы. Пути развития [Текст]: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции / С.В. Жанказиев, А.Г. Шевцова, И.А. Новиков, А.Е. Боровской; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. - 2016. - С. 3-9.
14. Шевцова, А.Г. Современный подход к управлению светофорным объектом [Текст]: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции / А.Г. Шевцова, И.А. Новиков, А.Е. Боровской; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. - 2016. - С. 366-370.
15. Голенков, В.А. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования [Текст] / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, Ю.Н. Баранов, Д.Д. Матназаров // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2015. - № 3 (73). - С. 5-7.

16. 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.

17. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. - 2006. - С. 146-148.

18. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113.

19. 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. 008-011.

**Боровской Алексей Евгеньевич**

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова»

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»

E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com

**Медведев Максим Игоревич**

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова»

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Аспирант кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»

E-mail: crow1290@mail.ru

**Шевцова Анастасия Геннадьевна**

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова»

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

---

A.G. SHEVTSOVA, M.I. MEDVEDEV, A.E. BOROVSKOY

## ANALYSIS OF MODELS FOR CALCULATING THE MOTION INTENSITY ZONECONTROLLED CROSSROADS

*The analysis of existing models for calculation of traffic density in the area controlled intersections, with the use of different methods for determination of the coefficient of bringing a passenger vehicle. To assess the effectiveness of the obtained values conducted full-scale experiment on a regulated intersection in the city of Belgorod, the obtained values of the coefficients of the cast grounded the principles of application of each considered model calculation. The values obtained in average latency when using the coefficients of the cast. Performed a model experiment using the received data. Developed theoretical approaches to develop models of calculation of traffic with the use of different coefficients of ghosts. The ways of application of the received data and the prospect of further research in this area.*

**Keywords:** *the intensity of movement, adjustable the intersection, the coefficients of a cast delay, modeling.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Sosin, J.A. Delays at intersections controlltd by fixed cycle Traffic signals [Tekst] / J.A. Sosin // Traffic Eng. AndContr. - 1980. - v21. - №5. - R. 264-265.
2. Levashev, A.G. Proektirovanie reguliruemykh peresecheniy [Tekst]: uchebnoe posobie / A.G. Levashev, A.YU. Mikhaylov, I.M. Golovnykh. - Irkutsk: IrGTU, 2007. - 208 s.
3. Vrubeľ, YU.A. O potoke nasyshcheniya [Tekst] / YU.A. Vrubeľ. - Minsk: Belarus. politekhn. in-t. - 1988. - №663. - 7 s.
4. Borovskoy, A.E. Metody opredeleniya potoka nasyshcheniya avtotrassy [Tekst] / A.E. Borovskoy, A.G. Shevtsova // Mir transporta. - 2013. - T. 11. - № 3 (47). - S. 44-51.
5. Shanteau R.M. Using cumulative curves to measure saturation flow and l0st time [Text] / R.M. Shanteau // ITE Journal, 1988. - v15. - №10. - R. 27-31.

6. Shevtsova, A.G. Obzor sushchestvuyushchikh metodov issledovaniya intensivnosti dvizheniya [Tekst] / A.G. Shevtsova, M.V. Medvedeva // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova, posvyashchennaya 160-letiyu so dnya rozhdeniya V.G. Shukhova. - 2013. - S. 1307-1312.
7. Borovskoy, A.E. Vliyanie sostava transportnogo potoka na propusknuyu sposobnost' peresecheniya [Tekst]: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchyo-nykh (s mezhdunarodnym uchastiem) / A.E. Borovskoy, M.I. Medvedev, A.G. Shevtsova // Problemy funktsionirovaniya sistem transporta. - 2014. - S. 88-95.
8. Katunin, A.A. Sovremennoe sostoyanie obespechennosti protsessa upravleniya gruzovymi perevozka-mi avtomobil'nym transportom [Tekst]: sbornik statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.A. Katunin, V.V. Vasil'eva, A.N. Siomkin; otv. redaktor E.V. Ageev // Sovremennyye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2015). - 2015. - S. 73-76.
9. Novikov, A.N. Intellektual'naya sistema upravleniya gruzovymi perevozkami [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.N. Semkin, V.V. Vasil'eva // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. - 2015. - T. 3. - № 5-3 (16-3). - S. 151-159.
10. Korchagin, V.A. Biosferno-sovmestimyy kriteriy otsenki i sravneniya ekologicheskoy opasnosti avtomobiley [Tekst] / V.A. Korchagin, YU.N. Rizaeva, S.N. Sukhaterina // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2015. - № 8. - S. 51-53.
11. Korchagin, V.A. Uluchshenie ekologicheskoy situatsii v gorode i sokrashchenie vremeni gruzodvizheniya [Tekst] / V.A. Korchagin, A.A. Tursunov, YU.N. Rizaeva // Vestnik Tadzhijskogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - T. 1. - S. 124-128.
12. ZHankaziev, S.V. Nauchnye podkhody k formirovaniyu kontseptsii postroeniya ITS v Rossii [Tekst] / S.V. ZHankaziev, A.M. Ivanov, V.M. Vlasov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2010. - № 4. S. 2-8.
13. ZHankaziev, S.V. Intellektual'nye transportnye sistemy. Puti razvitiya [Tekst]: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / S.V. ZHankaziev, A.G. Shevtsova, I.A. Novikov, A.E. Borovskoy; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - 2016. - S. 3-9.
14. Shevtsova, A.G. Sovremennyy podkhod k upravleniyu svetofornym ob'ektom [Tekst]: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / A.G. Shevtsova, I.A. Novikov, A.E. Borovskoy; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - 2016. - S. 366-370.
15. Golenkov, V.A. Optimizatsiya organizatsii dvizheniya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Tekst] / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin, YU.N. Baranov, D.D. Matnazarov // Nauka i tekhnika v do-rozhnoy otrasli. - 2015. - № 3 (73). - S. 5-7.
16. 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 // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014.- № 4 (44). - S. 188-195.
17. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin. - 2006. - S. 146-148.
18. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primenenie v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.
19. Novikov, A.N. Analiz vliyaniya tekhnicheskikh neispravnostey transportnykh sredstv na uroven' dorozhnoy bezopasnosti [Tekst] / A.N. Novikov, M.V. Kulev, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 1 (28). - S. 008-011.

**Borovskoy Aleksey Evgenevich**

FGBOU VPO «Belgorod State University. VG Shukhov»

Address: Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, d. 46

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor of the Department «Exploitation and traffic vehicles»

E-mail: a.e.borovskoy@gmail.com

**Medvedev Maxim Igorevich**

FGBOU VPO «Belgorod State University. VG Shukhov»

Address: Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, d. 46

Student of «Exploitation and traffic vehicles»

E-mail: crow1290@mail.ru

**Shevtsova Anastasia Genad'evna**

FGBOU VPO «Belgorod State University. VG Shukhov»

Address: Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova, d. 46

Kand. tehn. Science, senior lecturer of the department «Management and Organization avtotransport movement»

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Е.И. ЕНИНА

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕШЕХОДНЫХ ПУТЕЙ С УЧЕТОМ ДВИЖЕНИЯ В ПОТОКЕ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП ПЕШЕХОДОВ

*В статье рассмотрена ситуация, когда движение МГН в общем потоке оказывает значительное влияние на среднюю скорость движения всего потока, вынуждая совершать обгоны, приводящие к снижению пропускной способности. Предложена методика определения пропускной способности пешеходного пути с учетом движения в общем потоке маломобильных групп на основе обеспечения возможности обгонов.*

**Ключевые слова:** пешеходные пути, пропускная способность, пространство для движения, маломобильные группы пешеходов.

Применяемые в настоящее время методики расчета параметров пешеходных путей были разработаны еще в 1970-х гг. Они основываются на представлении движения пешеходов в виде «элементарных» потоков однородного состава, состоящих из молодых, физически здоровых и активных людей [1], и соответственно не учитывают потребности МГН [2, 15]. А методики, используемые при расчетах эвакуации, не могут быть применимы для пешеходных путей по причине другого характера поведения людей и психологического протекания процесса движения [4, 9, 18].

Между тем, движение МГН в общем потоке пешеходов оказывает значительное влияние на среднюю скорость движения всего потока, вынуждает других пешеходов маневрировать, приводит к снижению фактической пропускной способности пешеходных путей [19].

Учитывая особую актуальность вопроса обеспечения комфортных и безопасных условий движения по пешеходным путям для всех групп пешеходов, а также основываясь на проведенных исследованиях потребностей пространства для движения МГН [7, 8, 13, 14], необходимо уточнить методику определения пропускной способности пешеходных путей с учетом движения в потоке МГН.

Пропускная способность полосы движения определяется с учетом типа пути (табл. 1).

Таблица 1 – Пропускная способность пешеходных путей для непрерывного движения по данным различных источников

№ п/п	Источник	Пропускная способность полосы, чел./ч
1	2	3
1	ГОСТ Р 52766-2007 [5]	1000
2	ВСН 25-86 [3]	1000
3	Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения в городах [11]: - тротуары, расположенные вдоль красной линии при наличии в прилегающих зданиях магазинов; - тротуары, отделенные от зданий с магазинами; - тротуары в пределах зеленых насаждений улиц и дорог; - пешеходные дороги (прогулочные)	700 800 1000 600
4	Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений [12]: - тротуары вдоль жилых зданий;	700
	- тротуары вдоль общественных зданий и сооружений;	800
	- тротуары, обособленные разделительными полосами;	600
	- пешеходные улицы и дороги;	500
	- пешеходные дорожки	400
5	Справочник проектировщика городских дорог [16]	600 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> – при ширине полосы в 1 м.

Для определения пропускной способности пешеходного пути, при которой обеспечиваются условия свободы выбора скорости и направления движения, необходимо определить при каких условиях выполняется возможность совершения обгона медленно идущего пешехода в пешеходном потоке.

Рассмотрим ситуацию, при которой быстро идущий пешеход догнал медленно идущего пешехода и идет за ним след в след на расстоянии в один шаг 0,8 м [17]. Для обгона ему необходимо выйти из полосы, опередить медленно идущего пешехода и вернуться на полосу впереди него на расстоянии как минимум в 1 м, не мешая его движению.

Сначала определяется время необходимое для того, чтобы быстро идущий пешеход (обозначим его как второй) вышел из полосы позади медленно идущего пешехода (обозначим его как первого). Для этого необходимо определить пройденное вторым пешеходом расстояние. Примерная траектория его движения представлена на рисунке 1 в виде линии  $S_{II}$ .

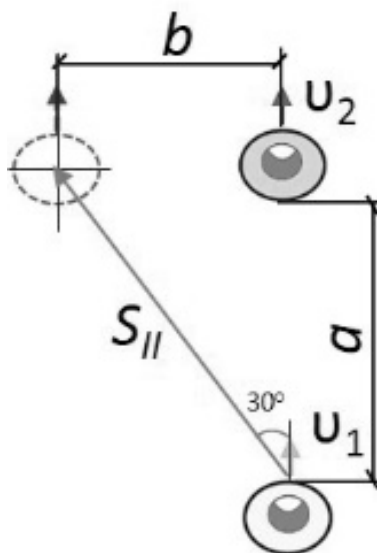


Рисунок 1 – Траектория движения второго пешехода при выходе из полосы

Для определения расстояния используется формула определения гипотенузы прямоугольного треугольника [10]

$$S_{II} = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (1)$$

где  $a$  – расстояние между идущими друг за другом пешеходами, м;

$b$  – расстояние между центрами идущих по соседним полосам пешеходов, складывается из минимального бокового интервала между пешеходами (0,4 м) [7] и двух половин ширины статического габарита пешехода (0,25 м) [14], равное 0,9 м.

Время, необходимое на преодоление этого расстояния, определяется по формуле

$$t_{II1} = \frac{S_{II}}{v_2} = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{v_2} = \frac{\sqrt{0,9^2 + 0,8^2}}{1,5} = \frac{1,204}{1,5} = 0,8 \text{ с}, \quad (2)$$

где  $S_{II}$  – расстояние, пройденное пешеходом для выхода из полосы, м;

$v_2$  – скорость второго пешехода, м/с.

За это время первый пешеход успеет пройти 0,9 м. Для того, чтобы второй пешеход смог поравняться с первым, необходимо найти время  $t_{II2}$

$$t_{II2} = \frac{S_{II2}}{v_2 - v_1} = \frac{0,9}{1,5 - 1} = 1,8 \text{ с}, \quad (3)$$



где  $S_{II2}$  – расстояние, пройденное первым пешеходом за время выхода второго пешехода из занимаемой полосы, м;

$v_1$  – скорость первого пешехода, м/с.

Общее время, затраченное на действия на этапе выхода из занимаемой полосы и равенения с первым пешеходом, составит

$$t_{II} = t_{II1} + t_{II2} = 0,8 + 1,8 = 2,6 \text{ с.}$$

Далее определяется время, которое потребуется второму пешеходу для завершения обгона первого пешехода и возвращения на условную полосу (условный ряд движения) перед ним. Для этого воспользуемся расчетом, аналогичным этапу выхода второго пешехода из полосы (рис. 2).

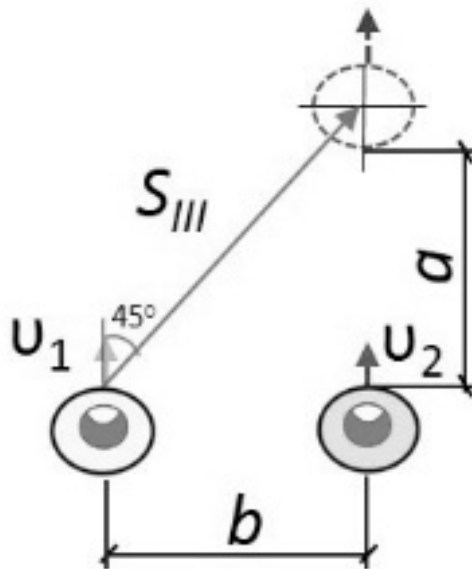


Рисунок 2 – Траектория движения второго пешехода при завершении обгона

Время, необходимое на преодоление этого расстояния, определяется по формуле (2)

$$t_{III1} = \frac{S_{III1}}{v_2} = \frac{\sqrt{0,9^2 + 1^2}}{1,5} = 0,9 \text{ с.}$$

За это время первый пешеход успеет пройти 0,9 м, а для того чтобы второй пешеход смог обогнуть первого, как минимум на 1 м, необходимо найти  $t_{III2}$  по формуле (3)

$$t_{III2} = \frac{0,9 + 1}{1,5 - 1} = 3,8 \text{ с.}$$

Общее время, затраченное на действия на этапе обгона и возврата на ранее занимаемую полосу, составит

$$t_{III} = t_{III1} + t_{III2} = 0,9 + 3,8 = 4,7 \text{ с.}$$

Общее время обгона составит

$$t = t_{II} + t_{III} = 2,6 + 4,7 = 7,3 \text{ с.}$$

Таким образом, интервал времени необходимый для совершения обгона составляет около 7-8 с. Это значение соответствует величине интервалов при двухполосном встречном пешеходном движении.

Если предположить, что интервалы во встречном потоке пешеходов распределены равномерно (т. е. рассматриваются идеальные условия движения) и составляют 7 – 8 с, то пропускная способность полосы будет не больше 450 – 510 пеш./ч., эта величина соответствует минимальным условиям для совершения обгонов при двухполосном пешеходном движении и принятой в настоящее время величине пропускной способности пешеходных дорог и улиц и пешеходных дорожек (табл. 1).

На основе предложенной методики выполнен расчет пропускной способности пешеходного пути, с учетом обгона быстро идущим пешеходом (со скоростью 1,7 м/с), для групп пешеходов по которым доступны данные скоростей их движения нормальным шагом (столбец 4 таблицы 2). Результаты расчета представлены в столбцах 5 и 6 таблицы 2.

Таблица 2 – Пропускная способность пешеходного пути при наличии условий свободного маневрирования в потоке

№ п/п	Категория пешеходов	Пол	Средняя скорость движения, м/с	Время, необходимое для обгона, с	Пропускная способность, пеш./ч
1	С вещами и громоздкими свертками[6]	м	1,28	8,4	429
		ж	1,28	8,4	429
2	Ведущие ребенка за руку[6]	м	1,2	7,4	487
		ж	1,14	6,8	526
3	С ребенком на руках[6]	м	1,22	7,6	473
		ж	1,17	7,1	507
4	С детской коляской[6]	ж	1,11	6,6	544
5	Пожилые (60-70 лет) [6]	м	1,08	6,4	561
		ж	1,06	6,3	571
6	Старики (старше 70 лет)[6]	м	0,9	5,6	640
		ж	0,9	5,6	640
7	Пешеходы с протезом ноги[13]	-	0,95	5,8	622
8	Использующие вспомогательные опоры [13]: - с одной опорой, - с двумя опорами	-	0,73	5,3	676
		-	0,58	5,4	671
9	Слепые с тактильной тростью [13]: - известный путь, - неизвестный путь	-	0,82	5,4	662
		-	0,43	5,8	621

Результаты расчета показывают, что для обеспечения комфортных условий движения (свободы выбора скорости и направления движения) необходимы достаточные интервалы во встречном потоке 7 – 8 с или свободное пространство для совершения обгона не менее 1 м по ширине пути движения. Такие условия обеспечиваются при интенсивности движения пешеходов 430 – 650 пеш./ч и не зависят от типа пешеходного пути (где минимальное значение интенсивности соответствует группе МГН, движущейся с высокими скоростями, а максимальное - группе МГН, движущейся с низкими скоростями). Следовательно, существующие требования (таблица 1) величины пропускной способности 800 пеш./ч не обеспечивают условия свободного маневрирования людей в потоке, что приводит к ограничению движения, а в некоторых ситуациях к столкновению с МГН.

Учитывая представленные выводы, возникает потребность в проведении новых исследований и последующей актуализации нормативных документов. Данному вопросу будут посвящены дальнейшие работы автора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев, С.В. Эвакуация зданий массового назначения [Текст] / С.В. Беляев. – М.: Всесоюзная академия архитектуры, 1938. – 72 с.
2. Буга, П.Г. Организация пешеходного движения в городах [Текст]: учебное пособие для вузов / П.Г. Буга, Ю.Д. Шелков. – М.: Высш. школа, 1980. – 232 с.
3. ВСН 25-86 Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах (утв. Министерством автомобильных дорог РСФСР от 29.01.1986) [Текст]. – М.: Транспорт, 1988. – 103 с.
4. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.06.91 N 875 (с изменениями) [Текст]. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1996. – 83 с.
5. ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования (утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.10.2007 № 270-ст) (с изменениями от 28.02.2014) [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2008. – 29 с.
6. Евтюков, С.А. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст] / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб.: ДНК Санкт-Петербург, 2004. – 288 с.
7. Енин, Д.В. Методика определения параметров пешеходной части тротуаров адаптируемых для движения маломобильных групп пешеходов [Текст] / Д.В. Енин, Е.И. Енина, А.В. Евстигнеева // Транспорт: наука, техника, управление. - 2011. - № 2. - С. 37-41.
8. Енина, Е.И. Обоснование ширины полосы пешеходного пути [Текст]: сборник научных трудов междунар. научно-практ. конф./ Е.И. Енина // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов. Безопасность дорожного движения. – Минск: БНТУ. - 2016. - С. 51-61.
9. Истратов, Р.Н. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в стационарах социальных учреждений по обслуживанию граждан пожилого возраста [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Истратов Р.Н. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 24 с.
10. Корн, Г.А. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г.А. Корн, Т.А. Корн. – М.: Наука, 1970. – 720 с.
11. Шелков, Ю.Д. Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения (утв. Приказ МВД СССР от 17.06.1976) [Текст] / Ю.Д. Шелков, А.Г. Романов. – М.:ВНИИ БДД МВД, 1979. – 56 с.
12. Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений (составлены к главе СНиП 2.07.01-89\*, утв. ЦНИИП градостроительства Минстроя России 01.01.1994) [Текст]. – М.: ЦНИИП град, 1994.
13. Самошин, Д.А. Состав людских потоков и параметров их движения при эвакуации [Текст]: монография / Д.А. Самошин. – М.: Академии ГПС МЧС России, 2016. – 210 с.
14. Самошин, Д.А. К вопросу о статических и динамических габаритах пешеходов различных групп мобильности [Текст] / Д.А. Самошин, С.В. Слюсарев // Вестник МГСУ. - 2016. - № 4. С. 84 – 93.
15. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* [Текст]. – М.: Минрегион России, 2001. – 110 с.
16. Гуревич, Л.В. Справочник проектировщика городских дорог [Текст] / Л.В. Гуревич, Ю.С. Ланцберг.– М.: Стройиздат, 1968. – 365 с.
17. Ходьба человека [Электронный ресурс] // Википедия. [2016 - 2016]. Дата обновления: 12.08.2016. URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=80144029> (дата обращения: 12.08.2016).
18. Холщевников, В.В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов [Текст]: дис. ... д-ра. техн. наук: защищена: 1983: утв. 1983 / Холщевников В.В. – М.: МИСИ, 1983. – 360 с.
19. Холщевников, В.В. Натурные наблюдения людских потоков [Текст] / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, И.И. Исаевич. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 189 с.
20. Fruin, Jonh J. Characteristics and service requirements of pedestrians and pedestrian facilities [Text] / Jonh J. Fruin // Traffic engineering. May 1976. – p. 34 – 45.

**Енина Елена Ивановна**

Институт прикладных транспортных исследований (ООО «ИПТИС»)

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., д. 1, стр. 1, пом. IV, офис 33

Научный сотрудник

E-mail: yeninaya@mail.ru

E.I. YENINA

**METHOD OF DETERMINATION OF CAPACITY PEDESTRIAN WAYS IN VIEW OF MOVEMENT PEDESTRIANS WITH LIMITED MOBILITY**

*The article describes a situation where the movement of people with reduced mobility in the general flow has a significant influence on the average speed of the entire stream, forcing make overtaking, which reduces the capacity. The method of determining the capacity of a walking path with considering to movements in the general flow of people with limited mobility by providing the possibility of overtaking.*

**Keywords:** *sidewalks, capacity, space for movement, limited mobility of pedestrians*

## BIBLIOGRAPHY

1. Belyaev, S.V. Evakuatsiya zdaniy massovogo naznacheniya [Tekst] / S.V. Belyaev. - M.: Vsesoyuznaya akade-miya arkhitektury, 1938. - 72 s.
2. Buga, P.G. Organizatsiya peshekhodnogo dvizheniya v gorodakh [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / P.G. Buga, YU.D. Shelkov. - M.: Vyssh. shkola, 1980. - 232 s.
3. VSN 25-86 Ukazaniya po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil`nykh dorogakh (utv. Mi-nisterstvom avtomobil`nykh dorog RSFSR ot 29.01.1986) [Tekst]. - M.: Transport, 1988. - 103 s.
4. GOST 12.1.004-91 SSBT. Pozharnaya bezopasnost`. Obshchie trebovaniya (utv. Postanovleniem Gosu-darstvennogo komiteta SSSR po upravleniyu kachestvom produktsii i standartam ot 14.06.91 N 875 (s izmene-niyami) [Tekst]. - M.: IPK Iz-vo standartov, 1996. - 83 s.
5. GOST R 52766-2007 Dorogi avtomobil`nye obshchego pol`zovaniya. Elementy obustroystva. Obshchie trebovaniya (utv. Prikazom Federal`nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 23.10.2007 № 270-st) (s izmeneniyami ot 28.02.2014) [Tekst]. - M.: Standartinform, 2008. - 29 s.
6. Evtyukov, S.A. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy [Tekst] / S.A. Ev-tyukov, YA.V. Vasil`ev. - SPb.: DNK Sankt-Peterburg, 2004. - 288 s.
7. Enin, D.V. Metodika opredeleniya parametrov peshekhodnoy chasti trotuarov adaptiruemykh dlya dvizhe-niya malomobil`nykh grupp peshekhodov [Tekst] / D.V. Enin, E.I. Enina, A.V. Evstigneeva // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. - 2011. - № 2. - S. 37-41.
8. Enina, E.I. Obosnovanie shiriny polosy peshekhodnogo puti [Tekst]: sbornik nauchnykh trudov mezh-dunar. nauchno-prakt. konf./ E.I. Enina // Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya i perevozok pas-sazhiro i грузов. Bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya. - Minsk: BNTU. - 2016. - S. 51-61.
9. Istratov, R.N. Normirovanie trebovaniy pozharnoy bezopasnosti k evakuatsionnym putyam i vykho-dam v stacionarakh sotsial`nykh uchrezhdeniy po obsluzhivayu grazhdan pozhilogo vozrasta [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen step. kand. tekhn. nauk / Istratov R.N. - M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2014. - 24 s.
10. Korn, G.A. Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov [Tekst] / G.A. Korn, T.A. Korn. - M.: Nauka, 1970. - 720 s.
11. Shelkov, YU.D. Metodicheskie rekomendatsii po regulirovaniyu peshekhodnogo dvizheniya (utv. Prikaz MVD SSSR ot 17.06.1976) [Tekst] / YU.D. Shelkov, A.G. Romanov. - M.: VNII BDD MVD, 1979. - 56 s.
12. Rekomendatsii po proektirovaniyu ulits i dorog gorodov i sel'skikh poseleniy (sostavleny k glave SNiP 2.07.01-89\*, utv. TSNIIP gradostroitel`stva Ministroya Rossii 01.01.1994) [Tekst]. - M.: TSNIIP grad, 1994.
13. Samoshin, D.A. Sostav lyudskikh potokov i parametrov ikh dvizheniya pri evakuatsii [Tekst]: mono-grafiya / D.A. Samoshin. - M.: Akademii GPS MCHS Rossii, 2016. - 210 s.
14. Samoshin, D.A. K voprosu o staticheskikh i dinamicheskikh gabaritakh peshekhodov razlichnykh grupp mobil`nosti [Tekst] / D.A. Samoshin, S.V. Slyusarev // Vestnik MGSU. - 2016. - № 4. S. 84 - 93.
15. SP 42.13330.2011 Gradostroitel`stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy. Aktualiziro-vannaya redaktsiya SNiP 2.07.01-89\* [Tekst]. - M.: Minregion Rossii, 2001. - 110 s.
16. Gurevich, L.V. Spravochnik proektirovshchika gorodskikh dorog [Tekst] / L.V. Gurevich, YU.S. Lants-berg.- M.: Stroyizdat, 1968. - 365 s.
17. Hod`ba cheloveka [Elektronnyy resurs] // Vikipediya. [2016 - 2016]. Data obnovleniya: 12.08.2016. URL: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=80144029> (data obrashcheniya: 12.08.2016).
18. Holshchevnikov, V.V. Lyudskie potoki v zdaniyakh, sooruzheniyakh i na territorii ikh kompleksov [Tekst]: dis. ... d-ra. tekhn. nauk: zashchishchena: 1983: utv. 1983 / Holshchevnikov V.V. - M.: MISI, 1983. - 360 s.
19. Holshchevnikov, V.V. Naturnye nablyudeniya lyudskikh potokov [Tekst] / V.V. Holshchevnikov, D.A. Sa-moshin, I.I. Isaevich. - M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2009. - 189 s.
20. Fruin, Jonh J. Characteristics and service requirements of pedestrians and pedestrian facilities [Text] / Jonh J. Fruin // Traffic engineering. May 1976. - p. 34-45.

**Yenina Elena Ivanovna**

Institute of Applied Transport Research («IATR» LLC)

Adress: 125080 Moscow, Volokolamskoe highway, buil. 1, str. 1, prem. IV, of. 33

Scientific researcher

E-mail: yeninaya@mail.ru

О.Ю. КРИВОЛАПОВА

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭЛАСТИЧНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ НАЛИЧИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАРШРУТОВ

*Высокий уровень автомобилизации современных городов привёл к понижению уровня эффективности работы автомобильной транспортной системы. Неспособность удовлетворить заданный уровень спроса и качества на автомобильные перевозки отражается на различных сферах экономики как отдельного региона, так и страны в целом. Для решения обозначенной задачи необходима реализация альтернативных маршрутов. В данной статье анализируется чувствительность потоков автомобильного транспорта при существовании платного маршрута и альтернативного бесплатного путем оценки эластичности транспортных потоков.*

**Ключевые слова:** транспортная сеть, транспортные коридоры, чувствительность транспортных потоков, матрица корреспонденций, оптимальный маршрут.

Высокий уровень автомобилизации современных городов привёл к понижению уровня эффективности работы автомобильной транспортной системы – снижению скорости передвижения автомобилей, регулярным транспортным заторам. Неспособность удовлетворить заданный уровень спроса и качества на автомобильные перевозки отражается на различных сферах экономики как отдельного региона, так и страны в целом. Решением поставленной задачи может быть внедрение платных альтернативных маршрутов, транспортных коридоров. Для реализации таких объектов необходимо привлечение разных секторов производства.

Совершенствование функционирования транспортной системы и сохранение существующих мощностей финансируется государственным бюджетом. Однако, учитывая высокую стоимость внедрения и эксплуатации транспортных коридоров, необходимо привлечение инвестиций частного сектора производства, для которого главным фактором риска является финансовая прибыль проекта. В данной сфере экономические риски напрямую связаны с технической реализацией проекта и его показателями, такими как степень реагирования на внедряемые маршруты, изменение поведения транспортного потока [1].

### ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ

Как правило, внедрение транспортных коридоров может значительно повысить эффективность функционирования автомобильного транспорта. Во избежание различных рисков и негативных результатов реализации проектов ИТС, актуальной задачей является новый подход в области моделирования транспортных сетей и прогнозирования последующих изменений в поведении автомобильного потока.

Проблема управления транспортными потоками в настоящий момент рассмотрена многими исследователями разных стран, однако анализ монографической и периодической литературы выявил недостаточную степень разработанности в сфере реализации транспортных коридоров.

Целью статьи является определение чувствительности альтернативных маршрутов при повышении спроса на один из них.

### МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Когда к существующим маршрутам добавляются альтернативные платные маршруты, не всегда можно с лёгкостью предугадать изменения в поведении транспортного потока: если большинство пользователей начнет перемещаться по тому маршруту сети, который имеет наиболее позитивные показатели – увеличится время поездки, снизится качество услуги. Прогнозировать поведение пользователей крайне сложно, т.к. некоторые из них согласятся тратить больше времени на прохождение данного маршрута, другие изменят свой маршрут, а третьи откажутся от поездки [5].

Анализ и прогноз спроса на перевозки является неотъемлемой частью развития проектов платных объектов совершенствования транспортной сети. Исходя из этого прогноза,

проект платной дороги разрабатывается согласно особенностям будущего транспортного движения. Кроме того, от этой оценки зависит финансовая структура проекта. Окупаемость проекта рассчитывается на основе спроса и установленного тарифа [7, 8, 9].

Ключевым моментом при прогнозировании движения транспортных потоков является стохастическое перемещение транспорта  $\{X(t), t \geq 0\}$ , со следующими свойствами:

- Каждое увеличение показателя  $X(t+s) - X(t)$  влияет на средний показатель  $t$  (время) при фиксированных других показателях;

- Для каждой пары интервалов времени  $[t_1, t_2], [t_3, t_4]$ , где  $t_1 < t_2 \leq t_3 < t_4$ , увеличение  $X(t_4) - X(t_3)$  и  $X(t_2) - X(t_1)$  зависимы и имеют нормальное распределение. Отметим, что это же будет применяться, при  $n$  отдельных временных промежутков, где  $n$  является положительным целым числом.

- $X(0) = 0$  и  $X(t)$  непрерывна.

Важно подчеркнуть, что из-за каждого увеличения временного параметра в стохастическом процессе, который имеет нормальное распределение, возможно отрицательное значение базовой случайной переменной, что неприменимо при моделировании спроса/предложения на данном участке транспортной сети [10, 11].

Предполагая, что поток трафика имеет стохастический характер, модель транспортного спроса и предложения будет иметь случайные величины. Будущие транспортные потоки на внедряемом объекте могут быть смоделированы с учетом распределения известных различных ожидаемых показателей и дисперсией. Кроме того, при моделировании спроса на пользование платным объектом предполагается, что:

- ожидаемый трафик на объекте постоянно увеличивается;
- транспортный спрос на предполагаемом объекте в определенный момент времени зависит только от показателей транспортного потока в данный момент времени, независимо от предыдущих состояний.

Проанализируем чувствительность потоков при существовании платного маршрута и альтернативного бесплатного путем оценки эластичности транспортных потоков.

Пусть  $V$  -  $m \times 1$  вектор, включающий только показатели на маршрутах, используемые в уравнении;  $D$  -  $m \times n$  матрица маршрутов, где  $n$  – количество всех маршрутов, используемых в уравнении;  $T$  -  $r \times 1$  вектор спроса на используемые в уравнении корреспонденции;  $B$  -  $r \times n$  матрица корреспонденций, где  $n$  – количество маршрутов [12].

Выходные данные:  $h$  -  $n \times 1$  вектор наиболее оптимального маршрута;  $u$  – оптимальный дуальный вектор  $(m+p) \times 1$ .

Ограничение и удовлетворение спроса может быть записано следующим образом:

$$V = D * h, \quad (1)$$

$$T = B * h. \quad (2)$$

Приведенные выше уравнения можно обобщить следующим образом:

$$A = \Psi * h, \quad (3)$$

где  $A = \begin{Bmatrix} V \\ T \end{Bmatrix}$  как вектор  $(m+p) \times 1$ ;

$\Psi = \begin{Bmatrix} D \\ B \end{Bmatrix}$  как матрица  $(m+p) \times n$ .

Далее будем использовать следующие обозначения:  $\Psi_j$  –  $j$ -я строка матрицы  $\Psi$ ;  $A_j$  –  $j$ -я строка ( $j = 1, 2, \dots, m, m+1, \dots, m+p$ ) вектора  $A$ ;  $u_j$  = переменное значение  $j$ -го ограничения;  $k$  – коэффициент итерации;  $i$  – значение  $i$ -го ограничения  $A_i = \Psi_i \cdot h^k$  ( $i = 1, 2, \dots, m, m+1, \dots, m+p$ ). В последующем алгоритме показано решение, когда есть временное ограничение, из-за которого обновляются остальные ограничения для его устранения. Путем циклического тестирования всех ограничений и выполнения корректировки соответствующих двойственных переменных, процедура выглядит следующим образом:

1. Определение параметров:

$$k \leftarrow 0$$

$$u^k \leftarrow 0$$

$$h^k \leftarrow 0$$

Вычислим значение  $\Psi \cdot h^k$  (т.е.  $\Psi_j \cdot h^k$  для всех  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, m, m+1, \dots, m+p$ ))  
 $i \leftarrow 0$

2. Балансирование ограничителя  $i$

В случаях, когда  $\Psi_j \cdot h^k \neq A_j$  для всех ограничителей  $j$  (т.е. до сходимости показателей)

$$\gamma = -\ln (A / (\Psi \cdot h^k))$$

для  $j = 2, \dots, m, m+1, \dots, m+p$ :

$$u_j^{k+1} \leftarrow u_j^k - \gamma, \text{ если } j=i;$$

$$u_j^{k+1} \leftarrow u_j^k, \text{ если } j \neq i;$$

$$h^{k+1} \leftarrow \exp (\Psi^T \cdot h^{k+1});$$

$$i \leftarrow (i \bmod m + p) + 1;$$

$$k \leftarrow k+1$$

Расчетные значения эластичности представляют собой процентное изменение дохода на платном маршруте, вызванное изменениями интенсивности транспортных потоков на бесплатном. Возьмем множество маршрутов ( $I$ ), которое представляет собой пропускную способность транспортной сети и множество всех соединений участков транспортной сети ( $B$ ). Тогда эластичность  $\varepsilon_{V_i, C_j}$  транспортных потоков  $V_i$  на платном маршруте  $i$  ( $I \in I$ ) меняет значение пропускной способности  $C_j$  на маршруте  $j$  ( $i \neq j, j \in A, j \notin I$ ) может быть выражена следующим образом:

$$\varepsilon_{V_i, C_j} = (\Delta V_i / V_{i0}) / (\Delta C_j / C_{j0}), \quad (4)$$

где  $\Delta V_i$  – изменение транспортного потока на платном маршруте  $i$ ;

$V_i^0$  – первоначальный объем транспортного потока на платном маршруте;

$\Delta C_j$  – изменение пропускной способности на альтернативном маршруте  $j$ ;

$C_j^0$  – первоначальный объем транспортных потоков на бесплатном маршруте.

Аналогичным образом, эластичность  $\varepsilon_{V_i, C_j}$  доходов  $R_i$  на платном маршруте  $i$ , к изменению пропускной способности на маршруте  $j$ , имеет следующее соотношение:

$$\varepsilon_{V_i, C_j} = (\Delta R_i / R_{i0}) / (\Delta C_j / C_{j0}), \quad (5)$$

где  $\Delta R_i$  изменение доходом на маршруте  $i$ ;

$R_i^0$  – первоначальный доход на маршруте  $i$  [13,14].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определение чувствительности потоков автомобильного транспорта является ключевым моментом при внедрении объектов совершенствования функционирования существующей транспортной сети. Полученные данные необходимы для математического моделирования, составление сценариев развития последствий реализации данных объектов и оценки целесообразности их внедрения.

В условиях современного города существует множество возможностей улучшения работы транспортной сети. Для этого необходимо, прежде всего, четко обозначить имеющиеся проблемы, затем выбрать способ (или способы) их решения. Для точных расчетов изменений в работе транспортной сети при внедрении транспортных коридоров необходимо оценить чувствительность альтернативных маршрутов, что представляет собой процентное изменение дохода на платном маршруте, вызванное изменениями интенсивности транспортных потоков на бесплатном.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barcelo, J. and Casas J. (2005). Stochastic heuristic dynamic assignment based on AIMSUN microscopic traffic simulator. 85th Transportation Research Board 2006 Annual Meeting.
2. Жанказиев, С.В. Развитие технических средств телематики наземного транспорта [Текст]: сборник научных трудов / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко // Средства и технологии телематики на автомобильном транспорте. – М.: МАДИ (ГТУ). - 2008. - С. 108-119.
3. Жанказиев, С.В. Концепция построения ИТС в России [Текст]: сборник докладов восьмой международной конференции / В.М. Власов // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. - СПб гос.архит. – строит. ун-т.
4. Жанказиев, С.В. Научные подходы к формированию концепции построения ИТС в России [Текст] / Современные ГеоТехнологии: новые возможности для управления и бизнеса» в рамках годового ежегодного

события «Форум по спутниковой навигации» и деловой программы 7-го Международного промышленного форума «GEOFORM+2010», М. - 2010.

5. Зырянов, В.В. Моделирование динамической маршрутизации транспортных потоков на улично-дорожной сети городов / Зырянов В.В., Барсело Х., Феофилова А.А. – V Юбилейный Московский международный Конгресс по интеллектуальным транспортным системам. - Москва, 2013.

6. Zyryanov, V. Traffic management and transportation [Текст]: монография / В.В. Зырянов. - Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012. – 148 с.

7. Коноплянко, В.И. Организация и безопасность движения [Текст]: учебное пособие / В.И. Коноплянко. - М.: Высшая школа, 2007. - 383 с.

8. Менделев, Г.А. Транспорт в планировке городов [Текст]: учебное пособие / Г.А. Менделев. - М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 135 с.

9. Наумов, Н.А. Моделирование и оптимизация распределения потоков по сети [Текст]: монография / Н.А. Наумова, Л.М. Данович. - Краснодар: ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2011. – 84 с.

10. Наумова, Н.А. Моделирование и программная реализация движения автотранспортных средств по улично-дорожной сети [Текст]: монография / Н.А. Наумова, Л.М. Данович. – Краснодар: Издательский дом Юг, 2011. – 80 с.

11. Сосновиков Г.К. Компьютерное моделирование. Практикум по имитационному моделированию в среде GPSS World [Текст]: учебное пособие / Г.К. Сосновиков, Л.А. Воробейчиков. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 112 с.

12. Зырянов, В.В. Транспортное планирование: методические указания [Текст] / В.В. Зырянов, М.Н. Поздняков, Криволапова О.Ю. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. - 16 с.

13. Гаджинский, А.М. Практикум по логистике [Текст] / А.М. Гаджинский. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>». – 8-е изд., 2012. - 312 с.

14. Peter H Jesty European ITS Framework Architecture.Models of Intelligent Transport Systems / Peter H Jesty, Jan Giezen, Jean-François Gaillet, Jean-Luc Durand, Victor Avontuur, Richard Bossom, Gino Franco - August 2010

15. [Электронный ресурс] <http://www.aimsun.com/wp/>.

16. Володин, Е.П. Организация и планирование перевозок автомобильным транспортом [Текст] / Е.П. Володин, Н.И. Громов. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.

17. Поздняков, М.Н. Топология улично-дорожной сети городов [Текст] / М.Н. Поздняков. - Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2013. – 102 с.

18. Поздняков, М.Н. Основы транспортного планирования в городах [Текст]: учебное пособие / М.Н. Поздняков. - Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2013. – 123 с.

19. Сафронов, Э.А. Транспортные системы городов и регионов [Текст]: учебное пособие / Э.А. Сафронов. - М.: АСВ, 2007. – 287 с.

20. Трофименко, Ю.В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов [Текст]: монография / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. - М.: Логос, 2013. – 464 с.

21. 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.

22. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Ивашук / Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. - 2006. - С. 146-148.

23. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. -2013. - № 2 (41). - С. 109-113.

**Криволапова Ольга Юрьевна**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: 344001, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162, ауд. 10-802

Ассистент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»

E-mail: [olga-krivolapova@yandex.ru](mailto:olga-krivolapova@yandex.ru)

---

O.YU. KRIVOLAPOVA

## METHODOLOGY ESTIMATED ELASTICITY TRANSPORT FLOW IN THE PRESENCE OF ALTERNATIVE ROUTES

*The high number of cars in modern cities has resulted decrease in the level of performance of road transport system – reducing the speed of movement of vehicles, regular traffic congestion. Failure to meet the specified level of demand and quality in road transport is reflected in various spheres of economy as a separate region and the country as a whole. To solve the specified problem requires the implementation of alternate routes. In order to avoid different risks and the analysis of the feasibility of implementing projects to improve the functioning of the transport network it is necessary to assess its impact. This paper analyzes the sensitivity of the flows of road transport with the existence of paid and free alternative route by estimating the elasticity of traffic flows.*



*Keywords: route, transport network, transport corridors, the sensitivity of traffic flows, the routes matrix, O-D matrix, the best route, the bandwidth.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Barcelo, J. and Casas J. (2005). Stochastic heuristic dynamic assignment based on AIMSUN microscopic traffic simulator. 85th Transportation Research Board 2006 Annual Meeting.
2. ZHankaziev, S.V. Razvitie tekhnicheskikh sredstv telematiki nazemnogo transporta [Tekst]: sbornik nauchnykh trudov / V.M. Vlasov, D.B. Efimenko // Sredstva i tekhnologii telematiki na avtomobil'nom trans-porte. - M.: MADI (GTU). - 2008. - S. 108-119.
3. ZHankaziev, S.V. Kontseptsiya postroeniya ITS v Rossii [Tekst]: sbornik dokladov vos'moy mezhdunarodnoy konferentsii / V.M. Vlasov // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh. - SPb gos.arkhit. - stroit. un-t.
4. ZHankaziev, S.V. Nauchnye podkhody k formirovaniyu kontseptsii postroeniya ITS v Rossii [Tekst] / Sovremennye GeoTekhnologii: novye vozmozhnosti dlya upravleniya i biznesa» v ramkakh golovnoy ezhegodnoy so-bytiya «Forum po sputnikovoy navigatsii» i delovoy programmy 7-go Mezhdunarodnogo promyshlennogo fo-ruma «GEOFORM+2010», M. - 2010.
5. Zyryanov, V.V. Modelirovanie dinamicheskoy marshrutizatsii transportnykh potokov na ulichno-dorozhnoy seti gorodov / Zyryanov V.V., Barselo H., Feofilova A.A. - V YUbileyny Moskovskiy mezhdunarodnyy Kongress po intellektual'nym transportnym sistemam. - Moskva, 2013.
6. Zyryanov, V. Traffic management and transportation [Tekst]: monografiya / V.V. Zyryanov. - Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2012. - 148 s.
7. Konoplyanko, V.I. Organizatsiya i bezopasnost' dvizheniya [Tekst]: uchebnoe posobie / V.I. Konoplyanko. - M.: Vysshaya shkola, 2007. - 383 s.
8. Mendelev, G.A. Transport v planirovke gorodov [Tekst]: uchebnoe posobie / G.A. Mendelev. - M.: MADI (GTU), 2005. - 135 s.
9. Naumov, N.A. Modelirovanie i optimizatsiya raspredeleniya potokov po seti [Tekst]: monografiya / N.A. Naumova, L.M. Danovich. - Krasnodar: FGBOU VPO «KubGTU», 2011. - 84 s.
10. Naumova, N.A. Modelirovanie i programmaya realizatsiya dvizheniya avtotransportnykh sredstv po ulichno-dorozhnoy seti [Tekst]: monografiya / N.A. Naumova, L.M. Danovich. - Krasnodar: Izdatel'skiy dom YUG, 2011. - 80 s.
11. Sosnovikov G.K. Komp'yuternoe modelirovanie. Praktikum po imitatsionnomu modelirovaniyu v srede GPSS World [Tekst]: uchebnoe posobie / G.K. Sosnovikov, L.A. Vorobeychikov. - M.: Forum: NITS INFRA-M, 2015. - 112 s.
12. Zyryanov, V.V. Transportnoe planirovanie: metodicheskie ukazaniya [Tekst] / V.V. Zyryanov, M.N. Pozdnyakov, Krivolapova O.YU. - Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2014. - 16 s.
13. Gadzhinskiy, A.M. Praktikum po logistike [Tekst] / A.M. Gadzhinskiy. - M.: Izdatel'sko-torgovaya korporatsiya «Dashkov i K°». - 8-e izd., 2012. - 312 s.
14. Peter H Jesty European ITS Framework Architecture. Models of Intelligent Transport Systems / Peter H Jesty, Jan Giezen, Jean-Fran?ois Gaillet, Jean-Luc Durand, Victor Avontuur, Richard Bossom, Gino Franco - August 2010
15. [Elektronnyy resurs] <http://www.aimsun.com/wp/>.
16. Volodin, E.P. Organizatsiya i planirovanie perevozok avtomobil'nym transportom [Tekst] / E.P. Volodin, N.I. Gromov. - M.: Transport, 1982. - 224 s.
17. Pozdnyakov, M.N. Topologiya ulichno-dorozhnoy seti gorodov [Tekst] / M.N. Pozdnyakov. - Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2013. - 102 s.
18. Pozdnyakov, M.N. Osnovy transportnogo planirovaniya v gorodakh [Tekst]: uchebnoe posobie / M.N. Pozdnyakov. - Rostov n/D: Rost. gos. stroit. un-t, 2013. - 123 s.
19. Safronov, E.A. Transportnye sistemy gorodov i regionov [Tekst]: uchebnoe posobie / E.A. Safronov. - M.: ASV, 2007. - 287 s.
20. Trofimenko, YU.V. Transportnoe planirovanie: formirovanie effektivnykh transportnykh sistem krupnykh gorodov [Tekst]: monografiya / YU.V. Trofimenko, M.R. YAKIMOV. - M.: Logos, 2013. - 464 s.
21. 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. - 2014. - № 4 (47). - S. 139-142.
22. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk / Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin. - 2006. - S. 146-148.
23. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primenenie v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.

**Krivotlapova Olga**

FGBOU VO «Don State Technical University»

Address: Rostov-on-Don, Socialisticheskajast. 162, Rm. 10-802

Assistant

E-mail: [olga-krivotlapova@yandex.ru](mailto:olga-krivotlapova@yandex.ru)

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

*В статье авторами рассмотрены проблемы функционирования регионального общественного транспорта, предложены направления их решения на основе интеллектуальных транспортных систем.*

**Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы, телематика, маршрут, пассажиры, интенсивность, подвижной состав.

В последние два десятилетия в мире отмечается рост интереса к тематике «умного города». В разных странах реализуются проекты по строительству новых «умных» кварталов или целых населенных пунктов, а также по «смартизации» тех городов, которые давно уже существуют. По всему миру насчитывается 143 проекта «умных (зеленых) городов» разной степени завершенности [3].

Важным элементом функционирования «умных» городов является активное внедрение информационных технологий, а именно автоматизированных интеллектуальных систем управления (и контроля) различными сторонами жизни города, такими как жилищно-коммунальное хозяйство, городское автомобильное движение, общественный транспорт, туризм, общественная безопасность, системы образования, здравоохранения, энерго-, водоснабжения и экологическая ситуация.

Сегодня система общественного транспорта в большинстве городов России включает трех основных участников: заказчика, потребителя и поставщика услуги по перевозке пассажиров (рис. 1). В качестве заказчика услуг выступает администрация муниципального образования («город»). Потребителем услуги является «пассажир», а поставщиком – муниципальные и индивидуальные пассажирские организации («перевозчик»). Именно на стыке интересов всех участников системы общественного транспорта и находится оптимальный вариант организации перевозок пассажиров.

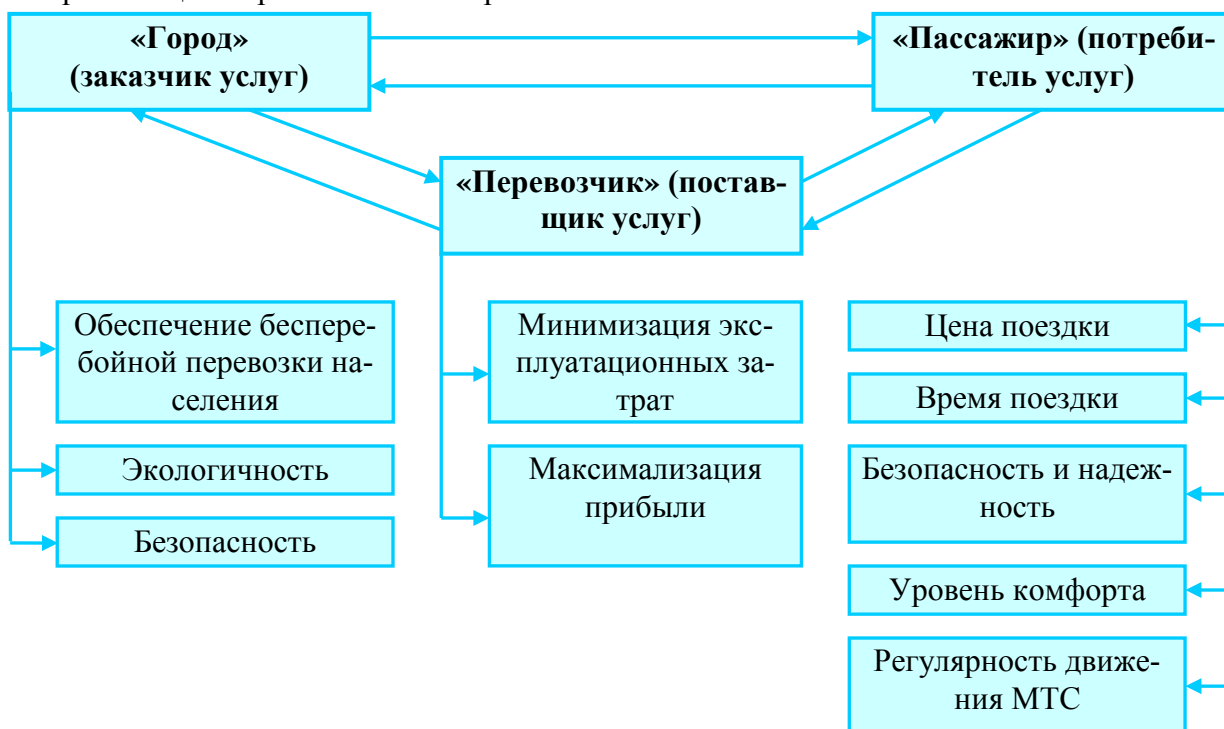


Рисунок 1 – Участники системы общественного транспорта

Основой качественного обслуживания населения пассажирским транспортом является маршрутное расписание, которое должно обеспечить: минимальные затраты времени пассажирами на ожидание маршрутного транспортного средства (МТС) и поездку к месту назначения; оптимальное наполнение МТС на всех перегонах маршрута; высокую скорость сообщения при полном соблюдении безопасности движения, нормальный режим труда и отдыха операторов МТС и т.д.

Разработка маршрутного расписания осуществляется на основании получения и анализа статистических данных, а именно – распределение пассажиропотоков в течении суток и по временам года. Однако учет только распределения пассажиропотоков не дает возможности оперативного управления перевозочным процессом, что негативно сказывается на качестве транспортного обслуживания населения.

Маршрутное расписание является частью паспорта маршрута и предполагает установление жестких норм времени на прибытие и отбытие МТС. В общем виде маршрутное расписание представляет собой график движения МТС (рис. 2а).

Однако в реальных условиях график движения МТС имеет отклонения от линейной модели (рис. 2б). Данная модель движения имеет ограничения по времени прибытия (отбытия) на остановочные пункты, однако не учитывает стохастические процессы, возникающие во время движения. Всё это вызывает необходимость оперативного корректирования графика движения МТС. В условиях реального времени операторы МТС принимают самостоятельные решения о скорости движения на отдельных перегонах, времени посадки-высадки пассажиров, а также о времени нахождения на конечных пунктах. Причем последнее может быть выполнено с нарушением требований о времени труда и отдыха операторов МТС.

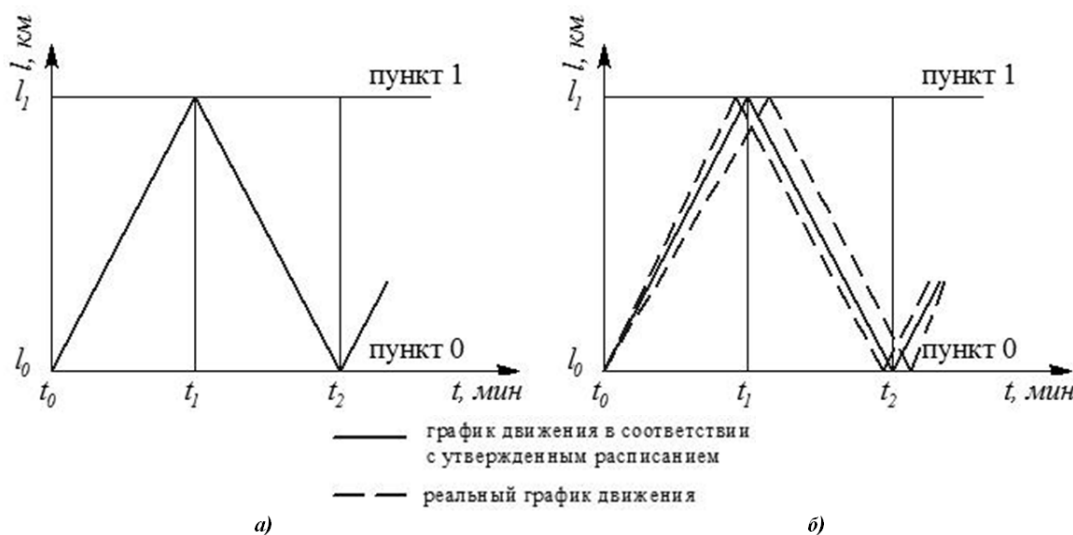


Рисунок 2 – Сетка графика движения МТС: а) – график движения в соответствии с расписанием; б) – отклонения времени прибытия МТС от графика движения по расписанию

Одним из направлений повышения эффективности функционирования МТС является внедрение транспортно-телематических систем (ТТС). Основное назначение ТТС заключается в оперативном управлении движением пассажирского транспорта и состоит из следующего блока задач:

- автоматизированного контроля процесса выпуска подвижного состава на линию и его возврата в парк;
- автоматизированного контроля движения транспортных средств с формированием и выдачей сообщений об отклонениях от графиков движения отдельных подвижных единиц;
- реализации управляющих воздействий диспетчера (корректировки графиков движения, выпуска резервного транспорта, изменения расписания движения и т.п.).

В ряде регионов Российской Федерации предприняты попытки внедрения ТТС. Примером этого служит приложение «busXX.ru», которое позволяет отслеживать в режиме ре-

ального времени положение МТС, а также прогнозировать время их прибытия на остановочные пункты (рис. 3 и 4).

Существенным недостатком данного приложения является невозможность прогнозирования времени прибытия МТС в зависимости от стохастических процессов, возникающих в процессе движения, к которым следует отнести параметры транспортного потока, информацию о дорожных условиях, а также степень загруженности МТС (коэффициент наполнения).

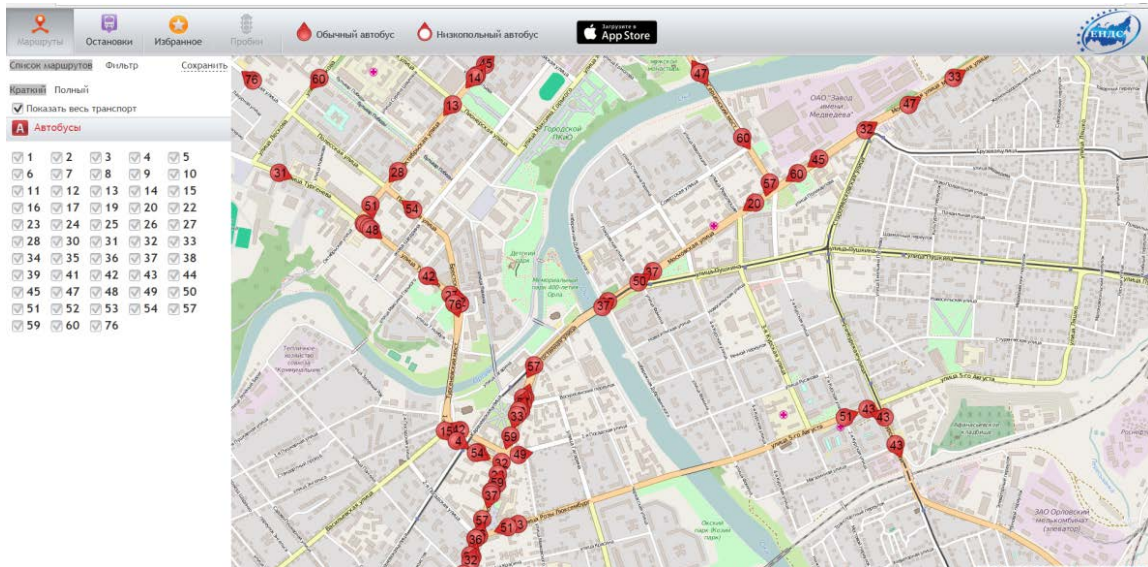


Рисунок 3 – Окно приложения «Bus57.ru» - расположение МТС

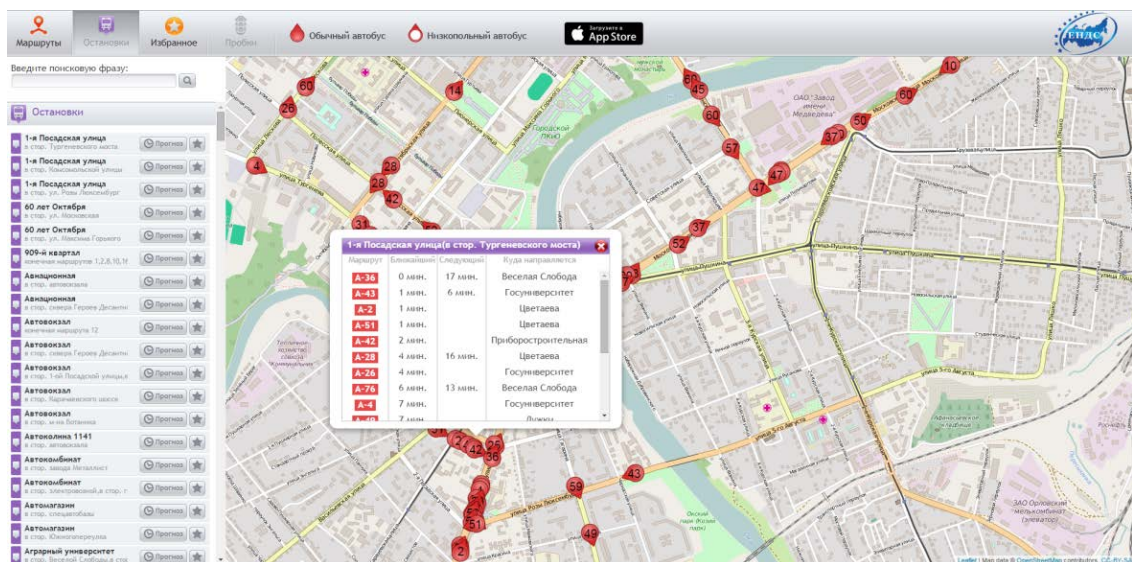


Рисунок 4 – Окно приложения «Bus57.ru» - прогнозируемое время прибытия МТС на остановочные пункты

Кроме того, данное приложение отражает перемещения лишь автобусов, не учитывая другие виды наземного, речного и воздушного видов транспорта.

Исправить существующее положение должны современные технологии интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Применительно к системе общественного транспорта элементы ИТС и контролируемые факторы должны включать следующие составляющие: система мониторинга параметров транспортного потока, система мониторинга дорожной обстановки, а также система контроля местоположения МТС и пассажиропотока (рис. 5).

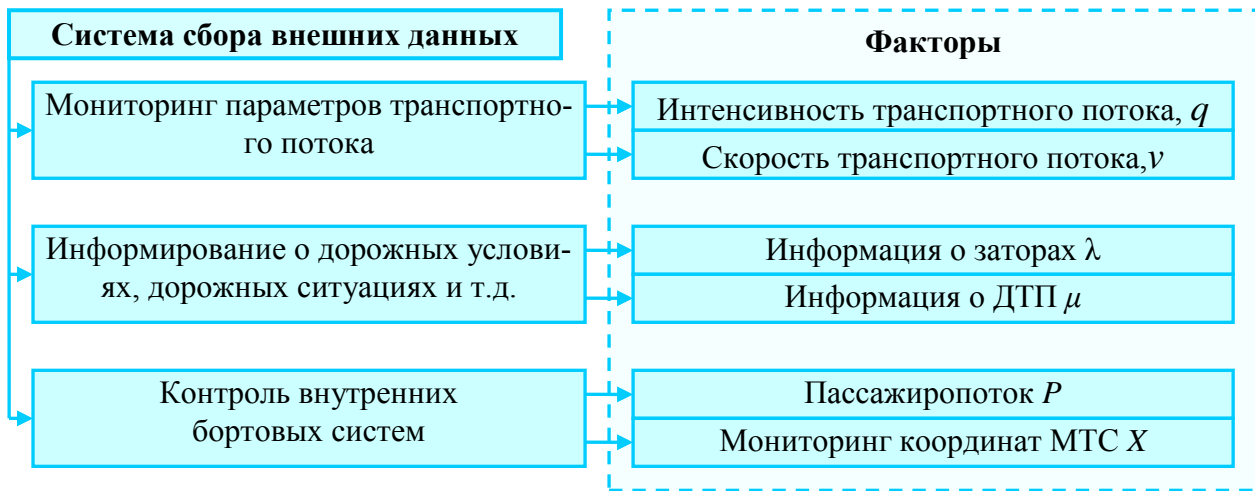


Рисунок 5 – Технологии ИТС, необходимые для функционирования общественного транспорта

Система мониторинга параметров транспортного потока включает детекторы транспортного потока, учитывающие интенсивность ( $q$ ) и скорость ( $v$ ), а также метеорологические датчики, получающие данные о погодных условиях. Возможность автоматизированного мониторинга параметров транспортного потока позволяет оперативно корректировать интервалы движения и выпуск подвижного состава в рамках динамического расписания с учетом прогнозируемых отставаний от планового времени прибытия на остановочные пункты. Информация о заторах ( $\lambda$ ) и ДТП ( $\mu$ ) может быть получена при помощи систем видеонаблюдения дорожной обстановки. Информация о характере ДТП и образовавшихся заторов может служить основой для корректировки времени выхода подвижного состава на маршрут, в случае необходимости увеличения интервалов движения, и восстановления расписания движения после ликвидации заторов и последствий ДТП. Мониторинг координат МТС ( $X$ ) производится посредством обработки данных, получаемых с бортовых приемников ГЛОНАСС-GPS, установленных на всех единицах подвижного состава. Наиболее рациональным способом определения пассажиропотока ( $P$ ) в реальном времени являются неконтактные методы основанные на работе фотопреобразователей, размещенных попарно в дверных проемах МТС таким образом, чтобы при прохождении через световые пучки, было возможно зафиксировать факт посадки или высадки пассажира. Автоматизированные системы обследования пассажиропотоков с привязкой к конкретным координатам местонахождения маршрутного транспортного средства и времени, позволяют накапливать информацию о пассажиропотоках по маршрутам, пассажирообороту остановочных пунктов, что позволяет эффективно организовать работу общественного транспорта в часы пик, повысить рентабельность перевозки за счет использования подвижного состава подходящей категории вместимости, прогнозировать затраты времени на посадку/высадку пассажиров на остановочных пунктах и др.

В большинстве региональных центров России организация работы общественного транспорта обусловлена общей спецификой функционирования: невозможность организации выделенных полос движения для пассажирского транспорта вследствие исторического развития улично-дорожной сети, высокий уровень влияния образования заторов на движения транспортного потока, неустойчивый пассажиропоток по времени. Учет данных факторов в формировании динамического расписания можно представить функцией  $f(v, q, \lambda, \mu, P, X)$  позволяет получить максимальный эффект от транспортного обслуживания населения.

Принципиальная схема обмена потоков информации представлена на рисунке б.



Рисунок 6 – Потoki информации между подсистемами динамического расписания

Использование динамического расписания при организации транспортного обслуживания населения требует особого внимания к информированию пассажиров. С этой целью могут использоваться информационные табло на остановочных пунктах, приложения для мобильных устройств, интернет-сайты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева, В.В. Экологический аспект использования интеллектуальных транспортных систем [Текст]: материалы 3-ей Международной научно-практической конференции / В.В. Васильева // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. под общей редакцией А.Н. Новикова. - 2013. - С. 272-273.
2. Васильева, В.В. Современное состояние обеспеченности процесса управления грузовыми перевозками автомобильным транспортом [Текст]: сборник статей VII Международной научно-технической конференции / А.А. Катунин, В.В. Васильева, А.Н. Семкин; отв. Редактор Е.В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015). - 2015. - С. 73-76.
3. 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.
4. Новиков, А.Н. Интеллектуальная система управления грузовыми перевозками [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин, В.В. Васильева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - Т. 3. - № 5-3 (16-3). - С. 151-159.
5. 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.
6. Новиков, А.Н. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А.Н. Новиков, В.А. Голенков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, А.С. Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - № 6. - С. 128-139.
7. Новиков, А.Н. Интеллектуализация дорожного движения на улице Наугорское шоссе города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, В.В. Васильева, Д.Д. Матназаров; под ред. А.Н. Новикова // ГЛОНАСС - Регионам. - Орел. - 2014. - С. 48-54.

8. Новиков, А.Н. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А.Н. Новиков, В.А. Голенков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, А.С. Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - № 6. - С. 128-139.
9. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113.
10. Новиков, А.Н. Прогнозирование воздействия автотранспортных потоков на акустическую среду урбанизированных территорий на основе моделирования [Текст] / А.Н. Новиков, В.В. Васильева, А.А. Катунин // Вестник гражданских инженеров. - 2016. - № 2 (55). - С. 210-215.
11. Ломакин, Д.О. Использование системы ГЛОНАСС при гарантийном или постгарантийном обслуживании клиентов дилерских центров [Текст]: материалы 4-ой Всероссийской научно-практической конференции / Д.О. Ломакин, А.А. Кузин; под общей редакцией А.Н. Новикова // ГЛОНАСС - Регионам. - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2014. - С. 41-47.
12. Ломакин, Д.О. Мезоскопические модели транспортных потоков [Текст]: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции / Д.О. Ломакин; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел: ОГУ имени И.С.Тургенева. - 2016. - С. 53-59.
13. Фабричный, Е.О. Современные требования к техническим средствам мониторинга транспортных потоков [Текст] / Е.О. Фабричный, Е.А. Борисов, А.В. Теплов // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. - 2016. - № 11. - АРТ 114-эл. - 0,2 п.л.
14. Бодров, А.С. Система городского пассажирского транспорта города Орла. Проблемы, перспективы развития [Текст]: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции / А.С. Бодров // Информационные технологии и инновации на транспорте. - 2016. - С. 339-349.
15. Бодров, А.С. Совершенствование дорожной сети с использованием средств имитационного моделирования [Текст]: материалы 5-ой Международной научно-практической интернет-конференции / А.С. Бодров; под общей редакцией А.Н. Новикова // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. - 2016. - С. 279-288.
16. Трясцин, А.П. Функциональный подход к комплексной технологической безопасности автотранспортных систем [Текст] / А.П. Трясцин // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - № 3 (54). - С. 84-91.
17. Баранов, Ю.Н. Расчет вероятностных показателей безопасности дорожного движения методом моделей марковских процессов [Текст] / Ю.Н. Баранов, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 4 (47). - С. 115-124.
18. Баранов, Ю.Н. Математическая модель построения алгоритма на основе структурного подхода при создании транспортных интеллектуальных систем [Текст] / Ю.Н. Баранов, Н.А. Загородних, А.П. Трясцин, А.С. Бодров // Мир транспорта и технологических машин. - № 3(50). - 2015. - С. 96-103.
19. 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. - Орел: Госуниверситет -УНПК. - 2012. - № 4. - С. 74-81.
20. 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. - Орел: Госуниверситет -УНПК. - 2012. - № 4. - С. 69-73.
21. Ломакин, Д.О. Комплексная оценка уровня качества услуг предприятий автосервиса [Текст] / Д.О. Ломакин, А.Н. Новиков // Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». - 2011.
22. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции // А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. -2006. - С. 146-148.
23. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113.

**Бодров Андрей Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева»  
Адрес: 302030, Россия, Орел, ул. Московская, д. 77, каб. 312  
Канд.техн.наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»  
E-mail: bodrov57@gmail.com

**Батищев Игорь Николаевич**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева»  
Адрес: 302030, Россия, Орел, ул. Московская, д. 77, каб. 312  
Магистр кафедры «Сервис и ремонт машин»  
E-mail: igorek335mtk@mail.ru

**Ломакин Денис Олегович**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева»  
Адрес: 302030, Россия, Орел, ул. Московская, д. 77, каб. 312  
Канд.техн.наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»  
E-mail: forstudentwork@mail.ru

**Мосин Андрей Владимирович**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева»  
Адрес: 302030, Россия, Орел, ул. Московская, д. 77, каб. 312  
Магистр кафедры «Сервис и ремонт машин»  
E-mail: mosin.dron@mail.ru

**Фабричный Евгений Олегович**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева»  
Адрес: 302030, Россия, Орел, ул. Московская, д. 77, каб. 312  
Аспирант кафедры «Сервис и ремонт машин»  
E-mail: dust1n@yandex.com

---

A.S.BODROV, I.N.BATISHCHEV, E.O.FABRICHNIY, A.V.MOSIN, D.O.LOMAKIN

## OPTIMIZATION OF PUBLIC TRANSPORT

*In the article the authors consider the problem of the functioning of regional public transportation, directions of their solutions based on intelligent transport systems.*

**Keywords:** *intelligent transport systems, telematics, route, passengers, the intensity, the rolling stock.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Vasil'eva, V.V. Ekologicheskiy aspekt ispol'zovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem [Tekst]: materialy 3-ey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / V.V. Vasil'eva // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa. pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova. - 2013. - S. 272-273.
2. Vasil'eva, V.V. Sovremennoe sostoyanie obespechennosti protsessa upravleniya gruzovymi perevoz-kami avtomobil'nym transportom [Tekst]: sbornik statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferen-tsii / A.A. Katunin, V.V. Vasil'eva, A.N. Siomkin; otv. Redaktor E.V. Ageev // Sovremennye avtomobil'nye ma-terialy i tekhnologii (SAMIT-2015). - 2015. - S. 73-76.
3. Novikov, A.N. Perevozki kak nauka [Tekst] / A.N. Novikov, P. Przhibyl, A.A. Katunin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 3 (46). - S. 96-109.
4. Novikov, A.N. Intellektual'naya sistema upravleniya gruzovymi perevozkami [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.N. Semkin, V.V. Vasil'eva // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. - 2015. - T. 3. - № 5-3 (16-3). - S. 151-159.
5. Novikov, A.N. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 1 (40). - S. 85-90.
6. Novikov, A.N. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoy telematiki [Tekst] / A.N. Novikov, V.A. Golenkov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, A.S. Bodrov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2014. - № 6. - S. 128-139.
7. Novikov, A.N. Intellektualizatsiya dorozhnogo dvizheniya na ulitse Naugorskoe shosse goroda Orla [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, V.V. Vasil'eva, D.D. Matnazarov; pod red. A.N. Novikova // GLONASS - Regionam. - Orel. - 2014. - S. 48-54.
8. Novikov, A.N. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoy telematiki [Tekst] / A.N. Novikov, V.A. Golenkov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, A.S. Bodrov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2014. - № 6. - S. 128-139.
9. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primeneniye v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.
10. Novikov, A.N. Prognozirovaniye vozdeystviya avtotransportnykh potokov na akusticheskuyu sredu urbanizirovannykh territoriy na osnove modelirovaniya [Tekst] / A.N. Novikov, V.V. Vasil'eva, A.A. Katunin // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2016. - № 2 (55). - S. 210-215.
11. Lomakin, D.O. Ispol'zovanie sistemy GLONASS pri garantiynom ili postgarantiynom obslu-zhivaniy klientov dilerskikh tsentrov [Tekst]: materialy 4-oy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferen-tsii / D.O. Lomakin, A.A. Kuzin; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // GLONASS - Regionam. - Orel: Gosuni-versitet-UNPK. - 2014. - S. 41-47.
12. Lomakin, D.O. Mezoskopicheskie modeli transportnykh potokov [Tekst]: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / D.O. Lomakin; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsi-



onnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Orel: OGU imeni I.S.Turgeneva. - 2016. - S. 53-59.

13. Fabrichnyy, E.O. Sovremennye trebovaniya k tekhnicheskim sredstvam monitoringa transportnykh potokov [Tekst] / E.O. Fabrichnyy, E.A. Borisov, A.V. Teplov // Akademiya pedagogicheskikh idey «Novatsiya». Se-riya: Stundcheskiy nauchnyy vestnik. - 2016. - № 11. - ART 114-el. - 0,2 p.l.

14. Bodrov, A.S. Sistema gorodskogo passazhirskogo transporta goroda Orla. Problemy, perspektivy razvitiya [Tekst]: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / A.S. Bodrov // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - 2016. - S. 339-349.

15. Bodrov, A.S. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti s ispol'zovanie sredstv imitatsionnogo modeli-rovaniya [Tekst]: materialy 5-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii / A.S. Bodrov; pod obschey redaktsiyey A.N. Novikova // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo komplek-sa. - 2016. - S. 279-288.

16. Tryastin, A.P. Funktsional'nyy podkhod k kompleksnoy tekhnologicheskoy bezopasnosti avtotransportnykh sistem [Tekst] / A.P. Tryastin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - № 3 (54). - S. 84-91.

17. Baranov, YU.N. Raschet veroyatnostnykh pokazateley bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya metodom modeley markovskikh protsessov [Tekst] / YU.N. Baranov, E.N. Hristoforov, N.E. Sakovich, A.M. Nikitin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 4 (47). - S. 115-124.

18. Baranov, YU.N. Matematicheskaya model' postroeniya algoritma na osnove strukturnogo podkhoda pri sozdanii transportnykh intellektual'nykh sistem [Tekst] / YU.N. Baranov, N.A. Zagorodnikh, A.P. Tryastin, A.S. Bodrov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 3(50). - 2015. - S. 96-103.

19. Novikov, A.N. Postroenie modeli funktsionirovaniya marshruta trolleybusa [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet -UNPK. - 2012. - № 4. - S. 74-81.

20. 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. - Orel: Gosuniversitet - UNPK. - 2012. - № 4. - S. 69-73.

21. Lomakin, D.O. Kompleksnaya otsenka urovnya kachestva uslug predpriyatiy avtoservisa [Tekst] / D.O. Lomakin, A.N. Novikov // Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet - UNPK». - 2011.

22. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii // A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin. -2006. - S. 146-148.

23. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primenenie v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.

**Bodrov Andrew Sergeevich**

FGBOU VO «Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: 302030, Russia, Orel, st. Moscow, d. 77, office. 312

Candidate of Science, Associate Professor of «Service and repair of vehicles»

E-mail: bodrov57@gmail.com

**Batishchev Igor Nikolaevich**

FGBOU VO «Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: 302030, Russia, Orel, st. Moscow, d. 77, office. 312

Master of the department «Service and repair of vehicles»

E-mail: igorek335mtk@mail.ru

**Lomakin Denis Olegovich**

FGBOU VO «Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: 302030, Russia, Orel, st. Moscow, d. 77, office. 312

Candidate of Science, Associate Professor of «Service and repair of vehicles»

E-mail: forstudentwork@mail.ru

**Mosin Andrey Vladimirovich**

FGBOU VO «Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: 302030, Russia, Orel, st. Moscow, d. 77, office. 312

Master of the department «Service and repair of vehicles»

E-mail: mosin.dron@mail.ru

**Fabrichniy Eugene Olegovich**

FGBOU VO «Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: 302030, Russia, Orel, st. Moscow, d. 77, office. 312

Graduate student of the department «Service and repair of vehicles»

E-mail: dust1n@yandex.com

Д.А. ЛАЗАРЕВ, Ю.Н. БАРАНОВ

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ

*В статье проведен анализ используемых методик при проведении автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий на основе изучения процесса торможения, т.е. по определению скорости автомобиля и его остановочного пути. Математически обосновано влияние внешних факторов на процесс торможения, которые порождают тангенциальные силы периодического характера возникающие на пятне контакта колеса с поверхностью дороги, что позволит экспертам объективно расследовать дорожно-транспортные происшествия.*

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство, экспертиза, коэффициент, сцепление, трение, торможение.

Дорожное движение – одна из наиболее значимых и неотъемлемых сфер деятельности современной цивилизации. Рост автомобилизации, наряду с увеличением объемов улично-дорожной сети, приводит к увеличению интенсивности движения, что в свою очередь ведет к возникновению ряда транспортных проблем, одной из которых являются дорожно-транспортные происшествия (далее ДТП) [1]. С момента появления первых автомобилей и начала их дорожного движения человечество ощутило угрозу ДТП. С течением времени конструктивные характеристики транспортных средств совершенствовались (возросли их скоростные и маневровые характеристики за счет совершенствования тяговых способностей силовых агрегатов и облегчения конструкций), что в свою очередь привело к увеличению тяжести последствий, вызванных событием ДТП [2-4].

Аварийность на автомобильном транспорте - одна из острейших социально-экономических проблем. Дорожно-транспортный травматизм затрагивает все возрастные категории и все сферы жизнедеятельности. Помимо смертельных исходов, дорожно-транспортные происшествия приводят к значительному числу тяжелых и менее тяжелых травм, которые приводят зачастую к инвалидности [5,6].

Согласно официальным статистическим данным, на текущий момент (август 2016 года) количество официальных ДТП в Российской Федерации уже превысило уровень прошлого года (на текущий момент – 108020 единиц, прошлый год в целом (2015 год) – 97800 единиц). Данная тенденция роста актуальна также и для количества пострадавших от ДТП лиц. Так, например, количество погибших в ДТП граждан на текущий момент (август 2016 года – 12446 единиц) превышает количество погибших за прошлый год (2015 год) в целом (12000), а количество травмированных в ДТП граждан на текущий момент (август 2016 года – 138048 единиц) превышает количество погибших за аналогичный период прошлого года (2015 год – 123800) [7].

Поэтому процесс расследования дорожно-транспортных происшествий, наряду с задачами по снижению тяжести последствий от обозначенной социально-экономической проблемы, является наиболее значимым и актуальным процессом. С увеличением количества ДТП повышается объем работ, связанных с проведением автотехнической экспертизы. В большинстве случаев дорожно-транспортные происшествия сопровождаются процессом торможения транспортных средств, поэтому очевидно, что исследование данного вопроса очень важно при расследовании и экспертизе ДТП. Исследование процесса торможения автомобиля базируется на определении его замедления, которое зависит от коэффициента сцепления, и на простейших физических законах [8-10].

Несмотря на многочисленность исследований по данной проблематике, на

сегодняшний день имеется ряд возможностей повышения эффективности проведения автотехнической экспертизы. В частности, необходимо обратить внимание на экспериментальные способы определения коэффициента сцепления шины автомобильного колеса с опорной поверхностью и особенности совершенствования модели его вычисления, основанные на современных достижениях науки и техники [11-13].

В процессе расследования ДТП очень часто возникает необходимость определения коэффициента сцепления шины при торможении автомобиля в режиме «юз». Чтобы, к примеру, вычислить скорость этого автомобиля перед ДТП или величину его замедления [14,15].

При исследованиях процесс торможения автомобиля базируется на определении его замедления, которое зависит от коэффициента сцепления, и на простейших физических законах. Однако применяемые на практике методики такого определения пока несовершенны. В том числе и общепризнанная в нашей стране методика, которую в свое время предложил В.А. Иларионов [16]. Она базируется на результатах экспериментальных исследований, которые проводились в 1980-х годах, что ставит под сомнение их нынешнюю актуальность в связи с развитием автомобилестроения вообще и тормозных элементов автотранспортных средств в частности. Кроме того, в классической физике сила трения (а «юз» – это типичное трение) зависит от двух параметров: силы реакции опоры и коэффициента трения. То есть использование коэффициента сцепления при расчете процессов, связанных с трением, либо априори не состоятельно, либо требует научного обоснования. Наконец, используемые при расчете параметры торможения замедления, по Иларионову, равны в одинаковых дорожных условиях для автомобилей с различными массами и конструктивными особенностями шин, что противоречит результатам проводимых в настоящее время испытаний.

Таким образом, получается, что расследования ДТП, от которых зависит судьба людей, основываются на не совсем прочном «фундаменте». Именно поэтому в нашей стране организовываются все новые и новые испытания тормозных систем и тормозных элементов АТС, связанных с определением замедления последних, а по их итогам ЭКЦ МВД России издал методическое пособие для экспертов-автотехников [17, 18].

Казалось бы, проблемы решены. Однако пособие основано на данных, относящихся только к определенным маркам и моделям автомобилей и автомобильных шин и при определенных значениях скорости начала торможения [19]. То есть пособие получилось неполным, отражающим лишь некоторые аспекты рассматриваемой проблемы.

Между тем выход из создавшегося положения есть. Он, как ни странно, на первый взгляд, это не прозвучит, в точном понимании физического смысла и правильном понимании понятий: «*внешнее трение*» (сопротивление относительно перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения их поверхностей по касательным к ним; «*сила трения*» (сила сопротивления при относительном перемещении одного тела по поверхности другого под действием внешней силы, тангенциально направленная к общей границе между двумя телами) и «*коэффициент трения*» (отношение силы трения между двумя телами к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу) [19-21].

Процесс торможения автомобиля в большинстве случаев является исследованием экстренного (аварийного) торможения и сводится к определению скорости автомобиля и остановочного пути. Торможение представляет собой процесс, зависящий от коэффициента сцепления колес с дорожным покрытием и внешних факторов [22-24]. Иногда приходится устанавливать и параметры движения, процесса торможения, как тормозной путь, замедление и время торможения.

Изучая процесс торможения автомобиля можно сказать, поскольку колебания корпуса автомобиля по вертикали отделяются от остальных движений в рамках теории малых колебаний, оставшиеся движения системы, описываемые переменными

$$X = X_1 + 4mM_0^{-1}\xi. \quad (1)$$

Функция Лагранжа и работа неконсервативных сил на возможных перемещениях принимают вид:

$$L_0 = \frac{M_0\dot{X}^2}{2} + \frac{M_0b^2\dot{\varphi}^2}{2} + \frac{m_r\dot{\xi}^2}{2} - 4md\dot{X}\dot{\varphi} - m_r d\dot{\xi}\dot{\varphi} - 2c_1\xi^2 - 2c_2l^2\varphi^2,$$

$$b^2 = \frac{J_0 + 4J_1 + 4md^2}{M_0},$$

$$m_r = \frac{4mM}{M_0}; \quad (2)$$

$$\delta A = 4F(\delta X + MM_0^{-1}\delta\xi - d_1\delta\varphi) - 4\kappa l^2\varphi\delta\varphi,$$

$$4F = -kM_0gF(v),$$

$$v = \dot{X} + MM_0^{-1}\dot{\xi} - d_1\dot{\varphi} \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда  $d = 0$ ,  $d_1 = a$  и кинетическая энергия в формуле (2) принимает канонический вид. В этом случае центр масс корпуса автомобиля в состоянии покоя лежит на середине отрезка, соединяющего центры колес.

Обобщенные импульсы определяются формулами:

$$p_x = \frac{\partial L_0}{\partial \dot{X}} = M_0\dot{X},$$

$$p_\varphi = \frac{\partial L_0}{\partial \dot{\varphi}} = M_0b^2\dot{\varphi},$$

$$p_\xi = \frac{\partial L_0}{\partial \dot{\xi}} = m_r\dot{\xi}. \quad (4)$$

Выпишем функцию Гамильтона

$$H = \frac{p_x^2}{2M_0} + \frac{p_\varphi^2}{2M_0b^2} + \frac{p_\xi^2}{2m_r} + 2c_1\xi^2 + 2c_2l^2\varphi^2 \quad (5)$$

Перейдем к каноническим переменным действие-угол  $I_1, \psi_1, I_2, \psi_2$  согласно равенствам:

$$p_\xi = \sqrt{2m_r I_1 \omega_1} \cos \psi_1, \quad \xi = \sqrt{\frac{I_1 \omega_1}{2c_1}} \sin \psi_1, \quad \omega_1^2 = \frac{4c_1}{m_r}; \quad (6)$$

$$p_\varphi = \sqrt{2M_0 b^2 I_2 \omega_2} \cos \psi_2, \quad \varphi = \sqrt{\frac{I_2 \omega_2}{2c_2 l^2}} \sin \psi_2, \quad \omega_2^2 = \frac{4c_2^2 l^2}{M_0 b^2}. \quad (7)$$

и представим гамильтониан системы в новых переменных.

Определим обобщенные силы, используя выражение (3) для работы сил на возможных перемещениях и соотношениях:

$$\delta A = 4F \left[ \delta X + MM_0^{-1} \left( \frac{\partial \xi}{\partial I_1} \delta I_2 + \frac{\partial \xi}{\partial \psi_1} \delta \psi_1 \right) - a \left( \frac{\partial \varphi}{\partial I_2} \delta I_2 + \frac{\partial \varphi}{\partial \psi_2} \delta \psi_2 \right) \right] \Rightarrow$$

$$-4Nl^2 \sqrt{2M_0^{-1}b^{-2}I_2\omega_2 \cos \psi_2} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial I_2} \delta I_2 + \frac{\partial \varphi}{\partial \psi_2} \delta \psi_2 \right) \Rightarrow$$

$$Q_x = 4F,$$

$$Q_{I_1} = \frac{2FM}{M_0} \sqrt{\frac{\omega_1}{2c_1l_1}} \sin \psi_1,$$

$$Q_{\psi_1} = \frac{2FM}{M_0} \sqrt{\frac{I_1\omega_1}{2c_1}} \cos \psi_1,$$

$$Q_{I_2} = -2 \left( aF + Nl^2 \sqrt{2M_0^{-1}b^{-2}l_2\omega_2 \cos \psi_2} \right) \sqrt{\frac{\omega_2}{2c_2l^2I^2}} \sin \psi_2,$$

$$Q_{\psi_2} = -4 \left( aF + Nl^2 \sqrt{2M_0^{-1}b^{-2}l_2\omega_2 \cos \psi_2} \right) \sqrt{\frac{I_2\omega_2}{2c_2l^2I^2}} \cos \psi_2. \quad (8)$$

Канонические уравнения Гамильтона с учетом обобщенных сил (8) представляются в форме:

$$\dot{p}_x = -\frac{\partial H}{\partial X} + Q_x = Q_x,$$

$$\dot{X} = \frac{\partial H}{\partial p_x} = \frac{p_x}{M_0},$$

$$\dot{I}_k = -\frac{\partial H}{\partial I_k} + Q_{I_k} = Q_{I_k},$$

$$\dot{\psi}_k = \frac{\partial H}{\partial \psi_k} - Q_{\psi_k} = \omega_k - Q_{\psi_k}, \quad k = 1, 2. \quad (9)$$

Применим для анализа поведения решений системы уравнений (9) метод усреднения, полагая частоты невозмущенных колебаний  $\omega_1, \omega_2$  независимыми.

Эволюция движения в рассматриваемой задаче описывается усредненными уравнениями для переменных действия  $p_x, I_1, I_2$ .

Сохраняя обозначения переменных, представим усредненные уравнения в виде:

$$p_x = \langle Q_x \rangle, \quad \dot{I}_k = \langle Q_{I_k} \rangle, \quad k = 1, 2 \quad (10)$$

Будем считать, что невозмущенное движение системы представляется равномерным движением центра масс системы и незатухающими гармоническими колебаниями по переменным  $\xi$  на частоте  $\omega_1$  и  $\varphi$  на частоте. Невозмущенное движение имеет место, если выполняются условия:

$$F = N = 0.$$

В результате усреднения по «быстрым» переменным  $\psi_1, \psi_2$ , получим:

$$\begin{aligned} \langle Q_x \rangle &= -\frac{k}{8} M_0 g a_0 G_0(Z_0, Z_1, Z_2), \\ \langle Q_{\psi_1} \rangle &= -\frac{kMg}{16} \sqrt{\frac{I_1 \omega_1}{2c_1}} a_1 G_1(Z_0, Z_1, Z_2), \\ \langle Q_{\psi_2} \rangle &= \frac{akMg}{16} \sqrt{\frac{I_2 \omega_2}{2c_2 l^2}} a_2 G_1(Z_0, Z_1, Z_2) - \frac{4Nl^2}{M_0 b^2} I_2, \\ G_0(Z_0, Z_1, Z_2) &= 8 - g_1(8Z_0 + 12Z_1 + 12Z_2) + \\ &+ g_2(8Z_0^2 + 40Z_0Z_1 + 40Z_0Z_2 + 15Z_1^3 + 15Z_2^3 + 60Z_1Z_2); \\ G_1(Z_0, Z_1, Z_2) &= 8 - g_1(24Z_0 + 6Z_1 + 12Z_2) \\ &+ g_2(40Z_0^2 + 60Z_0Z_1 + 120Z_0Z_2 + 52Z_1^2 + 15Z_2^2 + 30Z_1Z_2). \end{aligned} \quad (11)$$

Усредненные уравнения движения представим в форме

$$\begin{aligned} \dot{Z}_0 &= -\frac{kg}{4} Z_0 G_0(Z_0, Z_1, Z_2), \\ \dot{Z}_1 &= -\frac{kMg}{32m} Z_1 G_1(Z_0, Z_1, Z_2), \\ \dot{Z}_2 &= -\frac{a^2 kg}{8b^2} Z_2 G_1(Z_0, Z_1, Z_2) - \frac{4Nl^2}{J_0 + 4J_1} Z_2. \end{aligned} \quad (12)$$

Все решения уравнений (12) обладают свойством:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Z_k(t) = 0, \quad k = 0, 1, 2$$

Согласно теореме об изменении механической энергии:

$$\frac{d}{dt} (T + \Pi) = -kM_0 g v^2 (1 - g_1 v^2 + g_2 v^4) - 4Nl^2 \dot{\varphi}^2 \leq 0 \quad (13)$$

Неравенство (13) выражает диссипативные свойства нелинейного вязкого трения. Система дифференциальных уравнений (12) описывает переходный процесс, в ходе которого могут возникать автоколебания.

При снижении скорости автомобиля автоколебания пропадают. Заметим, что в усредненном варианте начальное значение переменной  $Z_1$  должно быть положительным. В противном случае переменная  $Z_1(t) = 0$  в силу усредненных уравнений движения.

Автоколебания заблокированных колес порождают тангенциальные силы периодического характера, действующие на материал дороги, по которой движется автомобиль. Это обстоятельство возможно является причиной возникновения пластических деформаций материала дороги, поверхность которой приобретает волнообразный характер в областях интенсивного торможения автомобилей.

Таким образом, для выявления зависимости процесса торможения, от многих параметров, необходимо выявить взаимосвязи внешними факторами, определяющими ход процесса, и представить в виде математической модели. Благодаря представленной теории выводы экспертов будут точными и верными, т.к. выполненные по представленной модели расчеты говорят о том, что она в большинстве случаев дает более точное значение коэффициента сцепления, чем те, которые зафиксированы в дифференцированной таблице ВНИИСЭ на основе методики В.А. Иларионова, что и требуется для объективного расследования ДТП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГИБДД назвала самую популярную причину ДТП . - Режим доступа: [https://auto.mail.ru/article/56192-gibdd\\_nazvala\\_samuyu\\_populyarnuyu\\_prichinu\\_dtp/](https://auto.mail.ru/article/56192-gibdd_nazvala_samuyu_populyarnuyu_prichinu_dtp/)-Заглавие с экрана. -(Дата обращения: 15.07.2016).
2. Баранов, Ю.Н. Расчет вероятностных показателей безопасности дорожного движения методом моделей марковских процессов [Текст] / Ю.Н. Баранов, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 4 (47). - С. 115-124.
3. Баранов, Ю.Н. Логико-графический анализ возникновения опасностей столкновения транспортных средств при визуальном отражении процесса их торможения [Текст] / Ю.Н. Баранов, А.Н. Загородних // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2011. - Т. 29. - № 2. - С. 70-73.
4. Баранов, Ю.Н. Факторы, определяющие опасное действие водителя при управлении транспортным средством [Текст] / Ю.Н. Баранов, Д.О. Кожин, Д.Е. Алёкминский, В.В. Евграшин // Сборник научных трудов Sworld. - 2014. - Т. 2. - № 4. - С. 3-7.
5. Туренок, А.Н. Исследование тормозной динамики автомобиля при анализе ДТП / А.Н. Туренок, В.И. Клименко, А.В. Сараев, А.О. Малявин // Автомобильный транспорт. - 2010. - Вып. № 26. - С. 17-22.
6. Ozornin, S.P. Influence of covering condition «frozen asphalt» on road accident risk [Text] / S.P. Ozornin, V.G. Maslennikov, I.E. Berdnikov // World of transport and technological machines. - 2016. - № 1 (52). - P. 95-105.
7. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat/>-Заглавие с экрана. -(Дата обращения: 15.07.2016).
8. Lie A., Tingvall C. How do Euro NCAP results correlate with real-life injury risks? A paired comparison study of car-to-car crashes. Traffic Injury Prevention, 2002, 3: 288-291.
9. Mackay G.M., Wodzin E. Global priorities for vehicle safety. In: International Conference on Vehicle Safety 2002: IMechE conference transactions. London, Institution of Mechanical Engineers, 2002: 3-9.
10. Кузьмин, Н.А. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей [Текст]: монография / Н.А. Кузьмин, Г.В. Борисов. - Н.Новгород: НГТУ, 2012. - 270 с.
11. Озорнин, С.П. Влияние состояния покрытия «мерзлый асфальт» на риск возникновения дорожно-транспортных происшествий [Текст] / С.П. Озорнин, В.Г. Масленников, И.Е. Бердников // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - № 1 (52). - С. 95-105.
12. Федоров, В.А. Расследование дорожно-транспортных происшествий [Текст] / В.А. Федоров, Б.Я. Гаврилов. - Москва: Экзамен, 2003. - 464 с.
13. Якунин, Н.Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации [Текст]: монография / Н.Н. Якунин. - Москва: Машиностроение, 2003. - 178 с.
14. Чудакова, Н.В. Влияние шин с учетом их сезонности и степенью износа на установившееся замедление автомобиля [Текст] / Н.В. Чудакова // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. - 2016. - Вып. № 1(54). - 2016. - С. 141-145.
15. Чудакова, Н.В. Применение установившегося замедления транспортного средства в экспертной практике [Текст] / Н.В. Чудакова, С.С. Евтюков // Инновации на транспорте в машиностроении. - СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». - 2016. - С. 41-45.
16. Использование в экспертной практике экспериментально-расчетных значений параметров торможения колесных тракторов [Текст]: методические рекомендации для экспертов. -М.: ВНИИСЭ, 1989. - 6 с.
17. Куракина, Е.В. Влияние параметров дороги на определение скорости движения при экспертном исследовании ДТП [Текст] / Е.В. Куракина, С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. - №1 (42). - 2014. - С.103-109.
18. Чава, И.И. Судебная автотехническая экспертиза [Текст]: учеб.-метод. пособие для экспертов, следователей, дознавателей и адвокатов / И.И. Чава. - Москва: НП «Судекс», -2014. -312 с.
19. Вальке, ВХ. Автоколебания в процессе торможения автомобилей [Текст] / В.Х. Вальке, И.Л. Шаповалов // Вестник МГУ; Сер.1. Математика, механика. - 2015. - № 4.
20. Пучкин, В.А. Судебная автотехническая экспертиза. Анализ ДТП [Текст]: научно-практическое пособие / В.А. Пучкин. - Ростов н/Д: Профпресс, 2015. - 360 с.
21. Кручиннин, П.А. Математическая модель автомобильного колеса на антиблокировочных режимах движения [Текст] / П.А. Кручиннин, М.Х. Магомедов, И.В. Новожилов // РАН. МТТ. - 2001.- № 6. - С 63-69.

22. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза [Текст]: учебное пособие / Ю.Б. Суворов. - Москва: Приор, 1998. - 112 с.
23. Христофоров, Е.Н. Исследование систем повышения тормозной динамичности автотранспортных средств [Текст] / Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, Ю.Н. Баранов, А.М. Гринь, А.С. Бодров // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - № 3 (54). - С. 98-107.
24. Евтюков, С.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: справочник [Текст] / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. - Санкт Петербург: ДНК, 2006. - 536 с.
25. Новиков, А.Н. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения [Текст] / А.Н. Новиков, А.П. Тряцин, Ю.Н. Баранов, В.И. Самусенко, А.М. Никитин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2014. - № 4 (44). - С. 188-195.
26. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113.

**Лазарев Дмитрий Александрович**

УМВД России по Белгородской области

Адрес: 308009, Россия, Белгород, Славы просп., 70

Старший эксперт отделения пожарно-технических и автотехнических экспертиз отдела специальных экспертиз Экспертно-криминалистического центра, майор полиции

E-mail: zmey\_lda@mail.ru

**Баранов Юрий Николаевич**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

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

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: bar20062@yandex.ru

---

YU.N. BARANOV, D.A. LAZAREV

## **IMPROVE PERFORMANCE AUTOTECHNICAL EXAMINATION ON THE BASIS OF A THEORETICAL APPROACH TO THE STUDY OF THE BRAKING PROCESS**

*In the article the analysis of the methods used in conducting the technical examination of road accidents based on the study of the braking process, i.e. to determine the speed of the car and its stopping distance. Mathematically proved the influence of external factors on the process of inhibition, which generate tangential forces are periodic in nature occurring on the tire contact patch with the road surface that will allow experts to objectively investigate a traffic accident.*

**Keywords:** traffic accident, vehicle, expertise, factor, clutch, friction, braking.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. GIBDD nazvala samuyu populyarnuyu prichinu DTP . - Rezhim dostupa: [https://auto.mail.ru/article/56192-gibdd\\_nazvala\\_samuyu\\_populyarnuyu\\_prichinu\\_dtp/](https://auto.mail.ru/article/56192-gibdd_nazvala_samuyu_populyarnuyu_prichinu_dtp/)-Zaglavie s ekrana. -(Data obrashcheniya: 15.07.2016).
2. Baranov, YU.N. Raschet veroyatnostnykh pokazateley bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya metodom mode-ley markovskikh protsessov [Текст] / YU.N. Baranov, E.N. Hristoforov, N.E. Sakovich, A.M. Nikitin // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 4 (47). - С. 115-124.
3. Baranov, YU.N. Logiko-graficheskiy analiz vozniknoveniya opasnostey stolknoveniya transportnykh sredstv pri vizual'nom otrazhenii protsessa ikh tormozheniya [Текст] / YU.N. Baranov, A.N. Zagorodnikh // Vest-nik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2011. - Т. 29. - № 2. - С. 70-73.
4. Baranov, YU.N. Faktory, opredelyayushchie opasnoe deystvie voditelya pri upravlenii transportnym sredstvom [Текст] / YU.N. Baranov, D.O. Kozhin, D.E. Aliokminskiy, V.V. Evgrashin // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. - 2014. - Т. 2. - № 4. - С. 3-7.
5. Turenok, A.N. Issledovanie tormoznoy dinamiki avtomobilya pri analize DTP / A.N. Turenok, V.I. Klimenko, A.V. Saraev, A.O. Malyavin // Avtomobil'nyy transport. - 2010. - Vyp. № 26. - С. 17-22.
6. Ozornin, S.P. Influence of covering condition «frozen asphalt» on road accident risk [Text] / S.P. Ozornin, V.G. Maslennikov, I.E. Berdnikov // World of transport and technological machines. - 2016. - № 1 (52). - P. 95-105.
7. Svedeniya o pokazatelyakh sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: [http://www.gibdd.ru/stat/-Zaglavie\\_s\\_ekrana](http://www.gibdd.ru/stat/-Zaglavie_s_ekrana). - (Data obrashcheniya: 15.07.2016).



8. Lie A., Tingvall C. How do Euro NCAP results correlate with real-life injury risks? A paired comparison study of car-to-car crashes. *Traffic Injury Prevention*, 2002, 3: 288-291.
9. Mackay G.M., Wodzin E. Global priorities for vehicle safety. In: International Conference on Vehicle Safety 2002: IMechE conference transactions. London, Institution of Mechanical Engineers, 2002: 3-9.
10. Kuz`min, N.A. Nauchnye osnovy protsessov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley [Tekst]: monografiya / N.A. Kuz`min, G.V. Borisov. - N.Novgorod: NGTU, 2012. - 270 s.
11. Ozornin, S.P. Vliyanie sostoyaniya pokrytiya «merzlyy asfal`t» na risk vozniknoveniya dorozhno-transportnykh proisshestviy [Tekst] / S.P. Ozornin, V.G. Maslennikov, I.E. Berdnikov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2016. - № 1 (52). - S. 95-105.
12. Fedorov, V.A. Rassledovanie dorozhno-transportnykh proisshestviy [Tekst] / V.A. Fedorov, B.YA. Gavrilov. - Moskva: Ekzamen, 2003. - 464 s.
13. YAkunin, N.N. Metodologicheskie osnovy kontrolya i upravleniya tekhnicheskimi sostoyaniem avtomobiley v ekspluatatsii [Tekst]: monografiya / N.N. YAkunin. - Moskva: Mashinostroenie, 2003. - 178 s.
14. Chudakova, N.V. Vliyanie shin s uchetom ikh sezonnosti i stepen`yu iznosa na ustanovivsheesya zamedlenie avtomobilya [Tekst] / N.V. Chudakova // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov SPbGASU*. - 2016. - Vyp. № 1(54). - 2016. - S. 141-145.
15. Chudakova, N.V. Primenenie ustanovivshegosya zamedleniya transportnogo sredstva v ekspertnoy praktike [Tekst] / N.V. Chudakova, S.S. Evtyukov // *Innovatsii na transporte v mashinostroenii*. - SPb.: Natsional`nyy mineral`no-syr`evoy universitet «Gornyy». - 2016. - S. 41-45.
16. Ispol`zovanie v ekspertnoy praktike eksperimental`no-raschetnykh znacheniy parametrov tormozheniya kollesnykh traktorov [Tekst]: metodicheskie rekomendatsii dlya ekspertov. -M.: VNIISE, 1989. - 6 s.
17. Kurakina, E.V. Vliyanie parametrov dorogi na opredelenie skorosti dvizheniya pri ekspertnom issledovanii DTP [Tekst] / E.V. Kurakina, S.S. Evtyukov // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov SPbGASU*. - №1 (42). - 2014. - S.103-109.
18. Chava, I.I. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza [Tekst]: ucheb.-metod. posobie dlya ekspertov, sledovateley, doznateley i advokатов / I.I. Chava. - Moskva: NP «Sudeks», -2014. -312 s.
19. Val`ke, V.X. Avtokolebaniya v protsesse tormozheniya avtomobil [Tekst] / V.H. Val`ke, I.L. Shapova-lov // *Vestnik MGU; Ser.1. Matematika, mekhanika*. - 2015. - № 4.
20. Puchkin, V.A. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. Analiz DTP [Tekst]: nauchno-prakticheskoe posobie / V.A. Puchkin. - Rostov n/D: Profpress, 2015. - 360 s.
21. Kruchinnin, P.A. Matematicheskaya model` avtomobil`nogo kola na antiblokirovochnykh rezhimakh dvizheniya [Tekst] / P.A. Kruchinnin, M.H. Magomedov, I.V. Novozhilov // *RAN. MTT*. - 2001.- № 6. - S 63-69.
22. Suvorov, YU.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza [Tekst]: uchebnoe posobie / YU.B. Suvorov. - Moskva: Prior, 1998. - 112 s.
23. Hristoforov, E.N. Issledovanie sistem povysheniya tormoznoy dinamichnosti avtotransportnykh sredstv [Tekst] / E.N. Hristoforov, N.E. Sakovich, YU.N. Baranov, A.M. Grin`, A.S. Bodrov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2016. - № 3 (54). - S. 98-107.
24. Evtyukov, S.A. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy: spravochnik [Tekst] / S.A. Evtyukov, YA.V. Vasil`ev. - Sankt Peterburg: DNK, 2006. - 536 s.
25. 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 // *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. - 2014. - № 4 (44). - S. 188-195.
26. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primeneniye v intellektual`nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.

**Lazarev Dmitry Aleksandrovich**

Russian Ministry of Internal Affairs Directorate in Belgorod region

Address: 308009, Russia, Belgorod, Fame Avenue, 70

Senior expert of department of fire-technical examinations and auto-technical department of special expertise Forensic Center, police Maj.

E-mail: zmey\_lda@mail.ru

**Baranov Yuri Nikolaevich**

FGBOU VO «Orlovsky name IS State University Turgenev»

Address: 302030, Russia, Orel, st. Moscow, d. 77

Dr. Sc. Sciences, Professor of the Department «Service and repair of vehicles»

E-mail: bar20062@yandex.ru

УДК 656.135

Е.Г. ВЕРЕМЕЕНКО

## РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗЕРНОВОМ ТЕРМИНАЛЕ

*В данной статье представлена адаптивная имитационная модель обслуживания автомобилей на зерновом терминале. В рамках данной модели рассмотрены различные режимы функционирования терминала, в частности выполнения процедуры «Разгрузка». Приведены результаты моделирования, которые позволяют оценить каждый из режимов функционирования.*

**Ключевые слова:** автомобильный транспорт, зерновой терминал, имитационное моделирование, порт, автоматизированное управление.

Ростовская область является одним из крупнейших регионов уборки и экспорта зерновых культур. Отгрузка на экспорт осуществляется преимущественно через зерновые терминалы портов, в которые зерно попадает преимущественно с использованием автомобильного транспорта.

Уборка зерновых носит сезонный характер. Вследствие этого возникает серьезная проблема для транспортной сети региона. В ограниченное время значительное количество автомобилей-зерновозов прибывают в порт, с целью выгрузки. Это создает повышенную нагрузку на внутригородские дороги и федеральные трассы [1-5].

В рамках исследования были собраны статистические данные по времени обслуживания грузовых автомобилей на терминале (при разгрузке зерновых культур) за период с июня по октябрь 2015 г. Исследования проводились на следующих зерновых терминалах Ростовской области:

- ООО ПКФ «Братья»;
- ООО «БУНГЕ СНГ»;
- ООО МЗК-Ростов;
- ООО «Промэкспедиция»;
- ООО «Азовский Зерновой Терминал».

Автором произведен анализ собранных данных, установлен порядок прохождения пунктов обслуживания грузовыми автомобилями, среднее время выполнения операций по обработке транспортных средств (ТС), среднее время ожидания обслуживания. Было установлено, что необходимо построить имитационную модель системы управления автомобильным транспортом при его прибытии в порт с целью выгрузки зерна. Применение данной модели на практике должно повысить уровень автотранспортного обслуживания зернового терминала порта и сократить время ожидания автомобилями обслуживания.

Для реализации целей и задач исследования разработана имитационная модель «Зерновой терминал» (ЗТ), при построении которой учитывались полученные статистические данные [6].

Выявлен типовой алгоритм обработки автомобильного транспорта на зерновом терминале. По прибытии на зерновой терминал порта грузовой автомобиль регистрируется в контрольно-пропускном пункте (КПП) [7,8]. В базу вносятся сведения об автомобиле, водителе, грузе. Затем зерновоз следует в пункт экспресс-анализа, где осуществляется забор пробы зерна для определения массовой доли белка, влаги, клейковины и других показателей позволяющих установить, к какому классу относится образец. От класса зерна зависит его стоимость. После анализа зерна осуществляется взвешивание автомобиля с грузом, затем разгрузка и взвешивание транспортного средства уже без груза. Далее автомобиль регистрируется на КПП при выезде и покидает территорию порта.

На рассматриваемом зерновом терминале по одному пункту обслуживания автомобильного транспорта для каждой из операций, кроме разгрузки. Данная операция осуществ-

ляется на четырех пунктах: два – для выгрузки пшеницы, один пункт выгрузки ячменя, один пункт выгрузки подсолнечника.

По результатам статистических исследований установлено, что прибытие автомобилей на терминал носит случайный характер и описывается законом Пуассона (с интенсивностью прибытия автомобилей  $\lambda_a$ ). Колебания продолжительности операций по обработке автомобильного транспорта (регистрация на КПП, экспресс-анализ, взвешивание, разгрузка) описываются нормальным законом распределения, с параметрами  $t_0$  – математическое ожидание и  $\sigma_0$  – среднее квадратичное отклонение [10].

Интервал между последовательно прибывающими автомобилями определяется по формуле:

$$I_i = -\frac{1}{\lambda_a} \ln R_i, \quad (1)$$

где  $I_i$  – интервал прибытия следующего автомобиля.

$R_i$  – случайное равномерно распределенное число,  $R_i \in [0;1]$ .

Для определения продолжительности операций обработки автомобильного транспорта, описываемых нормальным законом распределения, воспользуемся следующей формулой:

$$t_0 = \bar{t}_0 + \left( \sum_{i=1}^{12} R_i - 6 \right) * \sigma_0, \quad (2)$$

где  $t_0$  – продолжительность операции обработки автомобиля;

$\bar{t}_0$  – математическое ожидание;

$\sigma_0$  – среднее квадратичное отклонение.

Алгоритм работы адаптивной имитационной модели «Зерновой терминал», с учетом всех перечисленных выше условий, представлен на рисунке 1.

Определение времени обработки одного автомобиля, в рамках имитационной модели, осуществляется по формуле 3.

$$t_{обрTC_i} = t_{np_{i-1}} + \left( -\frac{60}{\lambda_a} * \ln R_i \right) + t_{ож\_рег_i} + \left( \bar{t}_{рег} + R_s * \sigma_{рег} \right) + t_{перем} + \\ + t_{ож\_ЭА_i} + \left( \bar{t}_{ЭА} + R_s * \sigma_{ЭА} \right) + t_{перем} + t_{ож\_взв.с.зр_i} + \left( \bar{t}_{взв.с.зр} + R_s * \sigma_{взв.с.зр} \right) + t_{перем} + \\ + t_{ож\_раз_i} + \left( \bar{t}_{раз} + R_s * \sigma_{раз} \right) + t_{перем} + t_{ож\_взв.без.зр_i} + \left( \bar{t}_{взв.без.зр} + R_s * \sigma_{взв.без.зр} \right) + \\ + t_{перем} + t_{ож\_КПП_i} + \left( \bar{t}_{КПП} + R_s * \sigma_{КПП} \right) \quad (3)$$

где  $t_{обрTC_i}$  – время обработки  $i$ -го автомобиля на зерновом терминале;

$t_{np_{i-1}}$  – время прибытия предыдущего ТС;

$\lambda_a$  – интенсивность прибытия ТС;

$t_{ож\_рег_i}, t_{ож\_ЭА_i}, t_{ож\_взв.с.зр_i}, t_{ож\_раз_i}, t_{ож\_взв.без.зр_i}, t_{ож\_КПП_i}$  – время ожидания начала обслуживания  $i$ -го автомобиля на пунктах регистрации, экспресс-анализа, взвешивания до разгрузки, разгрузки, взвешивания после разгрузки, КПП на выезде соответственно;

$\bar{t}_{рег}, \bar{t}_{ЭА}, \bar{t}_{взв.с.зр}, \bar{t}_{раз}, \bar{t}_{взв.без.зр}, \bar{t}_{КПП}$  – математическое ожидание времени обслуживания автомобиля на пунктах регистрации, экспресс-анализа, взвешивания до разгрузки, разгрузки, взвешивания после разгрузки, КПП на выезде соответственно;

$\sigma_{рег}, \sigma_{ЭА}, \sigma_{взв.с.зр}, \sigma_{раз}, \sigma_{взв.без.зр}, \sigma_{КПП}$  – среднее квадратичное отклонение продолжительности обслуживания автомобиля на пунктах регистрации, экспресс-анализа, взвешивания до разгрузки, разгрузки, взвешивания после разгрузки, КПП на выезде соответственно;

$t_{перем}$  – время перемещения ТС между пунктами, включая продолжительность маневрирования.

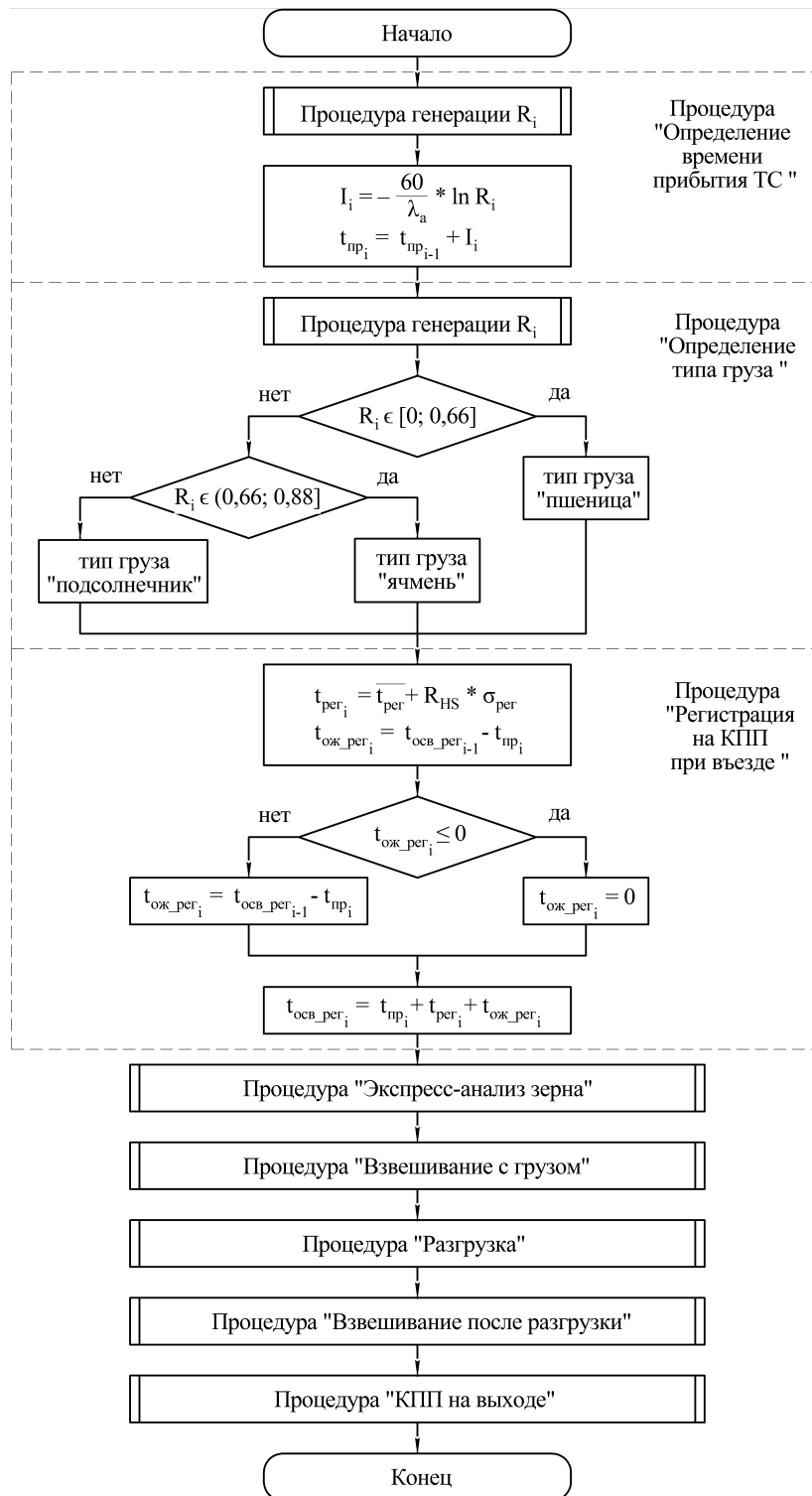


Рисунок 1 – Алгоритм работы имитационной модели «Зерновой терминал»

$$R_s = \left( \sum_{i=1}^{12} R_i - 6 \right). \quad (4)$$

Значение  $R_s$  позволяет заменить собой табулированные значения нормального нормированного отклонения.

Для сокращения времени простоя автомобилей в ожидании обработки внутри зерновых терминалов были проанализированы три альтернативных режима обслуживания автомобильного транспорта на терминале:

1) Режим работы терминала, при котором отсутствует управленческое воздействие (случайный выбор пунктов обслуживания).

2) Режим работы, при котором автомобили поочередно направляются к пунктам обслуживания (поочередный выбор).

3) Режим работы терминала, при котором реализуется автоматизированное управление автомобильным транспортом в реальном времени.

Алгоритм реализации режима случайного выбора пунктов обслуживания предполагает генерацию случайного равномерно распределенного числа от 0 до 1 ( $R_i$ ).

В имитационной модели реализован следующий принцип выполнения процедуры «Разгрузка» при типе груза «пшеница»:

$R_i \in [0;0,5) \Rightarrow$  автомобиль отправляется к пункту № 1;

$R_i \in (0,5;1] \Rightarrow$  автомобиль отправляется к пункту № 2.

Поочередный режим: выбора первого либо второго пункта разгрузки пшеницы будет обусловлен тем, какой из пунктов осуществлял обработку предыдущего автомобиля. Если предыдущее ТС обслуживалось на пункте № 1, то текущее автоматически отправляется к пункту разгрузки № 2, и наоборот.

В случае реализации на терминале режима автоматизированного управления автомобильным транспортом в реальном времени, выбор пункта обслуживания осуществляется в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке 2.

После завершения моделирования каждого из вариантов обслуживания автомобилей на терминале была составлена сводная таблица 1. Полученные данные позволяют определить, каким образом влияет режим работы терминала на суммарное время ожидания автомобилями обработки.

Значительное время ожидания обработки возникает в момент регистрации транспортных средств на КПП. Это связано с хаотичным прибытием автомобилей на терминал. Интервал прибытия автомобилей случайным образом варьируется от 1 минуты до 66 минут (по результатам моделирования).

Время ожидания автомобилями обслуживания не изменяется в зависимости от режима работы терминала вплоть до разгрузки. Это связано с тем, что от режима работы зависит алгоритм выбора пункта проведения процедуры «Разгрузка».

Время ожидания разгрузки существенно сокращается при внедрении режима автоматизированного управления автотранспортом. По сравнению со случайным выбором водителем пункта разгрузки сокращение составляет 1 139 мин., а по сравнению с поочередным режимом – 134 мин.

Таблица 1 – Сводные данные по работе зернового терминала в каждом из трех режимов за сутки

№ п/п	Пункт обслуживания	Суммарное время ожидания автомобилями обслуживания (за сутки), мин		
		Случайный выбор	Поочередный выбор	Автоматиз. управление
1	Регистрация на КПП	1 586	1 586	1 586
2	Экспресс-анализ зерна	446	446	446
3	Взвешивание до разгрузки	0	0	0
4	Разгрузка	3 014	2 009	1 875
5	Взвешивание после разгрузки	57	85	75
6	КПП на выезде	18	24	14
ИТОГО:		5 121	4 150	3 996
Количество обслуженных ТС		95	99	101

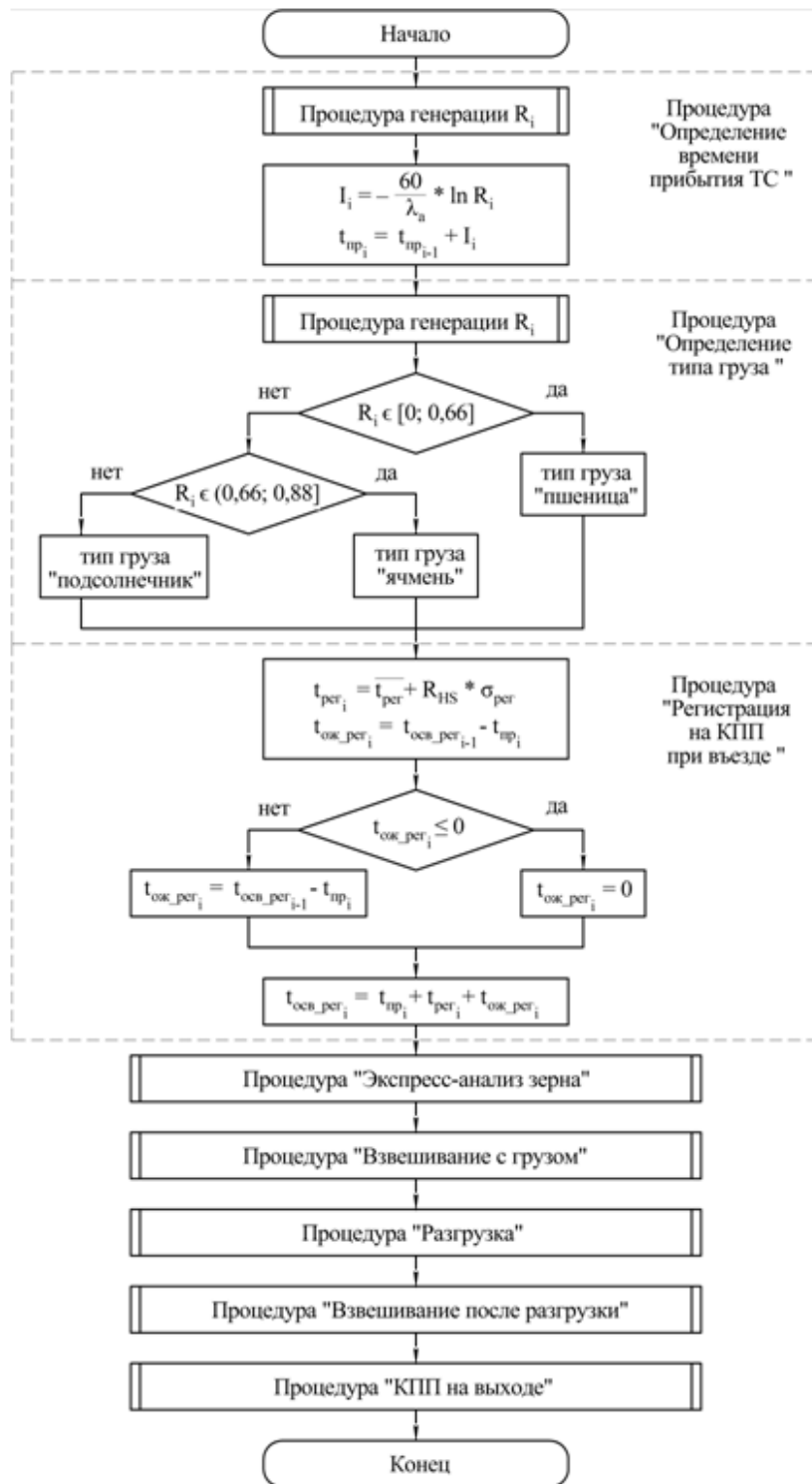


Рисунок 2 – Процедура выбора пункта разгрузки при режиме автоматизированного управления автотранспортом в реальном времени

Приведенные выше выводы позволяют говорить о том, что внедрение автоматизированного управления, при проведении процедуры «Разгрузка», позволяет существенно сократить время ожидания автомобилями обслуживания. Одновременно с этим происходит увеличение количества обслуженных за сутки транспортных средств. Отметим также, что таких результатов удастся добиться даже без внедрения дополнительных постов обслуживания автомобилей на наиболее востребованных операциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев, Е.И. Информационные технологии и системы в логистике и управлении цепями поставок [Текст]: монография / Е.И. Зайцев. – Москва, 2010. – 97 с.
2. Зырянов, В.В. Методы формирования региональных транспортно-логистических систем [Текст]: учеб. пособие для студентов / В.В. Зырянов. – Ростов н/Д, 2004.
3. Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД-2009 [Текст]: сборник докладов. – Санкт-Петербург: ОАО «ЦТСС», 2009. – 350 с.
4. Зырянов, В.В. Методы оценки адекватности результатов моделирования [Текст] / В.В. Зырянов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 25. – № 2 (25). – С. 132.
5. Инновационные процессы логистического менеджмента в интеллектуальных транспортных системах: монография в 4 т. / Под общей редакцией проф. Б.А. Левина и проф. Л.Б. Миротина. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – Т.1 Инновационные процессы в рамках транспортного менеджмента. – 336 с.
6. Есин, К.С. Повышение эффективности использования автотранспортных средств при перевозке зерна в регионе (на примере Орловской области) [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10) / Есин Константин Сергеевич. – Орел, 2016. – 16 с.
7. Жанказиев, С.В. Развитие технических средств телематики наземного транспорта [Текст] / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко // Средства и технологии телематики на автомобильном транспорте (сборник научных трудов). – М.: МАДИ (ГТУ). – 2008. – С. 108-119.
8. Жанказиев, С.В. Интеллектуальная транспортная система на дорогах России [Текст] / С.В. Жанказиев // Межотраслевой журнал навигационных технологий Вестник ГЛОНАСС. – М., 2011. – №2. – С. 7-11.
9. Веремеенко, Е.Г. Применение системы радиочастотной идентификации (RFID) для автоматизации работы автомобильного транспорта в порту [Текст] / Е.Г. Веремеенко // Инженерный вестник Дона. – Т. 27. – № 4. – 2013. – С. 237-240.
10. Правдин, Н.В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчеты) [Текст] / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, В. Подкопаев. – М.: Транспорт, 1989. – 208 с.
11. Некрасов, А.Г. Управление цепями поставок в транспортном комплексе [Текст]: учебное пособие для вузов / А.Г. Некрасов, Л.Б. Миротин, Е.В. Меланич, М.А. Некрасова. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 262 с.
12. Зырянов, В.В. Применение информационных технологий при повышении мобильности и обеспечении транспортной безопасности [Электронный ресурс] / В.В. Зырянов, Е.Ю. Семчугова, А.М. Скрынник // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №4. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012>.
13. Резер, С.М. Взаимодействие транспортных систем [Текст] / С.М. Резер. – М.: Наука, 1985. – 245 с.
14. Фиалкин, В.В. Изучение устойчивости функционирования городской улично-дорожной сети, прилегающей к портовым комплексам [Текст] / В.В. Фиалкин // Научное обозрение. – 2014. – № 11-2. – С. 621-624.
15. Домбалян, А.В. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России [Текст]: материалы международной научно-практической конференции / А.В. Домбалян // Строительство и архитектура - 2015. – ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Союз строителей южного федерального округа, Ассоциация строителей Дона. – 2015. – С. 18-20.
16. Фиалкин, В.В. Управление движением грузовых автомобилей на улично-дорожной сети, прилегающей к портовым комплексам [Текст] / В.В. Фиалкин // Научное обозрение. – 2014. – № 11-2. – С. 625-627.
17. Криволапова, О.Ю. Особенности моделирования улично-дорожной сети на микроуровне при внедрении транспортных коридоров [Текст] / О.Ю. Криволапова // Научное обозрение. – 2014. – № 9-3. – С. 1031-1034.
18. Кочерга, В.Г. Планирование и организация грузовых автомобильных перевозок на улично-дорожной сети мегаполисов [Электронный ресурс] / В.Г. Кочерга, В.В. Зырянов, А.В. Хачатурян // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/869>.
19. Zyryanov, V. Traffic Modelling of Network Level System for Large Event [Text] / V. Zyryanov, P. Keridi, R. Guseynov // 16th ITS World Congress. – Stockholm. – 2009.
20. Zyryanov, V. Simulation for development of urban traffic: the rostov-on-don approach of traffic management [Text] / V. Zyryanov, V. Kochergera // 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services 13, ITS: Delivering Transport Excellence. – 2015.
21. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. – 2006. – С. 146-148.
22. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – № 2 (41). – С. 109-113.

**Веремеенко Елена Геннадьевна**

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: 344001, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162, ауд. 10-802

Ассистент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»

E-mail: [lenu\\_dedyayeva@mail.ru](mailto:lenu_dedyayeva@mail.ru)

E.G. VEREMEENKO

**ADAPTIVE SIMULATION MODEL DEVELOPMENT SERVICE ROAD  
TRANSPORT AT THE GRAIN TERMINAL**

*This paper presents an adaptive simulation model for vehicle servicing at the grain terminal. This model describes the various modes of the terminal operating, for the procedure «Unloading». The results of simulation allow you to evaluate each of the operating modes.*

**Keywords:** road transport, grain terminal, simulation, port, automated management.

## BIBLIOGRAPHY

1. Zaytsev, E.I. Informatsionnye tekhnologii i sistemy v logistike i upravlenii tsepyami postavok [Tekst]: monografiya / E.I. Zaytsev. - Moskva, 2010. - 97 s.
2. Zyryanov, V.V. Metody formirovaniya regional'nykh transportno-logisticheskikh sistem [Tekst]: ucheb. posobie dlya studentov / V.V. Zyryanov. - Rostov n/D, 2004.
3. Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika. IMMOD-2009 [Tekst]: sbornik dokladov. - Sankt-Peterburg: OAO «TSTSS», 2009. - 350 s.
4. Zyryanov, V.V. Metody otsenki adekvatnosti rezul'tatov modelirovaniya [Tekst] / V.V. Zyryanov // Inzhenernyy vestnik Dona. - 2013. - T. 25. - № 2 (25). - S. 132.
5. Innovatsionnye protsessy logisticheskogo menedzhmenta v intellektual'nykh transportnykh sistemakh: monografiya v 4 t. / Pod obshchey redaktsiei prof. B.A. Levina i prof. L.B. Mirotina. - M.: FGBOU «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», 2015. - T.1 Innovatsionnye protsessy v ramkakh transportnogo menedzhmenta. - 336 s.
6. Esin, K.S. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya avtotransportnykh sredstv pri perezovke zerna v regione (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.22.10) / Esin Konstantin Sergeevich. - Orel, 2016. - 16 s.
7. ZHankaziev, S.V. Razvitie tekhnicheskikh sredstv telematiki nazemnogo transporta [Tekst] / V.M. Vla-sov, D.B. Efimenko // Sredstva i tekhnologii telematiki na avtomobil'nom transporte (sbornik nauchnykh trudov). - M.: MADI (GTU). - 2008. - S. 108-119.
8. ZHankaziev, S.V. Intellektual'naya transportnaya sistema na dorogakh Rossii [Tekst] / S.V. ZHankazi-ev // Mezhotraslevoy zhurnal navigatsionnykh tekhnologiy Vestnik GLONASS. - M., 2011. - №2. - S. 7-11.
9. Veremeenko, E.G. Primenenie sistemy radiochastotnoy identifikatsii (RFID) dlya avtomatizatsii raboty avtomobil'nogo transporta v portu [Tekst] / E.G. Veremeenko // Inzhenernyy vestnik Dona. - T. 27. - № 4. - 2013. - S. 237-240.
10. Pravdin, N.V. Vzaimodeystvie razlichnykh vidov transporta: (primery i raschety) [Tekst] / N.V. Pravdin, V.YA. Hegpey, V. Podkopaev. - M.: Transport, 1989. - 208 s.
11. Nekrasov, A.G. Upravlenie tsepyami postavok v transportnom komplekse [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / A.G. Nekrasov, L.B. Mirotin, E.V. Melanich, M.A. Nekrasova. - M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2012. - 262 s.
12. Zyryanov, V.V. Primenenie informatsionnykh tekhnologiy pri povyshenii mobil'nosti i obespechenii transportnoy bezopasnosti [Elektronnyy resurs] / V.V. Zyryanov, E.YU. Semchugova, A.M. Skrynnik // Inzhenernyy vestnik Dona. - 2012. - №4. - Rezhim dostupa: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012>.
13. Rezer, S.M. Vzaimodeystvie transportnykh sistem [Tekst] / S.M. Rezer. - M.: Nauka, 1985. - 245 s.
14. Fialkin, V.V. Izuchenie ustoychivosti funktsionirovaniya gorodskoy ulichno-dorozhnoy seti, primykayushchey k portovym kompleksam [Tekst] / V.V. Fialkin // Nauchnoe obozrenie. - 2014. - № 11-2. - S. 621-624.
15. Dombalyan, A.V. Razvitie intellektual'nykh transportnykh sistem v Rossii [Tekst]: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / A.V. Dombalyan // Stroitel'stvo i arkhitektura - 2015. - FGBOU VPO «Rostovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet», Soyuz stroiteley yuzhnogo federal'nogo okruga, Assotsiatsiya stroiteley Dona. - 2015. - S. 18-20.
16. Fialkin, V.V. Upravlenie dvizheniem gruzovykh avtomobiley na ulichno-dorozhnoy seti, primykayushchey k portovym kompleksam [Tekst] / V.V. Fialkin // Nauchnoe obozrenie. - 2014. - № 11-2. - S. 625-627.
17. Krivolapova, O.YU. Osobennosti modelirovaniya ulichno-dorozhnoy seti na mikrourovne pri vnedrenii transportnykh koridorov [Tekst] / O.YU. Krivolapova // Nauchnoe obozrenie. - 2014. - № 9-3. - S. 1031-1034.
18. Kocherga, V.G. Planirovanie i organizatsiya gruzovykh avtomobil'nykh perezovok na ulichno-dorozhnoy seti megapolisov [Elektronnyy resurs] / V.G. Kocherga, V.V. Zyryanov, A.V. Hachaturyan // Inzhenernyy vestnik Dona. - 2012. - № 2. - Rezhim dostupa: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/869>.
19. Zyryanov, V. Traffic Modelling of Network Level System for Large Event [Text] / V. Zyryanov, P. Keridi, R. Guseynov // 16th ITS World Congress. - Stockholm. - 2009.
20. Zyryanov, V. Simulation for development of urban traffic: the rostov-on-don approach of traffic management [Text] / V. Zyryanov, V. Kocherga // 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services 13, ITS: Delivering Transport Excellence. - 2015.
21. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin. - 2006. - S. 146-148.
22. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primenenie v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.

**Veremeenko Elena Gennad'evna**

FGBOU VO «Don State Technical University»

Address: Rostov-on-Don, Socialisticheskajst. 162, Rm. 10-802

Assistant

E-mail: lena\_dedyeva@mail.ru



УДК: 656.086

А.Н. НОВИКОВ, М.В. КУЛЕВ, А.В. КУЛЕВ

## РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ АВАРИЙНОСТИ ПО ВИНЕ ВОДИТЕЛЕЙ В СОСТОЯНИИ АЛКОГОЛЬНОГО ОПЬЯНЕНИЯ

*В статье рассматриваются вопросы, касающиеся безопасности транспортного процесса и направленные на снижение количества дорожно-транспортных происшествий, совершенных по вине водителей в состоянии алкогольного опьянения. Выполнен анализ показателей аварийности в Орловской области, разработаны прогнозные модели количества ДТП, числа раненых и погибших на перспективный период. Предложены мероприятия по снижению дорожно-транспортной аварийности по вине водителей в состоянии алкогольного опьянения за счет совершенствования процесса подготовки водителей.*

*Ключевые слова:* дорожно-транспортное происшествие, алкогольное опьянение, водитель, моделирование.

Уровень дорожно-транспортного травматизма в Российской Федерации значительно выше, чем в других экономически развитых странах. Число погибших на 10 тыс. автомобилей более, чем в 3 раза превышает аналогичный показатель в зарубежных странах, а число погибших на 100 тыс. населения более чем в 2 раза. Тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в 5 раз выше, чем в развитых странах [6, 7, 8, 19].

Одной из проблем, связанных с высоким уровнем ДТП является управление транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения. Зачастую ДТП с участием нетрезвых водителей зачастую приводят к тяжелым последствиям с гибелью людей и травматизмом. Статистика показывает, что доля таких ДТП составляет 8 – 10 % от общего числа происшествий. Характерной особенностью такого вида правонарушений является то, что такие ДТП чаще других аварий становятся причиной гибели людей и приводят к их инвалидности [1, 2, 3].

Наибольшее количество ДТП с участием нетрезвых водителей приходится не на мегаполисы, а на сравнительно небольшие города и сельскую местность. Так свыше 35% аварий совершается нетрезвыми водителями в районных центрах. На сельскую местность приходится порядка 15 % таких ДТП. На крупных автомагистралях совершается около 19 % таких аварий из общего числа [4, 8, 19].

За 2015 год количество правонарушений, совершенных водителями в состоянии алкогольного опьянения составило более 10% (15344 ДТП) от общего числа ДТП, при этом погибло 3753 чел. (каждый пятый погибший в ДТП), ранения различной степени тяжести 21235 чел. (10% от всех раненых в ДТП) [5, 6, 7, 19].

За 11 месяцев 2016 г. в России произошло 12486 ДТП с участием водителей, находящихся в состоянии алкогольного опьянения, при этом погибло 3266 чел., 17133 чел. получило ранения [7, 19].

Тяжелая ситуация наблюдается и в Орловской области. Так в 2015 году произошло 141 ДТП с участием водителей, находящихся в состоянии опьянения (13,1% от общего количества ДТП), при этом погибло 35 чел., получили ранения 202 чел. [19].

Анализ статистических данных позволяет сделать вывод о неравномерности распределения ДТП с участием нетрезвых водителей по дням недели (рисунок 1). Наибольшее количество ДТП такого вида произошло в пятницу и субботу (28 и 29 ДТП соответственно), наименьшее количество зафиксировано в среду (14 ДТП) [6, 7, 19].

В настоящее время законодательно установлена норма, регламентирующая максимально допустимое алкогольное опьянение, т. е. содержание алкоголя в 1 л. воздуха на выдохе, равное 0,16 промилле [11, 13].

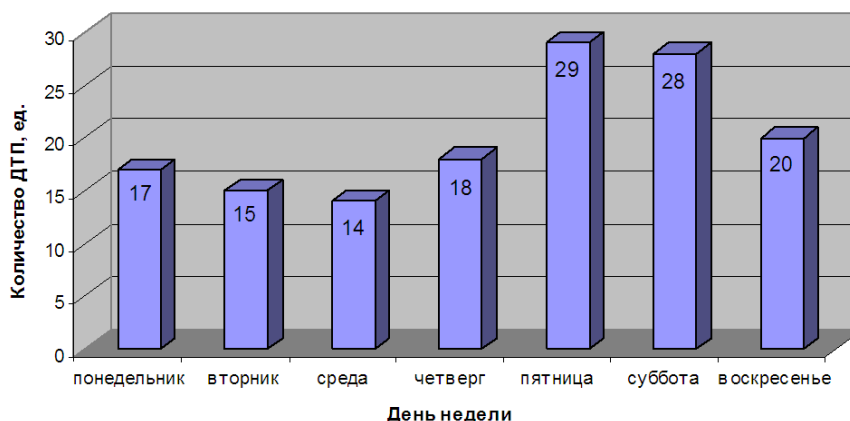


Рисунок 1 – Распределение по дням недели ДТП с участием нетрезвых водителей в Орловской области (данные за 2015 г.)

За управление транспортным средством водителем, находящимся в состоянии опьянения предусмотрена административная ответственность в виде штраф в размере 30000 рублей с лишением права управления транспортными средствами на срок от полутора до двух лет. Аналогичное наказание предусмотрено и за передачу управления транспортным средством лицу, находящемуся в состоянии опьянения. В случае, если в результате ДТП был причинен тяжкий вред здоровью человека, произошла смерть человека, двух и более лиц, законом предусмотрена уголовная ответственность вплоть до 9 лет лишения свободы [11, 13, 20].

С 1 июля 2015 года водителю грозит: лишение прав на 3 года, штраф до 300 тысяч рублей и лишение свободы до двух лет за повторное задержание в нетрезвом виде в течение года (или за повторный отказ от медицинского освидетельствования).

Однако, проведенный анализ статистики данного вида правонарушений показывают, что, несмотря на ужесточение законодательных мер, количество ДТП с участием водителей, управляющих транспортными средствами в состоянии алкогольного опьянения не уменьшается, а увеличивается.

На основе статистических данных построены модели изменения количества ДТП с участием нетрезвых водителей, а также числа погибших и раненых этих ДТП (рис. 2-4). Прогнозирование осуществлялось простой экстраполяцией детерминированной компоненты за исходный временной интервал [9, 10].

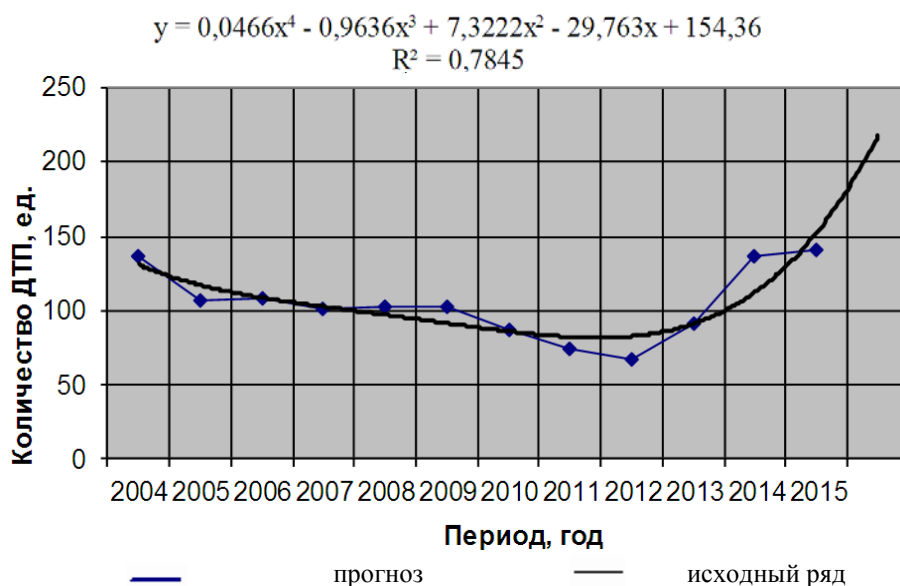


Рисунок 2 – Моделирование количества ДТП, совершенных в состоянии алкогольного опьянения



Рисунок 3 – Моделирование числа погибших в ДТП, совершенных в состоянии алкогольного опьянения

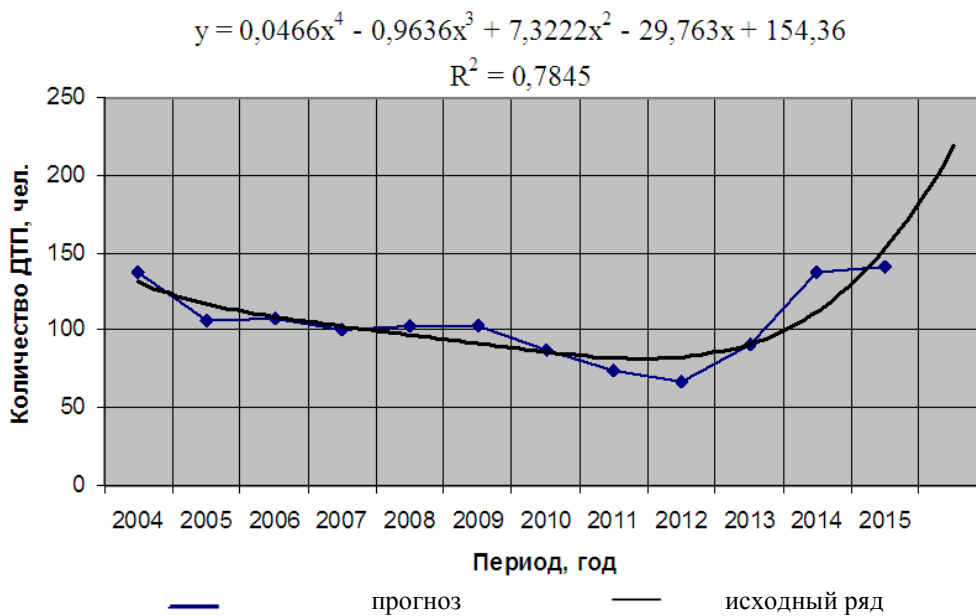


Рисунок 4 – Моделирование числа раненых в ДТП, совершенных в состоянии алкогольного опьянения

Полученные линии трендов изменения количества ДТП, числа погибших и раненых свидетельствуют о росте этих показателей. Таким образом, одной из актуальных задач в области обеспечения безопасности дорожного движения является разработка целевых программ направленных на снижение уровня ДТП с участием нетрезвых водителей, пропаганда «трезвого вождения» как среди водителей, так и среди учащихся образовательных учреждениях, осуществляющих подготовку водителей транспортных средств [12].

Согласно изменениям в Федеральном законе «О безопасности дорожного движения» в России введены новые категории и подкатегории транспортных средств, что вызвано необходимостью гармонизации отечественного и международного законодательства в сфере дорожного движения (Венской конвенции) [1].

Ниже рассмотрен учебный план подготовки водителей транспортных средств категории «В». Выбор для анализа данного учебного плана обусловлен тем, что более 90% ДТП,

совершенных в состоянии алкогольного опьянения произошли по вине водителей легковых транспортных средств [14, 15, 16, 18].

Базовый цикл включает учебные предметы: «Основы законодательства в сфере дорожного движения»; «Психофизиологические основы деятельности водителя»; «Основы управления транспортными средствами»; «Первая помощь при дорожно-транспортном происшествии» [18].

Специальный цикл включает учебные предметы: «Устройство и техническое обслуживание транспортных средств категории «В» как объектов управления»; «Основы управления транспортными средствами категории «В»»; «Вождение транспортных средств категории «В» (с механической трансмиссией/с автоматической трансмиссией)» [18].

Профессиональный цикл включает учебные предметы: «Организация и выполнение грузовых перевозок автомобильным транспортом»; «Организация и выполнение пассажирских перевозок автомобильным транспортом» [18].

Продолжительность обучения водителей транспортных средств категории «В» [18]:

- 190 часов для подготовки водителей транспортных средств с механической трансмиссией, в том числе 130 часов теоретического обучения, 56 часов практического обучения, 4 часа – квалификационный экзамен;

- 188 часов для подготовки водителей транспортных средств с автоматической трансмиссией, в том числе 130 часов теоретического обучения, 54 часов практического обучения, 4 часа – квалификационный экзамен.

Анализ рабочих программ дисциплин базового, специального и профессионального циклов подготовки водителей транспортных средств позволяет сделать вывод о недостаточном освещении вопросов, связанных управлением транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения. В связи с этим предлагается усовершенствованный учебный план подготовки водителей транспортных средств категории «В», ориентированный на пропаганду трезвого вождения.

В рабочую программу дисциплины «Основы законодательства в сфере дорожного движения» предлагается ввести новую тему «Ответственность за управление транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения».

В данной теме будут изучаться следующие вопросы:

- административная ответственность за управление транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения;

- уголовная ответственность за управление транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения;

- статистика ДТП и зарубежный опыт в сфере пропаганды «трезвого вождения».

В рабочую программу дисциплины «Психофизиологические основы деятельности водителя» предлагается ввести следующую тему «Влияние алкоголя на психофизиологическое состояние человека».

В данной теме будут изучаться следующие вопросы:

- алкогольное опьянение;

- влияние алкоголя на время реакции водителя;

- влияние алкоголя на способность оценки скорости движения;

- влияние алкоголя на зрение;

- влияние алкоголя на слух.

В рабочую программу дисциплины «Вождение транспортных средств категории «В» (для транспортных средств с механической трансмиссией)» предлагается ввести следующую тему «Влияние алкоголя на способность управления транспортным средством».

В данной теме будут изучаться следующие вопросы:

- имитация состояния алкогольного опьянения при выполнении упражнения «Остановка и начало движения на подъеме»;

- имитация состояния алкогольного опьянения при выполнении упражнения «Маневрирование в ограниченном пространстве»;

- имитация состояния алкогольного опьянения при выполнении упражнения «Движение и маневрирование задним ходом, въезд в бокс задним ходом»;
- имитация состояния алкогольного опьянения при выполнении упражнения «Парковка транспортного средства и выезд с парковочного места, парковка для погрузки (разгрузки) на погрузочной эстакаде (платформе), остановка для безопасной посадки или высадки пассажиров».

Имитация состояния алкогольного опьянения будет производиться с использованием очков «Fatal Vusion» (рис. 5). Данные очки благодаря особой конструкции линз искажают видимую реальность, имитируя зрение пьяного человека.



Рисунок 5 – Очки «Fatal Vusion»

Очки «Fatal Vusion» эмитируя влияние алкоголя на психофизиологическое состояние человека, позволяют оценить насколько опасным является вождение в нетрезвом виде: нарушается координация движений, замедляются реакции, становится трудно контролировать и адекватно оценивать ситуацию на дороге.

Предложенный учебный план подготовки водителей, в который введены 4 дополнительных часа теоретических занятий, и 2 часа практических занятий направлен на пропаганду «трезвого вождения» среди обучающихся на курсах подготовки водителей.

Для оценки возможного снижения уровня ДТП, совершенных в состоянии алкогольного опьянения от внедрения усовершенствованного учебного плана подготовки водителей транспортных средств в учебный процесс используется метод априорного ранжирования. Выбор данного метода обусловлен тем, что эксперты в ходе проведения экспертизы работают индивидуально, в отличие от метода комиссий, метода суда, или мозговой атаки, где используется коллективная работа экспертов. В качестве экспертов выступали ведущие специалисты предприятий г. Орла, оказывающих услуги по подготовке водителей транспортных средств.

Проведение априорного ранжирования и подведение итогов не требует большого числа экспертов, экспертиза проводится в один тур (в отличие от метода Дельфи), при этом высока оперативность получения конечного результата. В процессе проведения экспертизы все участники не обмениваются мнениями и не знают о результатах ранжирования [8, 9]. Полученные результаты представлены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Снижение количества ДТП по результатам априорного ранжирования

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что внедрение предлагаемых мероприятий позволит уменьшить количество ДТП, совершенных в состоянии алкогольного опьянения до 20%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекминский, Д.Е. Факторы, определяющие возникновение отказа системы «человек-машина» при эксплуатации транспортного средства [Текст]: материалы Международной молодежной научно-практической конференции / Д.Е. Алекминский, Д.О. Кожин, Ю.Н. Баранов; под общей редакцией А.Н. Новикова // Организация дорожного движения и безопасность на дорогах европейских городов. - Чешский технический университет в Праге, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет -УНПК». -2014. - С. 24-27.
2. Баранов, Ю.Н. Основы обеспечения безопасности в системе «человек - машина -среда» [Текст] / Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Р.В. Шкрабак, Ю.Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД. - 2014. - № 1 (19). - С. 73-76.
3. Кожин, Д.О. Исследование факторов, определяющих вероятность отказа (опасного действия) водителей автотранспортных средств [Текст] / Д.О. Кожин, Д.Е. Алёкминский, В.В. Евграшин, Ю.Н. Баранов // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2014. - № 1. - С. 235-239.
4. Кожин, Д.О. Организационные мероприятия по повышению безопасности дорожного движения на примере пересечения в городе Орле [Текст] / Д.Е. Алёкминский, В.В. Евграшин, Ю.Н. Баранов // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. -2 015. - Т. 2. - № 1. - С. 202-206.
5. Кожин, Д.О. Факторы, определяющие опасное действие водителя при управлении транспортным средством [Текст] / Д.О. Кожин, Д.Е. Алёкминский, В.В. Евграшин, Ю.Н. Баранов // Научные труды SWorld. - 2014. - Т. 2. - № 4. - С. 3-7.
6. Кулев, М.В. Анализ дорожно-транспортной аварийности в Орловской области [Текст] / Н.С. Кулева, М.В. Кулев, А.В. Кулев, С.В. Колпакова // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2016. - Т. 3. - № 2. - С. 319-321.
7. Кулев, М.В. Анализ дорожно-транспортных происшествий, совершенных в состоянии алкогольного опьянения в Орловской области [Текст]: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции / М.В. Кулев, А.Н. Новиков, Н.С. Кулева // Информационные технологии и инновации на транспорте. - 2016. - С. 170-176.
8. Кулев, М.В. Анализ проблемы экологической и дорожной безопасности автотранспортных средств в России [Текст] / Д.Н. Ешуткин, М.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 3 (26). - С. 79-82.
9. Кулев, М.В. Повышение эффективности функционирования диагностических линий технического осмотра транспортных средств [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ канд. техн. наук (05.22.10) / Кулев Максим Владимирович. - Орел, 2010. - 15 с.
10. Кулев, М.В. Повышение эффективности функционирования диагностических линий технического осмотра транспортных средств [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Кулев Максим Владимирович. - Орел, 2010. - 140 с.
11. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях [Текст]: Федеральный закон от 30 дек. 2001г. № 195-ФЗ;
12. Трясцин, А.П. Теоретические подходы к стратегии подготовки водителей транспортных средств [Текст] / А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, А.П. Лапин, А.А. Катунин // Мир транспорта и технологических машин. - №2 (42). - 2012. - С.123-128.
13. О безопасности дорожного движения [Текст]: Федеральный закон от 10 дек. 1995 г. № 196-ФЗ.
14. Об образовании в Российской Федерации [Текст]: Федеральный закон от 29 дек. 2012 г. № 273-ФЗ.
15. О порядке организации и осуществления образовательной деятельности по основным программам профессионального обучения [Текст]: Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 апр. 2013 г. № 292.
16. О правилах разработки примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий [Текст]: Постановление Правительства Российской Федерации от 1 нояб. 2013 г. № 980.
17. Об утверждении Административного регламента Министерства внутренних дел Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по проведению экзаменов на право управления транспортными средствами и выдаче водительских удостоверений [Текст]: Приказ МВД России от 20 окт. 2015 г. № 995.
18. Об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий [Текст]: Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 26 дек. 2013 г. № 1408.
19. Официальный сайт Госавтоинспекции «ГУОБДД МВД России» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/r/57/stat/>.
20. Уголовный кодекс Российской Федерации [Текст]: Федеральный закон от 13 июня 1996 г. №63-ФЗ.

21. 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.

**Новиков Александр Николаевич**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

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

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Кулев Максим Владимирович**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

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

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

E-mail: maxim.ka@mail.ru

**Кулев Андрей Владимирович**

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

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

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

E-mail: andrew.ka@mail.ru

A.N. NOVIKOV, M.V. KULEV, A.V. KULEV

## **DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE ROAD TRAFFIC ACCIDENT CAUSED BY DRIVERS INTOXICATED**

*The article deals with the safety of the transport process and to reduce the number of road accidents caused by drivers committed while intoxicated. The analysis of accident rates in the Orel region, developed predictive models the number of accidents, the number of wounded and dead for the foreseeable future. The measures to reduce road traffic accidents caused by drivers intoxicated by improving driver training process.*

**Keywords:** car accident, drunk, driver modeling.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Alekminskiy, D.E. Faktory, opredelyayushchie vznikovnenie otkaza sistemy «chelovek-mashina» pri ekspluatatsii transportnogo sredstva [Tekst]: materialy Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / D.E. Alekminskiy, D.O. Kozhin, YU.N. Baranov; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Organi-zatsiya dorozhnogo dvizheniya i bezopasnost` na dorogakh evropeyskikh gorodov. - Cheshskiy tekhnicheskii universi-tet v Prage, FGBOU VPO «Gosuniversitet -UNPK». -2014. - S. 24-27.
2. Baranov, YU.N. Osnovy obespecheniya bezopasnosti v sisteme «chelovek - mashina -sreda» [Tekst] / YU.N. Baranov, A.A. Katunin, R.V. SHkrabak, YU.N. Braginet // Vestnik NTSBZHD. - 2014. - № 1 (19). - S. 73-76.
3. Kozhin, D.O. Issledovanie faktorov, opredelyayushchikh veroyatnost` otkaza (opasnogo deystviya) vodi-teley avtotransportnykh sredstv [Tekst] / D.O. Kozhin, D.E. Aliokminskiy, V.V. Evgrashin, YU.N. Baranov // Al`ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy ratsio-nal`nogo ispol`zovaniya. - 2014. - № 1. - S. 235-239.
4. Kozhin, D.O. Organizatsionnye meropriyatiya po povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na primere peresecheniya v gorode Orle [Tekst] / D.E. Aliokminskiy, V.V. Evgrashin, YU.N. Baranov // Al`ternativ-nye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy ratsional`nogo ispol`zovaniya. - 2 015. - T. 2. - № 1. - S. 202-206.
5. Kozhi, D.O. Faktory, opredelyayushchie opasnoe deystvie voditelya pri upravlenii transportnym sredstvom [Tekst] / D.O. Kozhin, D.E. Aliokminskiy, V.V. Evgrashin, YU.N. Baranov // Nauchnye trudy SWorld. -2014. - T. 2. - № 4. - S. 3-7.
6. Kulev, M.V. Analiz dorozhno-transportnoy avariynosti v Orlovskoy oblasti [Tekst] / N.S. Kule-va, M.V. Kulev, A.V. Kulev, S.V. Kolpakova // Al`ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy ratsional`nogo ispol`zovaniya. - 2016. - T. 3. - № 2. - S. 319-321.

7. Kulev, M.V. Analiz dorozhno-transportnykh proisshestviy, sovershennykh v sostoyanii alkogol`no-go op`yaneniya v Orlovskoy oblasti [Tekst]: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferen-tsii / M.V. Kulev, A.N. Novikov, N.S. Kuleva // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - 2016. - S. 170-176.
8. Kulev, M.V. Analiz problemy ekologicheskoy i dorozhnoy bezopasnosti avtotransportnykh sredstv v Rossii [Tekst] / D.N. Eshutkin, M.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2009. - № 3 (26). - S. 79-82.
9. Kulev, M.V. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya diagnosticheskikh liniy tekhnicheskogo osmotra transportnykh sredstv [Tekst] : avtoref. dis. na soisk. uchen. step kand. tekhn. nauk (05.22.10) / Kulev Maksim Vladimirovich. - Orel, 2010. - 15 c.
10. Kulev, M.V. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya diagnosticheskikh liniy tekhnicheskogo osmotra transportnykh sredstv [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / Kulev Maksim Vladimirovich. - Orel, 2010. - 140 c.
11. Kodeks Rossiyskoy federatsii ob administrativnykh pravonarusheniyakh [Tekst]: Federal`nyy zakon ot 30 dek. 2001g. № 195-FZ;
12. Tryastin, A.P. Teoreticheskie podkhody k strategii podgotovki voditeley transportnykh sredstv [Tekst] / A.P. Tryastin, YU.N. Baranov, A.P. Lapin, A.A. Katunin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №2 (42). - 2012. - S.123-128.
13. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: Federal`nyy zakon ot 10 dek. 1995 g. № 196-FZ.
14. Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii [Tekst]: Federal`nyy zakon ot 29 dek. 2012 g. № 273-FZ.
15. O poryadke organizatsii i osushchestvleniya obrazovatel`noy deyatel`nosti po osnovnym programmam professional`nogo obucheniya [Tekst]: Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii ot 18 apr. 2013 g. № 292.
16. O pravilakh razrabotki primernykh programm professional`nogo obucheniya voditeley transportnykh sredstv sootvetstvuyushchikh kategoriy i podkategoriy [Tekst]: Postanovlenie Pravitel`stva Rossiyskoy Federatsii ot 1 noyab. 2013 g. № 980.
17. Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta Ministerstva vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii po predostavleniyu gosudarstvennoy uslugi po provedeniyu ekzamenov na pravo upravleniya transportnymi sredstvami i vydache voditel`skikh udostovereniy [Tekst]: Prikaz MVD Rossii ot 20 okt. 2015 g. № 995.
18. Ob utverzhdenii primernykh programm professional`nogo obucheniya voditeley transportnykh sredstv sootvetstvuyushchikh kategoriy i podkategoriy [Tekst]: Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii ot 26 dek. 2013 g. № 1408.
19. Ofitsial`nyy sayt Gosavtoinspeksii «GUOBDD MVD Rossii» [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.gibdd.ru/r/57/stat/>.
20. Ugolovnyy kodeks Rossiyskoy federatsii [Tekst]: Federal`nyy zakon ot 13 iyunya 1996 g. №63-FZ.
21. 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.

**Novikov Alexander Nikolaevich**

FGBOU VO « Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya St., 77

Dr.Sci.Tech., professor, department chair «Service and repair of cars»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Kulev Maksim Vladimirovich**

FGBOU VO « Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya St., 77

Cand. tech. sciences, associate professor of «Service and repair of cars»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Kulev Andrei Vladimirovich**

FGBOU VO «Orel State University named after I.S. Turgenev»

Address: Russia, 302030, g. Orel, Moskovskaya St., 77

Cand. tech. sciences, senior lecturer of «Service and repair of cars»

E-mail: srmostu@mail.ru



УДК 629.039.58

В.С. ВОЛКОВ, Д.Ю. КАСТЫРИН, Ю.А. НИКИТИНА

## РАСЧЁТ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ОЦЕНОК ОПАСНОСТИ КОНФЛИКТНЫХ ТОЧЕК НА ДОРОЖНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

*Рассмотрен анализ показателей опасности конфликтных точек на пересечениях дорог по направлениям движения автомобилей и пешеходов. При этом рассмотрены два варианта конфликтных ситуаций: «автомобиль – автомобиль» и «автомобиль – пешеход». Приведены сведения о расчёте прогнозных характеристик опасности имеющихся на пересечении конфликтных точек в режиме текущего времени по входным величинам интенсивности движения автомобилей и пешеходов.*

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, конфликтная точка, пересечение, интенсивность движения

Каждое пересечение дорожной сети, прежде всего в населённых пунктах, содержит определённое число конфликтных точек, характеризующихся показателем опасности возникновения дорожно-транспортных происшествий. В содержании таких конфликтных точек можно выделить две разновидности субъектов конфликта: «автомобиль – автомобиль» и «автомобиль – пешеход».

Определение оценки опасности определённых участков улично-дорожной сети обычно производится по показателю безопасности  $K_a$  [1], учитывающему годовое количество дорожно-транспортных происшествий, интенсивность движения и число конфликтных точек,

$$K_a = \frac{10^7 G K_r}{(M+N)25},$$

где  $M$  и  $N$  – суммарные интенсивности движения автомобилей на пересекающихся направлениях движения;

25 – среднее число рабочих дней в месяце;

$K_r$  – коэффициент годовой неравномерности движения;

$G$  – суммарное годовое количество дорожно-транспортных происшествий на данном пересечении, определяемое по формуле

$$G = \sum_{i=1}^n q_i$$

где  $q_i$  – количество дорожно-транспортных происшествий на одной конфликтной точке;

$n$  – число конфликтных точек на пересечении.

Расчётные показатели опасности дорожных пересечений по указанным формулам могут использоваться в качестве исходного материала при разработке мероприятий по снижению аварийности на пересечении посредством изменения направлений движения транспорта, либо реконструкции данного пересечения.

Однако данная методика не может использоваться для расчёта оперативного показателя опасности показателя пересечения в режиме текущего времени.

Опасность одной конфликтной точки  $q_{ia-a}$  на пересечении, где участниками конфликта являются только автомобили, определяется по формуле [11]

$$q_{ia-a} = K_i M_i N_i 10^{-2},$$

где  $K_i$  – опасность конфликтной точки;

$M_i$  и  $N_i$  – часовая интенсивность движения автомобилей по пересекающимся направлениям.

Опасность конфликтной точки на пересечении, где участниками конфликта являются автомобили и пешеходы, в годовом выражении определяется по статистическому учёту дорожно-транспортных происшествий такого типа, а при отсутствии таких данных в прогнозной величине по формуле [11]

$$G_{\Pi} = 0,0025 + 10^{-3} 0,92 \sum (N_a N_{\Pi}^{0,25}),$$

где  $N_a$  и  $N_{\Pi}$  – соответственно часовая интенсивность движения автомобилей и пешеходов в данной конфликтной точке.

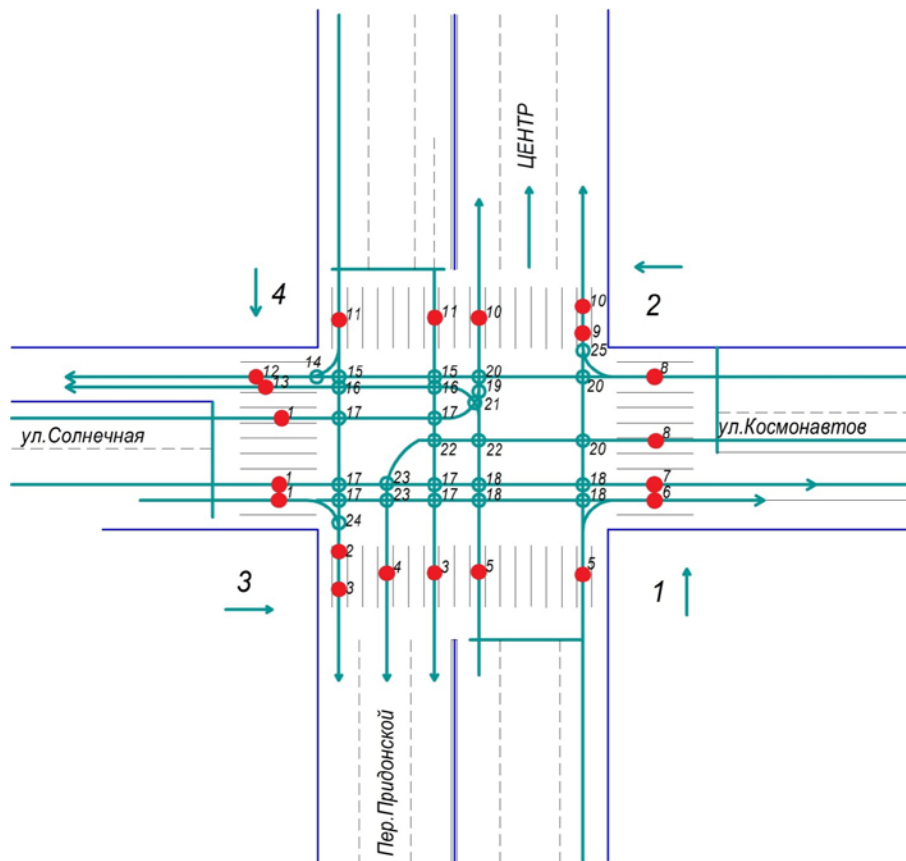


Рисунок 1 – Схема пересечения улиц Машиностроителей и 9 января в г. Воронеже

Если учесть, что показатель  $G_{п}$  определяет прогнозируемую величину годового количества дорожно-транспортных происшествий в данной конфликтной точке, то величину опасности данной конфликтной точки в расчёте на один час текущего времени по конфликту «автомобиль – пешеход», можно определить по выражению

$$q_{ia-п} = \frac{G_{п}}{365 \cdot 24}.$$

При принятии допущения, что основными составляющими опасности конфликтных точек обоих типов  $q_{ia-a}$  и  $q_{ia-п}$  являются показатели интенсивности движения автомобилей и пешеходов, по указанным формулам можно определить прогнозные оценки опасности каждой такой конфликтной точки на пересечении в режиме текущего времени по часовым интервалам.

Для анализа состояния опасности перекрёстка составляется его схема по типу рисунка 1 с указанием направлений движения транспорта и мест движения пешеходов. Далее на этой схеме выделяются конфликтные точки двух разновидностей по составу участников конфликтов.

Сбор сведений об интенсивностях движения автомобилей и пешеходов может осуществляться как вручную, так и в автоматическом режиме с часовыми интервалами. По каждой конфликтной точке составляется ведомость наблюдений, куда заносятся сведения об интервалах наблюдения, интенсивности движения автомобилей и пешеходов, в том числе с нарушениями Правил дорожного движения. По получаемым данным определяются показатели опасности данной конфликтной точки по каждому часовому интервалу.

По данным таблицы строится график изменения показателя опасности конфликтной точки в зависимости от часовых временных промежутков, для которых характерны конкретные величины интенсивности движения автомобилей и пешеходов.

Далее такие графики строятся для остальных конфликтных точек по разновидностям «Автомобиль – автомобиль» и «автомобиль – пешеход», после чего, пользуясь теоремой сложения вероятностей, можно определить результирующие характеристики показателя опасности всех конфликтных точек перекрёстка по двум видам конфликтов. После этого с использованием той же теоремы можно рассчитать прогнозируемую оценку итогового показателя опасности перекрёстка по указанным часовым интервалам.

Таблица 1 - Ведомость наблюдений по объекту № 2: пересечение ул. 9 Января и ул. Машиностроителей. Пост № 3: пересекаемый поток автомобилей движущихся по ул. Машиностроителей со стороны ул. Солнечной в сторону ул. Космонавтов с пешеходным потоком, движущимся по ул. 9 Января из центра в сторону п. Придонского. Конфликтная точка № 1 Автомобиль-пешеход. Использована программа № 6

Время	Коэффициент опасности конфликтной точки	Интенсивность движения автомобилей (авт/ч)	Интенсивность движения пешеходов (чел/ч)	Движение на запрещающий сигнал или с нарушением ПДД	
				Автомобилей	Пешеходов
7...8	$2,073 \cdot 10^{-4}$	789	39	2	6
8...9	$2,353 \cdot 10^{-4}$	874	43	19	8
9...10	$1,981 \cdot 10^{-4}$	769	36	16	1
10...11	$1,341 \cdot 10^{-4}$	559	27	8	1
11...12	$1,120 \cdot 10^{-4}$	550	14	9	2
12...13	$1,179 \cdot 10^{-4}$	487	28	12	1
13...14	$1,094 \cdot 10^{-4}$	437	32	10	12
14...15	$1,179 \cdot 10^{-4}$	506	24	1	4
15...16	$1,523 \cdot 10^{-4}$	635	27	17	18
16...17	$1,485 \cdot 10^{-4}$	652	22	4	6
17...18	$2,449 \cdot 10^{-4}$	844	58	12	29
18...19	$2,884 \cdot 10^{-4}$	970	64	6	19
19...20	$2,032 \cdot 10^{-4}$	746	45	2	9

Вероятности возникновения ДТП в обозначенных не пересечении дорог конфликтных точках можно рассматривать как взаимонезависимые совместимые события. Тогда согласно теореме сложения вероятностей [4] по первому виду конфликта «Автомобиль – автомобиль», прогнозная оценка опасности пересечения по обозначенным конфликтным точкам  $Q_{A-A}$  можно рассматривать в виде

$$Q_{A-A}(\sum_{i=1}^n q_i) = \sum_{i=1}^n q_i,$$

где  $i$  – порядковый номер конфликтной точки первого вида;  
 $n$  – число конфликтных точек первого вида;  
 $q_i$  – вероятность конфликта в  $i$ -той точке.

Аналогичным образом по второму виду конфликта «Автомобиль – пешеход» прогнозную оценку опасности  $Q_{A-П}$  можно рассматривать в виде

$$Q_{A-П}(\sum_{j=1}^k q_j) = \sum_{j=1}^k q_j,$$

где  $j$  – порядковый номер конфликтной точки первого вида;  
 $k$  – число конфликтных точек первого вида;  
 $q_j$  – вероятность конфликта в  $i$ -той точке.

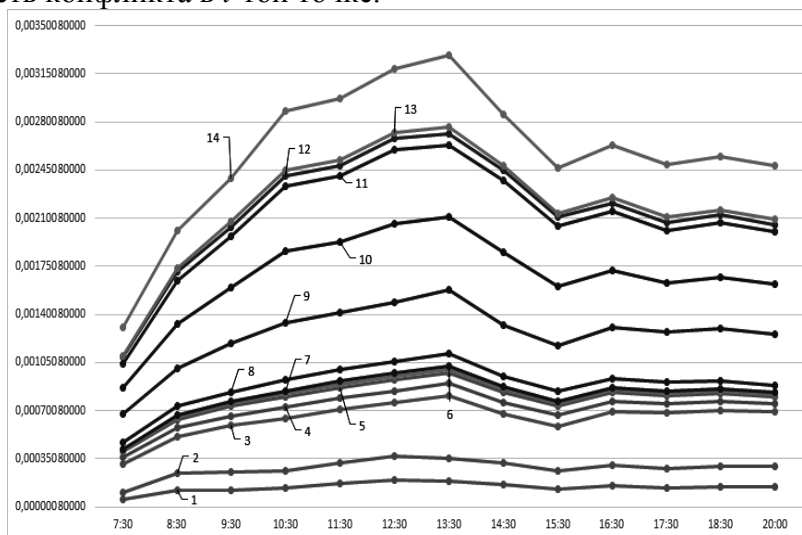


Рисунок 2 – Прогнозные оценки вероятностей возникновения ДТП по конфликтным точкам

Общий показатель вероятности [4] возникновения дорожно-транспортного происшествия на пересечении по двум видам конфликтных точек согласно методу индукции можно выразить суммой полученных ранее вероятностей

$$Q = Q_{A-A} + Q_{A-П.}$$

Полученные прогнозные оценки могут использоваться при планировании профилактической работы дорожно-патрульной службы либо служб, производящих экспертизу и анализ дорожно-транспортных происшествий, а также самими участниками дорожного движения для усиления контроля за своими действиями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст] / В.Ф. Бабков // М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Баранов, Ю.Н. Основы обеспечения безопасности в системе «человек – машина – среда» [Текст] / Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Р.В. Шкрабак, Ю.Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД. – 2014. – № 1 (19). – С. 73-76.
3. Баранов, Ю.Н. Факторы, определяющие опасное действие водителя при управлении транспортным средством [Текст] / Ю.Н. Баранов, Д.О. Кожин, Д.Е. Аклёминский, В.В. Еграшин // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 2. – № 4. – С. 3-7.
4. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст]: учебник для высших технических учебных заведений / Е.С. Вентцель. – М.: Издательство «Наука»: Главная редакция физико-математической литературы, 1969. – 576 с. Скан, OCR, обработка, формат Djv: Feldmesser, 2013.
5. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 2001. – 208 с.
6. Волков, В.С. Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров [Текст]: материалы международной заочной научно-практической конференции «Автомобильный транспорт сегодня: проблемы и перспективы» / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛУ». – С. 271-276.
7. Волков, В.С. Некоторые вопросы подготовки водительских кадров [Текст]: сборник научных статей / В.С. Волков; под ред. А.Н. Новикова / Актуальные вопросы подготовки специалистов по направлению «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» в условиях рыночной экономики // Орел. – 2006. – С. 86-91.
8. Волков, В.С. Совершенствование организации управления производственно-экономическим объектом автомобильного транспорта [Электронный ресурс] / В.С. Волков, В.К. Магомедов, Г.М. Сурхаев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-17217> (дата обращения: 30.01.2015).
9. Еркнапешян, Е.Н. Проблемы управления безопасностью движения в сфере автотранспортного обслуживания населения [Текст] / Е.Н. Еркнапешян, В.А. Зеликов, М.Ж. Еркнапешян, Р.А. Сподарев // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. – № 1. – С. 204-207.
10. Затворнический, А.П. Алгоритм поиска оптимального пути в дорожной сети в условиях неопределённости [Текст] / В.Е. Межев, А.П. Затворнический, О.Н. Черкасов // Транспортное дело России. – 2006. – Т. 7. – С. 32.
11. Ильина, И.Е. Исследование возможности предотвращения дорожно-транспортного происшествия при использовании пограничных значений [Текст] / И.Е. Ильина, В.И. Буркина // Мир транспорта и технологических машин. – Орёл: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – № 3 (50). – 2015. – С.77-83.
12. Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов [Текст]: учебник для студентов вузов / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
13. Лянденбургский, В.В. Количественно-временной анализ «нарушений» на автотренажёре [Текст] / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, И.Е. Ильина, С.А. Пылайкин // Прогрессивные технологии в транспортных системах. – 2015. – С. 137-141.
14. Макарова, И.В. Оптимизация маршрутной сети пассажирского транспорта с помощью транспортной модели города [Текст] / И.В. Макарова, Р.Г. Хабибуллин, К.А. Шубенкова // Мир транспорта и технологических машин. – Орёл: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – № 3 (50). – 2015. – С. 103-114.
15. Новиков, А.Н. Модернизация улично-дорожной сети города Орла (на примере Нугорского шоссе) [Текст] / А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – № 2 (45). – С. 86-96.
16. Новиков, А.Н. Совершенствование дорожной сети для повышения её пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А.Н. Новиков, В.А. Голенков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, А.С. Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 6. – С. 128-139.
17. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст] / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев // М.: Транспорт, 1997. – 231 с.
18. Суворов, Ю.Б. Экспертное исследование обстоятельств ДТП, совершенных в нестандартных дорожно-транспортных ситуациях или в особых дорожных условиях [Текст] / Ю.Б. Суворов, И.И. Чава. – М.: ГУ РФЦСЭ, 2003. – 142 с.

19. Корухов, Ю.Г. Криминалистическая фотография для экспертов-автотехников [Текст]: практическое пособие / Ю.Г. Корухов, М.И. Замиховский. - Издательский центр ИПК РФЦСЭ, 2006. - 73 с.
20. An Auto-tuning Assisted Power-Aware Study of Iris Matching Algorithm on Intel's SCC [Text] // Gildo Torres, Chen Liu, Jed Kao-Tung Chang, Fang Hua, Stephanie Schuckers // Journal of Signal Processing Systems, 2015. - Volume: 80, Issue 3, pp. 261-276.
21. 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.
22. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. - 2006. - С. 146-148.
23. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113
24. 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.

**Волков Владимир Сергеевич**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»  
Адрес: 394087, Россия, Воронежская обл., г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили и сервис»  
E-mail: wl.volkov@yandex.ru

**Кастырин Дмитрий Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»  
Адрес: 394087, Россия, Воронежская обл., г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8  
Аспирант кафедры «Автомобили и сервис»  
E-mail: mitya.kastyrin@mail.ru

**Никитина Юлия Александровна**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»  
Адрес: 394087, Россия, Воронежская обл., г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8  
Студентка

V.S. VOLKOV, D.JU. KASTYRIN

## THE CALCULATION OF PROBABILITY ESTIMATES OF THE DANGER OF CONFLICT POINTS ON THE ROAD INTERSECTIONS

*Considered analysis of indicators of the danger of conflict points at intersections of roads in the directions of movement of cars and pedestrians. In this case we consider two options conflict, «the car - the car» and «car – pedestrian». Data on the hazard characteristics of the calculation of the forecast available at the intersection of conflicting points of view the current time on the input values of the intensity of cars and pedestrians.*

**Keywords:** car accident, conflict point, intersection, traffic volume.

### BIBLIOGRAPHY

1. Babkov, V.F. Dorozhnye usloviya i bezopasnost` dvizheniya [Tekst] / V.F. Babkov // M.: Transport, 1993. - 271 s.
2. Baranov, YU.N. Osnovy obespecheniya bezopasnosti v sisteme «chelovek - mashina - sreda» [Tekst] / YU.N. Baranov, A.A. Katunin, R.V. SHkrabak, YU.N. Braginet // Vestnik NTSBZHD. - 2014. - № 1 (19). - S. 73-76.
3. Baranov, YU.N. Faktory, opredelyayushchie opasnoe deystvie voditelya pri upravlenii transportnym sredstvom [Tekst] / YU.N. Baranov, D.O. Kozhin, D.E. Akliominskiy, V.V. Egrashin // Sbornik nauchnykh trudov Sworld. - 2014. - T. 2. - № 4. - S. 3-7.
4. Venttsel', E.S. Teoriya veroyatnostey: uchebnik dlya vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy [Tekst] / E.S. Venttsel'. - M: Izdatel'stvo «Nauka»: Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1969. - 576 s. Skan, OCR, obrabotka, format Djv: Feldmesser, 2013.
5. Venttsel', E.S. Issledovanie operatsiy. Zadachi, printsipy, metodologiya [Tekst] / E.S. Venttsel'. - M.: Vysshaya shkola, 2001. - 208 s.
6. Volkov, V.S. Sovershenstvovanie ekspertizy dorozhno-transportnykh proissheshtviy s primeneniem kvadropteroz [Tekst]: materialy mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Avtomobil'-nyy transport segodnya: problemy i perspektivy» / V.S. Volkov, D.YU. Kastyrin // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. - Voronezh: FGBOU VO «VGLTU». - S. 271-276.

7. Volkov, V.S. Nekotorye voprosy podgotovki voditel'skikh kadrov [Tekst]: sbornik nauchnykh statey / V.S. Volkov; pod red. A.N. Novikova / Aktual'nye voprosy podgotovki spetsialistov po napravleniyu «Eks-pluatatsiya nazemnogo transporta i transportnogo oborudovaniya» v usloviyakh rynochnoy ekonomiki // Orel. - 2006. - S. 86-91.
8. Volkov, V.S. Sovershenstvovanie organizatsii upravleniya proizvodstvenno-ekonomicheskim ob'ektom avtomobil'nogo transporta [Elektronnyy resurs] / V.S. Volkov, V.K. Magomedov, G.M. Surkhaev // Sovremen-nye problemy nauki i obrazovaniya. - 2015. - № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-17217> (data obra-shcheniya: 30.01.2015).
9. Erknepeshyan, E.N. Problemy upravleniya bezopasnost'yu dvizheniya v sfere avtotransportnogo obsluzhivaniya naseleniya [Tekst] / E.N. Erknepeshyan, V.A. Zelikov, M.ZH. Erknepeshyan, R.A. Spodarev // Al'ternativ-nye istochniki energii v transportno-tehnologicheskoy kompleks: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - 2014. - № 1. - S. 204-207.
10. Zatvornitskiy, A.P. Algoritm poiska optimal'nogo puti v dorozhnoy seti v usloviyakh neopredelionno-sti [Tekst] / V.E. Mezhev, A.P. Zatvornitskiy, O.N. Cherkasov // Transportnoe delo Rossii. - 2006. - T. 7. - S. 32.
11. Il'ina, I.E. Issledovanie vozmozhnosti predotvrashcheniya dorozhno-transportnogo proisshestiya pri ispol'zovanii pogranichnykh znacheniy [Tekst] / I.E. Il'ina, V.I. Burkina // Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. - Oriol: FGBOU VPO «Gosuniversitet - UNPK». - № 3 (50). - 2015. - S.77-83.
12. Lobanov, E.M. Transportnaya planirovka gorodov [Tekst]: uchebnik dlya studentov vuzov / E.M. Lobanov. - M.: Transport, 1990. - 240 s.
13. Lyandenburskiy, V.V. Kolichestvenno-vremennoy analiz «narusheniy» na avtotrenazhiore [Tekst] / V.V. Lyandenburskiy, YU.V. Rodionov, I.E. Il'ina, S.A. Pylaykin // Progressivnye tehnologii v transportnykh sistemakh. - 2015. - S. 137-141.
14. Makarova, I.V. Optimizatsiya marshrutnoy seti passazhirskogo transporta s pomoshch'yu transportnoy modeli goroda [Tekst] / I.V. Makarova, R.G. Habibullin, K.A. Shubenkova // Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. - Oriol: FGBOU VPO «Gosuniversitet - UNPK». - № 3 (50). - 2015. - S. 103-114.
15. Novikov, A.N. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere Nugorskogo shosse) / A.N. Novikov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov [Tekst] // Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. - 2014. - № 2 (45). - S. 86-96.
16. Novikov, A.N. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya eio propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoy telematiki [Tekst] / A.N. Novikov, V.A. Golenkov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, A.S. Bodrov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2014. - № 6. - S. 128-139.
17. Klinkovshcheyn, G.I. Organizatsiya dorozhnoy dvizheniya [Tekst] / G.I. Klinkovshcheyn, M.B. Afanas'ev // M.: Transport, 1997. - 231 s.
18. Suvorov, YU.B. Ekspertnoe issledovanie obstoitel'stv DTP, sovershennykh v nestandardnykh dorozhno-transportnykh situatsiyakh ili v oso-bykh dorozhnykh usloviyakh [Tekst] / YU.B. Suvorov, I.I. Chava. - M.: GU RFTSSE, 2003. - 142 s.
19. Korukhov, YU.G. Kriminalisticheskaya fotografiya dlya ekspertov-avtotekhnikov (prakticheskoe posobie) [Tekst] / YU.G. Korukhov, M.I. Zamikhovskiy. - Izdatel'skiy tsentr IPK RFTSSE, 2006. - 73 s.
20. An Auto-tuning Assisted Power-Aware Study of Iris Matching Algorithm on Intel's SCC // Gildo Torres, Chen Liu, Jed Kao-Tung Chang, Fang Hua, Stephanie Schuckers // Journal of Signal Processing Systems, 2015. - Volume: 80, Issue 3, pp. 261-276.
21. Novikov, A.N. Metodika organizatsii marshrutnoy seti gorodskogo passazhirskogo transporta ob21. Novikov, A.N. Otsenka effektivnosti funktsionirovaniya sistemy podgotovki kadrov, svyazannykh s obespecheniem bezopasnosti dorozhnoy dvizheniya [Tekst] / A.N. Novikov, A.P. Tryastin, YU.N. Baranov, V.I. Samusenko, A.M. Nikitin // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - № 4 (44). - S. 188-195.
22. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-teknicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tehnologicheskikh mashin. - 2006. - S. 146-148.
23. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primenenie v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113
24. Novikov, A.N. Postroenie modeli funktsionirovaniya marshruta trolleybusa [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // Mir transporta i tehnologicheskikh mashin. - 2012. - № 4 (39). - S. 80-87.

**Volkov Vladimir Sergeevich**

FGBOU VO «Voronezh State Forestry Engineering University of GF Morozov»

Address: 394087, Russia, g. Voronezh region, Voronezh, st.. Timiryazeva 8

Dr. Sc. Sciences, Professor of the Department «Automobiles and service»

E-mail: wl.volkov@yandex.ru

**Kastyrin Dmitriy Yuryevich**

FGBOU VO «Voronezh State Forestry Engineering University of GF Morozov»

Address: 394087, Russia, g. Voronezh region, Voronezh, st.. Timiryazeva 8

Student of «Cars and service»

E-mail: mitya.kastyrin@mail.ru

**Nikitina Yuliya Alexandrovna**

FGBOU VO «Voronezh State Forestry Engineering University of GF Morozov»

Address: 394087, Russia, g. Voronezh region, Voronezh, st. Timiryazeva 8

Student

УДК 656.11

В.Н. БАСКОВ, Е.И. ИСАЕВА

## ЭНТРОПИЯ КАК МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ЗАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

*С каждым годом растет уровень загруженности транспортных сетей. Не хватает потенциала для адаптации существующих транспортных сетей к потребностям транспортного потока. Моделирование транспортных потоков действенный метод в борьбе с загруженностью УДС. Модели прогнозирования используются для определения транспортных потоков в конкретной транспортной сети с учетом ее характеристик. Энтропийная модель охватывает наибольшее количество факторов и приближает модель к реальной ситуации. Энтропийная модель транспортного потока для определения транспортных корреспонденций может дать лишь прогноз загруженности транспортной сети. Для борьбы с транспортными заторами помимо прогноза, стоит применять имитационное и оптимизационное моделирование транспортных потоков.*

**Ключевые слова:** транспортная сеть, загруженность дорожно-уличной сети, заторы, транспортный поток, моделирование транспортных потоков, модель прогнозирования транспортного процесса, энтропия, модель энтропии, энтропийная модель транспортного потока, прогноз загруженности УДС, транспортные корреспонденции.

С каждым годом количество автомобилей в стране увеличивается, увеличивается и интенсивность движения. С таким объемом транспортных потоков в крупных городах транспортные сети не справляются. Потенциала для изменения и адаптации существующих транспортных сетей к потребностям транспортного потока не хватает. Поэтому наибольшую значимость приобретает планирование и повышение эффективности использования транспортных сетей, путем оптимальной организации движения маршрутных транспортных средств и совершенствования организации дорожного движения в целом.

Поскольку транспортный процесс подвергается влиянию случайного возмущающего воздействия, то существует потребность использования инструментов различных математических теорий. В некоторых источниках описывают применение теории массового обслуживания при организации транспортного процесса [1, 2]. Задача данной теории заключается в определении необходимых характеристик системы, которые обеспечивают определенное качество функционирования этой системы, например, минимум времени ожидания, минимум средней длины очереди.

Известные математические методы оптимизации перевозочного процесса решают узконаправленные задачи, которые в совокупности не позволяют улучшить функционирование транспортной системы в целом [3, 4].

Все это определяют необходимость создания методов управления транспортными потоками, которые не будут иметь указанных выше недостатков.

Моделирование транспортных потоков наиболее действенный метод в борьбе с загруженностью УДС. На основе построения модели транспортного потока можно составить прогноз основных параметров, таких как интенсивность движения транспортных средств, средние скорости движения, потери времени, задержки на участках транспортной сети и т.п.

Существует огромное множество моделей, которые можно использовать для анализа транспортных процессов. Поскольку каждая модель может отличаться математическим аппаратом, необходимыми для расчета данными, а также детальным описанием процесса, поэтому четкой классификации таких моделей не существует. По функциональной роли модели можно разделить на [5]:

- модели прогнозирования транспортного процесса;
- модели, имитирующие транспортный процесс;

- оптимизационные модели транспортного процесса.

Модели прогнозирования используются для определения транспортных потоков в конкретной транспортной сети с учетом характеристик этой транспортной сети. Прогноз загруженности сети строится из расчета усредненных характеристик движения (интенсивность, плотность движения, распределение транспортных средств (ТС) по направлениям движения, состав транспортного потока). Благодаря таким моделям можно спрогнозировать определенные изменения в транспортном процессе, в конкретном размещении участков движения [6, 7, 8].

Транспортный поток состоит из участников потока, которые совершают определенное количество передвижений. С учетом всех характеристик транспортного процесса они могут включать в себя, помимо передвижения ТС, также и передвижения пешеходов. При более узком рассмотрении задачи моделирования транспортного процесса можно учитывать только транспортные передвижения [9]. Наиболее важные факторы, влияющие на количество передвижений и распределение по улично-дорожной сети (УДС) показаны на рисунке 1.

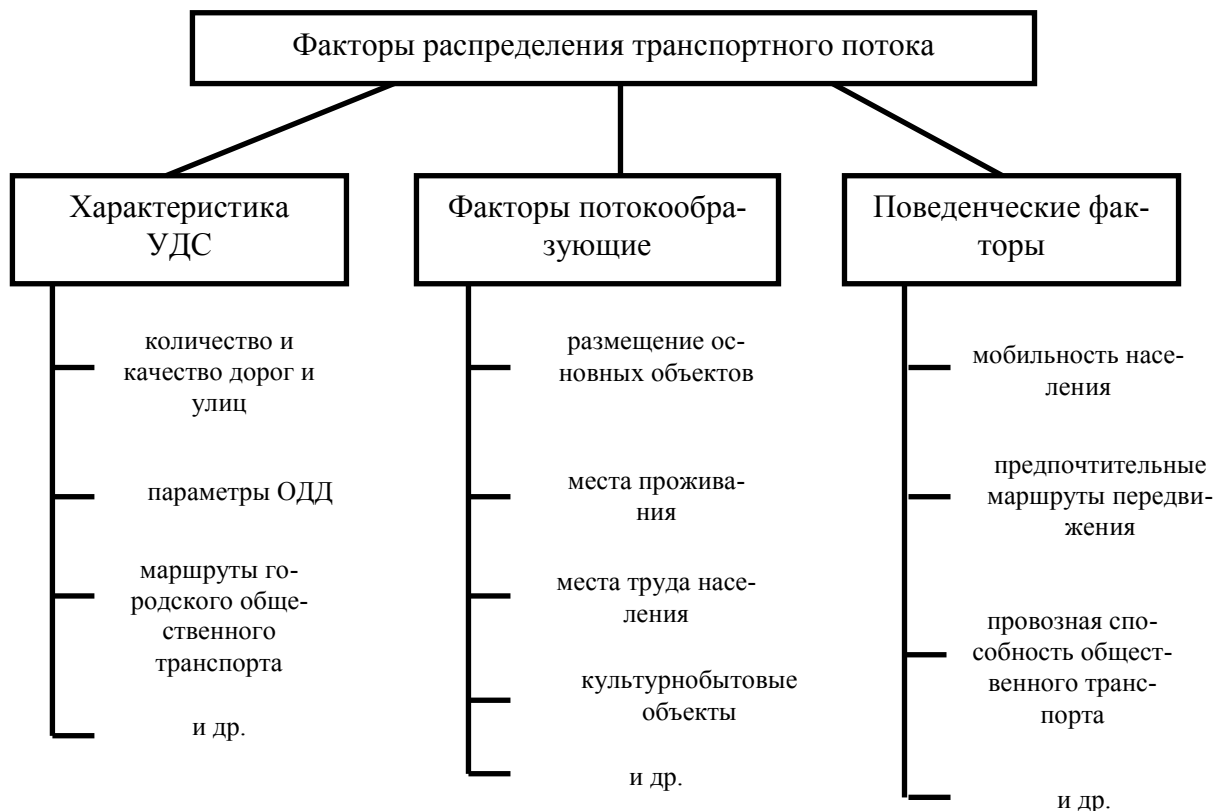


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на распределение транспортного потока и количество передвижений

При построении модели необходим учет всех этих факторов (рис. 1).

Задача моделирования транспортных потоков по УДС включает [10, 11, 12]:

- оценка количества отправлений и прибытий из каждого района города (Trip generation);
- разделение по способам перемещений (пешеходные перемещения, пассажирский общественный транспорт, личный транспорт, грузовой транспорт) (Modal Split);
- матрица корреспонденций (количество передвижений между расчетными районами/участками города) (Trip distribution);
- распределение корреспонденций по транспортной сети (определение всех маршрутов движения участников процесса и их количество) (Trip assignment).

Чтобы смоделировать комплексную загрузку транспортной сети с учетом всех факторов, необходимо разделить всех пользователей на классы [13]. Для каждого конкретного класса необходимо рассчитать матрицу корреспонденций и распределить их по сети. Причем, для каждого класса существует свой критерий оптимальности.



Одними из самых распространенных моделей расчета корреспонденций являются гравитационные модели, энтропийные модели, и др.

Энтропийная модель в сравнении с гравитационной моделью охватывает гораздо большее количество факторов, что позволяет приблизить модель к реальной ситуации.

Применение в моделировании движения транспортных потоков энтропии впервые предложил Вильсон [14]. Впоследствии данная концепция рассматривалась во многих трудах [15, 16, 17, 18]. Энтропию как физическую величину предложил ввести в термодинамику Р. Клаузиус в 1865 г. Энтропия достаточно быстро проникла во все области физики, а затем затронула многие науки, такие как химия, биология, теория информации, математика и т.д.

Статистическая физика помогла математикам интерпретировать энтропию позволила ввести понятие метрической энтропии, как абстрактной величины. Метрическая энтропия характеризуется поведением неустойчивых динамических систем с экспоненциальной расходимостью близких в начальный момент времени траекторий (энтропия Крылова–Колмогорова–Синая) [19].

Физический смысл энтропии можно определить рассматривая микросостояния вещества (системы). Л. Больцман впервые установил связь энтропии с вероятностью состояния. М. Планк сформулировал эту связь выражением, которое называл принципом Больцмана. Выражение выглядит следующим образом [20]

$$S = k_B \ln W, \quad (1)$$

где  $k_B$  – постоянная Больцмана;

$W$  – вероятность состояния (статистический вес).

Статистический вес  $W$  показывает количество способов или число микросостояний, которые способствуют реализации определенного макросостояния. Термодинамическая вероятность несколько отличается от математической вероятности, т.к. вторая выражается дробью, которая меньше либо равна одному. Поскольку чаще всего необходимо рассчитать разность энтропии (относительную вероятность  $W/W_0$ ) (2) [20], то эти различия не оказывают значительное влияние.

$$S - S_0 = k_B \ln \frac{W}{W_0}. \quad (2)$$

Математически модель энтропии представляет собой вероятностное описание предположительного поведения участников транспортного процесса. Участники транспортного процесса случайным образом распределяются по набору определенных состояний. Состоянием участника для расчета корреспонденций принято считать принадлежность его к корреспонденции из  $i$  в  $j$ . Каждый случайный выбор всеми участниками процесса приводит к определенным макроскопическим состояниям системы. Согласно теории энтропийной модели состояние системы, которое определяется в реальности, имеет наибольший статистический вес. Статистический вес состояний в энтропийных моделях используется, т.к. в таких моделях может не быть конечного и нормированного распределения вероятностей. Статистический вес показывает сравнительные вероятности различных состояний системы. В связи с этим, состояния с наибольшим статистическим весом являются наиболее вероятными. С математической точки зрения состояние с наибольшим статистическим весом определяется максимумом функции в пространстве состояний, которая является энтропией системы. Энтропия, применительно к определению корреспонденций в транспортной сети определяется по формуле [14]:

$$H(f) = \sum_{i,j} f_{ij} \ln \left( \frac{f_{ij}}{v_{ij}} \right), \quad f = \{f_{ij} | i, j \in R\}, \quad (3)$$

где  $f_{ij}$  – числа заполнения состояний, т.е. количество элементов системы, которые находятся в состоянии  $(i, j)$ ;

$v_{ij}$  – наиболее вероятные значения  $f_{ij}$ .

На практике наиболее вероятные значения  $F_{ij}$  определяются максимизацией энтропии при некоторой системе ограничений для  $f_{ij}$ . При отсутствии ограничений решение задачи приводит к  $F_{ij}=V_{ij}$ . Ограничения распределения имеют различную природу. Эти ограничения должны отражать имеющиеся данные макроскопических характеристик состояния системы. Система ограничений в моделях энтропии для транспортных потоков состоит из группы стандартных линейных ограничений, которые отражают баланс прибытий и отправлений, т.е. транспортных ограничений. Модель энтропии для расчета корреспонденций имеет вид [11]

$$F = \operatorname{argmax}(H(f)), f = \{f_{ij} | i, j \in R\},$$

$$\sum_{j \in R} f_{ij} = O_i, i \in R,$$

$$\sum_{i \in R} f_{ij} = D_j, j \in R,$$

$$f_{ij} \geq 0, i, j \in R,$$

$$g_n(f) = 0, n = \overline{1, N},$$

$$h_m(f) \leq 0, m = \overline{1, M}.$$

В данных выражениях выделены транспортные ограничения и добавлены  $N$  дополнительные ограничения-равенства и  $M$  ограничения-неравенства. Оптимизационные задачи (2), (3) являют собой задачу математического программирования и выпуклой целевой функции с линейной системой ограничений. Решить такую задачу для общего случая можно с помощью множителей Лагранжа. Для частного случая, каким является транспортный процесс, с транспортными ограничениями есть аналитическое выражение решения задачи (2), (3) [11]. Т.е. если задать априорные вероятности согласно функции тяготения  $V_{ij}=C(t_{ij})$ . Имеется еще один способ, описывающий связь энтропийной и гравитационной моделями, которой показан в [16]. Будем считать передвижения между пунктами отправления и прибытия  $i$  и  $j$  связанными с определенным количеством «затрат». Предположим, что для каждого пункта отправления известны эти затраты на передвижение [11]:

$$\sum_{j \in R} c_{ij} f_{ij} = c_i, i \in R. \quad (4)$$

Это выражение (4) может быть использовано в виде ограничений для задачи «максимум» энтропии. В работе [11] рассмотрена энтропийная задача, в которой вероятности определенных значений корреспонденций равны:  $V_{ij}=\text{const}$ . Ограничения в этой задаче включают балансовые и затратные. Решение задачи с учетом  $t_{ij}=cij$  и функцией тяготения имеет вид [11]

$$c(c_{ij}) = \exp(-\lambda c_{ij}),$$

где  $\lambda$  – коэффициент множитель Лагранжа задачи оптимизации. Значение этого множителя определяется в ходе решения задачи.

Энтропийная модель может давать статистическое обоснование для гравитационной модели (для выбора функции тяготения).

С помощью задачи максимизации энтропии можно осуществить расчет корреспонденций с распределением по видам передвижений транспортного потока. Согласно приведенным выше выражениям, состояние участника транспортного процесса можно считать принадлежащим к корреспонденции из  $i$  в  $j$  с выбором способа передвижения  $k$ . Само состояние системы

можно определить набором индексов  $f, k, i, j$ . Энтропийная функция для задачи «максимум» аналогичны выражениям (1)-(3). Причем к основным ограничениям необходимо добавить дополнительные ограничения по количеству передвижений для всех типов [10, 11].

Рассмотренная энтропийная модель транспортного потока, применяемая для определения транспортных корреспонденций, может дать лишь прогноз загруженности транспортной сети. Для борьбы с транспортными заторами в крупных городах помимо прогноза, стоит применять имитационное и оптимизационное моделирование транспортных потоков. Важное значение имеет метод формирования обширной информации, основанной на различных социально-экономических и статистических данных о транспортных потоках в совокупности с основными параметрами транспортной сети.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, А.Н. Управление перевозками грузов автомобильным транспортом в современных условиях [Текст]: материалы международной научно-практической конференции / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. – Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2015. - С. 247-252.
2. Бодров, А.С. Совершенствование дорожной сети с использованием средств имитационного моделирования [Текст]: материалы 5-й международной научно-практической интернет-конференции / А.С. Бодров; под общей редакцией А.Н. Новикова // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. – Орел: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева». - 2016. - С. 279-288.
3. Матназаров, Д.Д. Оптимизация локальных мероприятий по организации движения в городе Орле с применением методов имитационного компьютерного моделирования [Текст] / Д.Д. Матназаров, В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. - №1. – С. 382-387.
4. Голенков, В.А. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования [Текст] / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, Ю.Н. Баранов, Д.Д. Матназаров // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. - №3 (73). – С. 5-7.
5. Голенков, В.А. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования [Текст] / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, Ю.Н. Баранов, Д.Д. Матназаров // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. - №3 (73). – С. 5-7.
6. Казакова, Г.Р. Исследование параметров участка улично-дорожной сети г. Саратова с использованием имитационного моделирования [Текст] / Г.Р. Казакова, А.В. Филатова, Н.А. Муравьева // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - Том 2. – 2015. - №1. – С. 192-195.
7. Басков, В.Н. Оценка транспортных потоков на улично-дорожной сети города [Текст] / В.Н. Басков, И.Е. Макаров // Вестник развития науки и образования. – 2014. - №2. – С. 31-34.
8. Басков, В.Н. Оценка условий движения транспортных потоков [Текст] / В.Н. Басков, Е.И. Видманова // Научное обозрение. – 2011. - №1. – С. 40-44.
9. Новиков, А.Н. Оптимизация загруженности улично-дорожной сети города Орла на примере перекрестка улицы Лескова и Наугорского шоссе [Текст]: материалы международной молодежной научно-практической конференции / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров, К.С. Андреев, В.А. Голенков // Организация дорожного движения и безопасность на дорогах европейских городов. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2014. - С. 35-39.
10. Басков, В.Н. К вопросу о регулировании транспортного потока оптимизацией задержек на улично-дорожной сети [Текст]: материалы международной научно-практической конференции / В.Н. Басков, А.В. Игнатов // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А. - 2014. - С. 108-110.
11. Швецов, В.И. Математическое моделирование транспортных потоков [Текст] / В.И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №11. – С. 3-46.
12. Ломакин, Д.О. Мезоскопические модели транспортных потоков [Текст]: материалы 2-ой международной научно-практической конференции / Д.О. Ломакин; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. – Орел: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева». - 2016. - С. 53-59.
13. Басков, В.Н. Анализ методов расчета и оценки задержек транспортного потока на улично-дорожной сети [Текст] / В.Н. Басков, А.В. Игнатов // Вестник развития науки и образования. - 2014. - №2. - С. 14-19.
14. Wilson, A. G. A statistical theory of spatial distribution models [Text] / A.G. Wilson // Transpn. Res. – 1967. – V. 1. – P. 253–270.
15. Wilson, A.G. Entropy in urban and regional modeling [Text] / A.G. Wilson. – London: Pion, 1970.

16. Wilson, A.G. A family of spatial interaction models and associated developments [Text] / A.G. Wilson // *Envir. & Plan. A.* – 1971. – V. 3. – P. 255–282.
17. Harris, B. Equilibrium values and dynamics of attractiveness terms in production-constrained spatial-interaction models [Text] / B. Harris, A.G. Wilson // *Envir. & Plan. A.* – 1978. – V. 10. – P. 371–388.
18. Popkov, Yu. S. *Macrosystems theory and its applications* [Text] / Yu.S. Popkov. – Berlin: Springer Verlag, 1995.
19. Шамбадь, П. Развитие и приложения понятия энтропии [Текст] / П. Шамбадь. – М.: Наука, 1967. – 283 с.
20. Осипов, А.И. Энтропия и ее роль в науке [Текст] / А.И. Осипов, А.В. Уваров // *Соросовский образовательный журнал.* - Том 8. - 2004. - № 1. - С. 70-79.
21. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // *Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин.* - 2006. - С. 146-148.
22. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // *Мир транспорта и технологических машин.* - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113

**Басков Владимир Николаевич**

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина»  
Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте»  
Email: baskov@sstu.ru

**Исаева Екатерина Игоревна**

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина»  
Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
Аспирантка кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте»  
Email: katherina3@mail.ru

---

V.N. BASKOV, E.I. ISAEVA

## ENTROPY AS A MODEL FOR PREDICTION OF UPLOADING TRANSPORT NETWORK

*Every year the level of load of transportation networks grows. There is not enough potential for adaptation of the existing transportation networks to requirements of a transport flow. Modeling of transport flows the most efficient method in fight against load. Forecasting models are used for determination of transport flows in a specific transportation network taking into account characteristics of this transportation network. The entropy model covers the greatest number of factors and brings closer model to a real situation. The entropy model of a transport flow for determination of transport correspondence can give only the forecast of load of a transportation network. For fight against transport jams in addition to the forecast, it is worth applying imitating and optimization modeling of transport flows.*

**Keywords:** *transportation network, load of a road and street network, jams, transport flow, modeling of transport flows, forecasting model of transport process, entropy, entropy model, entropy model of a transport flow, forecast of load, transport correspondence.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Novikov, A.N. *Upravlenie perevozkami gruzov avtomobil'nym transportom v sovremennykh uslovi-yakh* [Текст]: материалы международной научно-практической конференции / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин; под общ. ред. А.Н. Новикова // *Информационные технологии и инновации на транспорте.* - Орел: Госуниверситет-УНПК. - 2015. - С. 247-252.
2. Bodrov, A.S. *Sovershenstvovanie dorozhnoy seti s ispol'zovaniem sredstv imitatsionnogo modeli-rovaniya* [Текст]: материалы 5-й международной научно-практической интернет-конференции / А.С. Бодров; под общ. ред. А.Н. Новикова // *Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса.* - Орел: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева». - 2016. - С. 279-288.
3. Matnazarov, D.D. *Optimizatsiya lokal'nykh meropriyatiy po organizatsii dvizheniya v gorode Orle s primeneni-ем metodov imitatsionnogo komp'yuternogo modelirovaniya* [Текст] / D.D. Matnazarov, V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin // *Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования.* - 2014. - №1. - С. 382-387.

4. Golenkov, V.A. Optimizatsiya organizatsii dvizheniya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Tekst] / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin, YU.N. Baranov, D.D. Matnazarov // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2015. - №3 (73). - S. 5-7.
5. Golenkov, V.A. Optimizatsiya organizatsii dvizheniya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Tekst] / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin, YU.N. Baranov, D.D. Matnazarov // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2015. - №3 (73). - S. 5-7.
6. Kazakova, G.R. Issledovanie parametrov uchastka ulichno-dorozhnoy seti g. Saratova s ispol'zovaniem imitatsionnogo modelirovaniya [Tekst] / G.R. Kazakova, A.V. Filatova, N.A. Murav'eva // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy kompleks: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - Tom 2. - 2015. - №1. - S. 192-195.
7. Baskov, V.N. Otsenka transportnykh potokov na ulichno-dorozhnoy seti goroda [Tekst] / V.N. Baskov, I.E. Makarov // Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya. - 2014. - №2. - S. 31-34.
8. Baskov, V.N. Otsenka usloviy dvizheniya transportnykh potokov [Tekst] / V.N. Baskov, E.I. Vidmanova // Nauchnoe obozrenie. - 2011. - №1. - S. 40-44.
9. Novikov, A.N. Optimizatsiya zagruzhennosti ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla na primere perekrestka ulitsy Leskova i Naugorskogo shosse [Tekst]: materialy mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / A.N. Novikov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov, K.S. Andreev, V.A. Golenkov // Organizatsiya dorozhnoy dvizheniya i bezopasnost' na dorogakh evropeyskikh gorodov. - Orel: Gosuniversitet-UNPK, 2014. - S. 35-39.
10. Baskov, V.N. K voprosu o regulirovanii transportnogo potoka optimizatsiy zaderzhok na ulichno-dorozhnoy seti [Tekst]: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / V.N. Baskov, A.V. Ignatov // Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh - MMTT. - Saratov: SGTU imeni Gagarina YU.A. - 2014. - S. 108-110.
11. SHvetsov, V.I. Matematicheskoe modelirovanie transportnykh potokov [Tekst] / V.I. SHvetsov // Avtomatika i telemekhanika. - 2003. - №11. - S. 3-46.
12. Lomakin, D.O. Mezoskopicheskie modeli transportnykh potokov [Tekst]: materialy 2-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / D.O. Lomakin; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - Orel: FGBOU VO «Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva». - 2016. - S. 53-59.
13. Baskov, V.N. Analiz metodov rascheta i otsenki zaderzhok transportnogo potoka na ulichno-dorozhnoy seti [Tekst] / V.N. Baskov, A.V. Ignatov // Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya. - 2014. - №2. - S. 14-19.
14. Wilson, A. G. A statistical theory of spatial distribution models [Text] / A.G. Wilson // Transpn. Res. - 1967. - V. 1. - P. 253-270.
15. Wilson, A.G. Entropy in urban and regional modeling [Text] / A.G. Wilson. - London: Pion, 1970.
16. Wilson, A.G. A family of spatial interaction models and associated developments [Text] / A.G. Wilson // Envir. & Plan. A. - 1971. - V. 3. - P. 255-282.
17. Harris, B. Equilibrium values and dynamics of attractiveness terms in production-constrained spatial-interaction models [Text] / B. Harris, A.G. Wilson // Envir. & Plan. A. - 1978. - V. 10. - P. 371-388.
18. Popkov, Yu. S. Macrosystems theory and its applications [Text] / Yu.S. Popkov. - Berlin: Springer Verlag, 1995.
19. Shambal', P. Razvitie i prilozheniya ponyatiya entropii [Tekst] / P. Shambal'. - M.: Nauka, 1967. - 283 s.
20. Osipov, A.I. Entropiya i ee rol' v nauke [Tekst] / A.I. Osipov, A.V. Uvarov // Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal. - Tom 8. - 2004. - № 1. - S. 70-79.
21. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin. - 2006. - S. 146-148.
22. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primenenie v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.

**Baskov Vladimir Nikolaevich**

FGBOU VPO «Saratov State Technical University. Yuri Gagarin»

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

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. the department «Organization of transportation and transport management»

Email: baskov@sstu.ru

**Isaeva Ekaterina Igorevna**

FGBOU VPO «Saratov State Technical University. Yuri Gagarin»

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

Post-graduate student of the department «Organization of transportation and transport management»

Email: katherina3@mail.ru

И.В. МАКАРОВА, К.А. ШУБЕНКОВА, В.Г. МАВРИН,  
Г.Р. САДЫГОВА, Л.М. ГАБСАЛИХОВА

## **ПЕРЕХОД К «ЗЕЛЕНОМУ» ТРАНСПОРТУ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Повышение экономичности и экологичности транспорта является одним из основных направлений перехода к низкоуглеродной экономике. Реализация целей тысячелетия и переход к «зеленой экономике» предполагают преимущественное использование более экономичного и экологически чистого транспорта, а также стимулирование использования общественного транспорта в городах. Осуществление таких проектов требует совершенствования маршрутной сети общественного транспорта, а также оптимизации структуры автобусного парка. В статье показаны результаты исследования наиболее проблемного участка улично-дорожной сети города. Оптимизационный эксперимент на модели включал в себя подбор оптимальных параметров потока и изучение снижения негативной нагрузки на окружающую среду при использовании более экологичных автобусов с двигателем на газомоторном топливе.*

**Ключевые слова:** «зеленый» транспорт, общественный транспорт, структура автобусного парка, автобусы на газомоторном топливе.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Транспорт традиционно является стратегическим приоритетом геополитического, социального и экономического развития государств. Он представляет собой важнейшую составную часть производственной и социальной инфраструктуры, а его устойчивое и эффективное функционирование – необходимое условие успешного развития экономики, обеспечения национальной безопасности и повышения уровня жизни населения. Транспортные коммуникации, связывающие государства, обеспечивают их внешнюю торговлю, а также внутренний, въездной и выездной туризм. Кроме того, транспорт является ключевым сектором в контекстах энергетической и экологической безопасности. Поэтому на протяжении последних десятилетий во всем мире не теряет своей актуальности вопрос о поиске альтернативных видов моторного топлива – ключевой в плане обеспечения энергетической безопасности транспорта. При сохранении объемов добычи нефти, которая относится к не возобновляемым источникам энергии, в таких же масштабах, как и сейчас, в скором будущем ее запасы будут полностью исчерпаны.

Вторая не менее серьезная проблема, связанная с ростом автомобилизации, – негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду. Автотранспорт, наряду с промышленными предприятиями, выбрасывает чёрный дым и зеленовато-жёлтый диоксид, которые повышают риск ранней смерти. Даже сравнительно низкая концентрация этих веществ в атмосфере вызывают от 4 до 22 процентов смертей до сорока лет. Транспортный сектор является одним из основных потребителей энергии и главных источников выбросов парниковых газов в атмосферу. К числу примеров негативного влияния транспорта на окружающую среду можно отнести: загрязнение воздуха выхлопными газами и мельчайшими твердыми частицами; загрязнение грунтовых вод токсичными стоками с автодорог, автомоек и стоянок автотранспорта; шумовое загрязнение; потеря городского жизненного пространства (до 50% площади современных городов отводится на дороги, парковки, гаражи и заправочные станции) и разрастание пригородов, которые поглощают места обитания диких животных и сельскохозяйственные земли.

### **ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ СЕКТОРЕ**

Растущий уровень автомобилизации вынуждает мировое сообщество к поиску решений по снижению негативного влияния автотранспорта на окружающую среду: ужесточаются требования к экологической безопасности автомобилей, вводятся жесткие стандарты Евро-4, Евро-5, разрабатывается Евро-6. Более экономичный и экологически чистый транспорт является ключевым элементом концепции перехода к низкоуглеродной экономике, являющейся одним из приоритетных направлений формирования устойчивого развития социально-экономической системы России, способствующих переходу к «зеленому» росту, снижению нагрузки на окружающую среду, повышению эффективности использования природных ресурсов. Пристальное внимание исследователей к перспективам развития транспортного сектора вызвано тем, что множество факторов, влияющих как на устойчивость самой транспортной системы, так и способных вызвать серьезные последствия для других сфер деятельности, требуют разработки новых методов, позволяющих прогнозировать их будущее.

Так, автор работы [1] использует метод сценарного анализа, с помощью которого рассматривает 4 варианта развития транспортного сектора. Метод сценарного анализа используется автором статьи [2] для прогнозирования потребности в использовании общественного транспорта. В работе [3] исследуются тенденции внедрения технических и технологических инноваций. Автор на основе анализа выполненных работ делает вывод о том, что в настоящее время процесс технологических разработок изучается не только специалистами технического и естественно-научного направлений, а также в экономических (экономическое и динамическое моделирование, экономическая теория и др.) и в общественных науках (социология, экология, управление бизнесом, и т.д.). Отмечается, что прогнозы развития сферы транспорта сместились от техноориентированной точки зрения в направлении процессно-ориентированного подхода.

Существует ряд способов, с помощью которых может быть снижено энергопотребление и, соответственно, выбросы от транспортного сектора. В основном, работы ведутся в двух направлениях:

- новые технические и технологические решения, направленные на повышение качества топлива, переход на низкоуглеродные виды топлива, изменение способа получения энергии, принципиально новые виды энергосиловых установок, а также применение новых материалов и конструктивных решений для снижения веса транспортного средства.
- организационно-управленческие решения, направленные на повышение эффективности эксплуатации транспортных средств, в том числе за счет организации их качественного и своевременного сервиса и ремонта, предупреждения отказов, повышения эксплуатационной надежности и безопасности.

В работах [4, 5] рассматриваются возможности применения альтернативных источников топлива для общественного транспорта. В статье [5] анализируются экономические и экологические аспекты модернизации и обновления подсистемы общественного автотранспорта за счет использования альтернативных видов топлива, природного газа и биодизельного топлива. Объективные предпосылки роста в последние годы интереса к газу как моторному топливу – более высокие энергетические и экологические характеристики по сравнению с нефтяными топливами. Из всех массово используемых моторных топлив и технологий природный газ обеспечивает наиболее безопасные выбросы отработавших газов, оказывает меньшее воздействие на смазочные масла (на 30–40%). Так, перевод автомобилей с бензина на газ позволяет снизить в среднем в пять раз выбросы вредных веществ, а шумовое воздействие – вдвое. Кроме того, газ не содержит основного загрязнителя бензина – серы, поэтому даже самый очищенный бензин стандарта «Евро-5» не может и близко сравниться по чистоте сгорания с газовым топливом. Немаловажным фактором является более стабильная, по сравнению с нефтью, цена на газ и более высокая экономичность: при более низкой (в два раза ниже, чем у дизельного топлива) его цене, энергоотдача почти одинаковая – 0,95:1.

Природный газ, как моторное топливо, используется в нескольких формах: сжатый природный газ (КПГ), сжиженный природный газ (СПГ) и попутный природный газ [6, 7]. При этом транспортные средства (ТС) на КПГ уже используются по всему миру, причем разработаны технологии его получения, хранения и использования. При этом в мире существует около четырех миллионов транспортных средств на КПГ. Компримированный природный газ в качестве моторного топлива широко распространен в странах с собственными запасами природного газа. Такие ТС выделяют только небольшие количества углекислого газа и имеют высокооктановое значение, поэтому они подходят для использования в качестве общественного транспорта [8]. В некоторых странах для общественного транспорта используется СПГ. Так согласно проведенным исследованиям [9], в Японии, Италии и Канаде 7% автобусов используют в качестве моторного топлива СПГ, а некоторые европейские страны планируют использовать автотранспорт на СПГ для снижения нагрузки на окружающую среду. Тем не менее, наиболее актуальными вопросами, нуждающимися в дальнейших исследованиях, являются организация получения природного газа [10], его распределение и безопасность использования.

По мнению зарубежных специалистов, на ближайшие годы КПГ и СПГ являются единственной реальной альтернативой бензину и дизельному топливу. Большинство известных зарубежных автопроизводителей налажен серийный выпуск более чем 180 моделей газомоторных автомобилей, среди которых 112 моделей легковых автомобилей, 35 грузовиков, 38 автобусов. Наиболее широко газомоторные автомобили представлены европейскими производителями (порядка 150 моделей).

При использовании метана в качестве моторного топлива, продукты неполного сгорания практически не образуются, поскольку всегда есть избыток кислорода. Окислы азота образуются

в меньшем количестве, так как температура сгорания бедных смесей значительно ниже. Пристеночный слой камеры сгорания при использовании бедных газо-воздушных смесей содержит меньший объем топлива, чем при более богатых бензино-воздушных. Таким образом, при правильно отрегулированном метановом газовом двигателе, выбросы в атмосферу угарного газа сокращаются в 5÷10 раз по сравнению с бензиновым, окислов азота выделяется в 1,5÷2,0 раза меньше, а углеводов – в 2÷3 раза меньше. Кроме того, при использовании метана значительно снижается выделение так называемых парниковых газов. Содержание углерода по весу в составе метана – 75%, а в составе бензина – 85%, поэтому при полном сгорании природного газа двуокси углерода (CO<sub>2</sub>) образуется на 13% меньше, чем при сгорании бензина.

Учитывая, что среднегодовой пробег автомобиля КАМАЗ составляет 80 000 км, а среднегодовой расход топлива при расходе 40 л на 100 км составляет 32 000 литров, можно оценить насколько снизятся выбросы токсичных веществ в атмосферу в год при эксплуатации одного автомобиля при переводе его на газовое топливо. Высокая экологическая эффективность данного вида топлива подтверждается и тем фактом, что количество токсичных выбросов, выделяемых газовыми двигателями КАМАЗ, значительно меньше, чем допускается нормативами Евро-4: NMHC (неметановых углеводородов) – в 1,9 раза; CH<sub>4</sub> (метана) – в 3,2 раза; CO (оксида углерода) – в 200 раз; NO<sub>x</sub> (оксидов азота) – в 1,6 раза. Автобусы НЕФАЗ, выпускаемые на шасси КАМАЗ успешно эксплуатируются во многих городах России.

#### **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХОДА К «ЗЕЛЕНОМУ» ТРАНСПОРТУ**

В докладе ЮНЕП [11] указывается, что для сокращения транспортных выбросов парниковых газов требуется повысить эффективность использования энергии и отказаться от энергозатратных транспортных средств как на пассажирском, так и на грузовом транспорте. Для достижения экономических целей и целей устойчивого развития транспорта наряду с комплексным планированием его развития и регулированием нагрузки энергосистемы, необходимо переходить на виды горючего с низким содержанием углерода и осуществлять более широкую электрификацию транспорта. В качестве одного из путей движения к более устойчивому транспорту предлагается включать в планы помощи производителям автомобилей «зеленые» условия, предусматривающие целевые инвестиции, направленные на повышение экономии автомобильного топлива, а также на исследования в области разработки более доступных бортовых аккумуляторов энергии.

Составной частью мер по обеспечению устойчивости транспорта может также быть планирование городских и пригородных центров в соответствии с конструкторскими разработками, предусматривающими смешанный парк автотранспорта и его разумный рост. Такие принципы городского развития помогут снизить зависимость от личного автотранспорта и обеспечить широкое использование систем общественного и безмоторного транспорта для поездок на короткие расстояния и для регулярных поездок на работу в город из пригорода.

Учитывая то, что транспорт представляет важный сектор экономики, в котором только в Европейском союзе занято более 16 млн. чел., а его непосредственный вклад в ВВП Евросоюза достигает 11%, он может сыграть важную роль в решении новых глобальных задач «зеленой экономики», развивая новые направления в области создания рабочих мест и экономического развития. Кроме того, имея высокий уровень социально-экономической значимости, экологически чистый транспорт может сыграть позитивную роль в улучшении здоровья населения, обеспечении более чистой окружающей среды, повышении качества жизни и достижении более высоких темпов экономического роста. А благодаря инновационной транспортной политике можно достичь максимального положительного эффекта для окружающей среды и здоровья населения. Обеспечение доступа к товарам, рабочим местам, услугам, образованию и досугу посредством экологически чистой, здоровьесберегающей, экономически и социально жизнеспособной транспортной системы является ключевым фактором улучшения окружающей среды и качества жизни, фактором экономического и социального роста.

По итогам состоявшегося в 2009 г. в Амстердаме Совещания в рамках Общевропейской программы по транспорту, окружающей среде и охране здоровья (ОПТОСОЗ), а также по итогам Симпозиума ОПТОСОЗ 2010 года, посвященного экологичным и здоровьесберегающим инвестициям и рабочим местам в транспортной отрасли, было создано Партнерство для координации усилий стран-участников и разработки совместных проектов по переходу к «зеленому» транспорту [12].

При этом указывается, что переход к низкоуглеродной транспортной системе может быть осуществлен путем сочетания следующих направлений:



- системного перехода к низкоуглеродным видам транспорта, включая возобновляемые источники энергии и альтернативные ТС и виды топлива;
- сокращения выбросов при данном виде передвижения, в том числе путем управления мобильностью, содействующего менее загрязняющему и более экономически эффективному транспорту;
- изменения модели мобильности в сторону уменьшения количества поездок и сокращения расстояний

В ходе дебатов по вопросам устойчивого развития участниками Конференции Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию (Конференция «Rio+20» [13]) отмечалось, что транспорт и мобильность имеют крайне важное значение для устойчивого развития в качестве одного из факторов повышения уровня социальной справедливости, улучшения здоровья людей, обеспечения устойчивости городов, налаживания связей между городскими и сельскими районами и повышения производительности в сельских районах. Была отмечена необходимость содействия применению комплексного подхода к выработке на национальном, региональном и местном уровнях политики в отношении транспортных услуг и систем в целях поощрения устойчивого развития.

### **ПРИОРИТЕТНОЕ РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА**

В документах ОПТОСОЗ отмечается, что внушают оптимизм позитивные примеры принятых мер по улучшению качества городской окружающей среды и поддержки процесса перераспределения способов передвижения за счет увеличения доли пешеходного и велосипедного движения в сочетании с использованием городского транспорта.

Безопасные системы общественного транспорта все больше рассматриваются как важное средство безопасного повышения мобильности населения, особенно в городских районах, страдающих от растущих транспортных заторов. Во многих городах с высокими доходами особо акцентируется политика сокращения использования личного автомобильного транспорта с помощью инвестиций в развитие сетей общественного транспорта. Инвестиции в безопасный общественный транспорт рассматриваются также как механизм, стимулирующий рост физической активности и, следовательно, способствующий укреплению здоровья населения.

Более 100 стран приняли на национальном или субнациональном уровнях меры политики, предусматривающие инвестиции в общественный транспорт. В большинстве стран с высоким уровнем доходов общественный транспорт регулируется надлежащим образом и в силу этого существенно более безопасен, чем частный автотранспорт: однако во многих странах с низким и средним уровнями дохода, чья экономика стремительно развивается, рост не регулируется, что ведет к повышению дорожно–транспортного травматизма среди его пользователей. Правительствам следует обеспечить безопасность, доступность и ценовую приемлемость систем общественного транспорта.

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА**

Поскольку оптимизация параметров транспортной системы может осуществляться двумя путями: регулированием плотности транспортного потока и повышением экологичности транспортных средств, то для каждого из этих направлений разрабатываются способы достижения их наилучших значений. Так, регулировать плотность транспортного потока можно с помощью фискальных мер (запреты на въезд в загруженные районы, регулирование движения и т.п.), а также более полного использования провозной способности сети (повышение наполняемости транспортных средств, замена на более вместительные и т.п.). Для регулирования видо–возрастной структуры парков проводят его обновление или замену транспортных средств на более экологичные. В этом отношении наиболее перспективные группы – логистические и автотранспортные компании, которые при соответствующем государственном стимулировании могут обновлять парк оптимальным для решения экологических проблем способом. Кроме того, учитывая, что в городском цикле используются автобусы, развозные легкие грузовые автомобили, а также машины коммунальных служб, использующие в основном дизельное топливо, то сравнение используемых автотранспортных средств с их альтернативными аналогами осуществляется по экономическим, экологическим и социальным критериям.

Авторы исследования [14] по результатам анализа затрат на создание условий для перехода к использованию автобусов на альтернативном топливе различных типов, приходят к выводу, что наиболее важной предпосылкой для такого перехода является готовность городов и автобусных операторов применять такие новые технологии. Лицо, принимающее решение, должно чувствовать важность экологических преимуществ таких транспортных средств, поскольку, с чисто экономической точки зрения, эти автобусы более затратны.

Оценка эффективности транспорта может осуществляться с помощью такого показателя, как энергоэффективность по формуле:  $ЭЭ (\%) = 100 / (УРТ \times ТСТ)$  (где: УРТ - удельный расход топлива в кг/кВт×ч; ТСТ - теплотворная способность топлива (удельная теплота сгорания) в кВт×ч/кг). При этом данный показатель может регламентироваться государством [15].

Автор статьи [16] для оценки эффективности транспорта выделяет два основных направления: топливная экономичность и эффективность парка. При этом топливная экономичность – форма тепловой эффективности, зависящая от уникальных параметров двигателя, аэродинамического сопротивления, веса, и сопротивления качению транспортного средства, в то время как эффективность парка описывает использование топлива группой транспортных средств, что можно повысить как улучшением характеристик отдельного автомобиля, так и оптимизацией маршрута или модификацией поведения.

В качестве потенциальных владельцев транспорта на альтернативном топливе, авторы выделяют следующие группы:

- Города и школы
  - Школьные автобусы
  - Полицейские управления и отделы пожарной охраны
  - Общественный транспорт
- Компании по прокату автомобилей
- Федеральные и государственные агентства
- Коммерческие юридические лица
- Фирмы грузоперевозки
- Почта и службы доставки, такие как USPS, федеральный Экспресс, и Объединенная служба доставки посылок (UPS)

Актуальность такого выбора авторы мотивируют тем, что согласно статистическим данным воздействие на окружающую среду крупных парков выше, чем личных транспортных средств из-за большого ежегодного пробега. Пробег личного автомобиля составляет в среднем 12 000 миль/лет, тогда как средний автомобиль в парке проходит 23 000 миль/лет. Кроме того, доля новых автомобилей в парке значительна, поскольку их обновление происходит чаще, чем у индивидуальных владельцев. Поэтому для анализа возможных преимуществ от управления парком транспортных средств была выбрана подсистема общественного пассажирского автотранспорта (рис. 1).



Рисунок 1 – Методы управления парком транспортных средств

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Автомобильный транспорт является основным источником загрязнения окружающей среды г. Набережные Челны, поскольку основные стационарные источники находятся за его пределами или на его границах. На пространственно-планировочную организацию города существенное влияние оказала природно-ландшафтная ситуация: город ориентирован на акваторию Нижнекамского водохранилища, Шильнинский залив, а также на расположенные на их берегах лесные массивы. В основу планировочной организации города была положена линейная структура открытого типа с «классическим» функциональным зонированием, с параллельным расположением промышленной и селитебной зон, пригородной зоны отдыха. Транспортно-планировочный каркас города составляют продольные магистрали, связывающие жилые районы города, что дает основание отнести планировочную схему его улично-дорожной сети (УДС) к прямоугольной. Главным «диаметром» города является продольная магистраль, включающая в себя пр. М.Джалиля, пр. Набережночелнинский и пр. Мира [17].

Карты рассеивания загрязняющих веществ, полученные по результатам натуральных наблюдений (рис. 2а), позволили выделить проблемные участки, одним из которых является сложная развязка, образованная пересечением проспектов Мира, Дружбы Народов и Сююмбике (рис. 2б). Анализ статистических данных о дорожно–транспортных происшествиях показал, что данный участок является местом с высокой концентрацией ДТП, что создает проблемы как для нормального функционирования транспортной системы, так и для окружающей среды, поскольку частое образование заторовых ситуаций усугубляет негативное воздействие транспорта на окружающую среду.



Рисунок 2 – Моделируемый участок УДС: а) карта рассеивания оксида углерода; б) карта участка УДС

Для более детального анализа участка была построена его имитационная модель в среде имитационного моделирования российского разработчика программного обеспечения AnyLogic.

Были учтены такие факторы, как:

- геометрия участка УДС;
- плотность транспортного потока;
- интенсивность пешеходного потока на участке с распределением по полосам движения;
- объему выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта и квоты на выбросы;
- режимы работы светофоров на предыдущих и последующих участках.

В качестве ограничения модели задавался размер квоты на выбросы, который не должен быть превышен:

$$Q_{\text{авт.}} = \frac{M_{Li} + M_{Pi} + M_{np.}}{M_{\text{кв.}}} \leq 1$$

Эксперимент на модели с параметрами потока, установленными в результате натуральных наблюдений показал, что на рассматриваемом участке во время возникающих заторовых ситуаций наблюдается превышение объема выбросов оксида углерода и диоксида азота (рис. 3). Первый этап оптимизационного эксперимента позволил определить предпочтительные параметры транспортного потока (плотность, интенсивность и скорость), при которых объемы выбросов загрязняющих веществ не превышают квоту.



Рисунок 3 – Вид имитационной модели рассматриваемого участка УДС

Поскольку рассматриваемый участок является местом слияния двух основных проспектов города, по нему проходит значительное число маршрутов общественного транспорта, которые связывают его новую и старую части. Одним из методов оптимизации парамет-

ров транспортного потока на рассматриваемом участке является совершенствование маршрутной сети. Второе направление связано с использованием на маршрутах автобусов большей вместимости, что позволит снизить плотность транспортного потока, а также сократить объемы выбросов вредных веществ.

На втором этапе оптимизационного эксперимента были определены показатели выбросов автотранспортного потока при исходных его параметрах, но с заменой части общественного транспорта на более экологичный. Такая замена приводит к ощутимому снижению объемов выбросов загрязняющих веществ.

Таблица 1 – Изменение объемов выбросов загрязняющих веществ общественным транспортом при использовании газомоторного топлива

Substance name	The volume of emissions		
	100% of fleet on diesel fuel	50% of fleet on gas motor fuel	100% of fleet on gas motor fuel
CO	1,036	0,870	0,691
NOx	0,974	0,907	0,830
CH	0,499	0,437	0,386
Soot	0,581	0,466	0,342
SO2	0,578	0,584	0,586
Formaldehyde	0,681	0,690	0,692
Benz $\alpha$ piren	0,579	0,587	0,589

### ВЫВОДЫ

Выполненные исследования показали, что для реализации концепции перехода к устойчивому «зеленому» транспорту необходимо совершенствовать управление во всех подсистемах транспортной системы. Одним из таких направлений является совершенствование управления парком транспортных средств – использование низкоуглеродных, энергоэффективных транспортных средств, своевременное обновление парка, оптимизация маршрутной сети и загрузки транспортных средств. Решение этих задач возможно путем интеллектуального анализа данных, а также разработки и применения имитационных моделей для принятия рациональных управленческих решений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barry Ubbels, Caroline Rodenburg & Peter Nijkamp. A multi-layer scenario analysis for sustainable international transport. *Transportation Planning and Technology*, February 2003. Vol. 26, No. 1, pp. 69–103.
2. Karst Geurs & Bert Van Wee. Backcasting as a Tool to Develop a Sustainable Transport Scenario Assuming Emission Reductions of 80–90%. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 2000. Vol. 13, No. 1, pp.47–62.
3. Harry Geerlings, Jasper Lohuis, Bart Wiegman & Arnoud Willemsen. A renaissance in understanding technology dynamics? The emerging concept of transition management in transportation. *Transportation Planning and Technology*, 2009. Vol. 32, Iss. 5, pp. 401–422.
4. Tzeng G-H, Lin C-W, Opricovic S. Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. *Energy Policy*. Vol. 33, pp. 1373–1383.
5. Petrović J., Ivković I., Vujačić I., Žeželj S. Possibilities of buses on alternative fuel in public urban transport in Belgrade. *Technological and economic development of economy. Baltic Journal on Sustainability*, 2009 .Vol. 15, Iss. 1, pp.78–89.
6. Johnson E. LPG: A secure, cleaner transport fuel? A policy recommendation for Europe. *Energy Policy*, 2003. Vol. 31, pp. 1573–1577.
7. Zhuang Q., Yodotani J. & Kato M. Accurate measurement method for the residues in liquefied petroleum gas (LPG). *Fuel*, 2005. Vol. 84, pp. 443–446.
8. Sperling D., Setiawan W., Hungerford D. The target market for methanol fuel. *Transportation Research*, 1995. Part A, Vol. 29A, No. 1, pp. 33–45.
9. Sperling D. *Future Drive—Electric Vehicles and Sustainable Transportation*. Island Press, Washington, DC, 1995.
10. Dawe R.A., Thomas S. A Large Potential Methane Source – Natural Gas Hydrates. *Energy Sources*, 2007. Part A, Vol. 29, pp. 217–229.
11. Global «green» new deal [Электронный ресурс] // Policy Brief: [сайт]. [March 2009]. URL: [http://www.unep.org/pdf/GGND\\_Final\\_Report.pdf](http://www.unep.org/pdf/GGND_Final_Report.pdf) (дата обращения 15.12.2016).
12. Green and healthy jobs in transport: launching a new Partnership under THE PEP. *World Health Organization* 2011. 12 p.
13. United Nations Conference on Sustainable Development [Электронный ресурс] // Rio+20: [сайт]. [2012]. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/rio20.html> (дата обращения 15.12.2016).
14. Straten P., Wiegman B.W. & Schelling A.B. Enablers and Barriers to the Adoption of Alternatively Powered Buses. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 2007. Vol. 27, Iss. 6, pp. 679–698.
15. Постановление Правительства Республики Казахстан от 15 августа 2012 года № 1048 Об установлении требований по энергоэффективности транспорта [Электронный ресурс] // ИС Параграф: [сайт]. [2012]. URL: <http://online.zakon.kz> (дата обращения 15.12.2016).
16. Reich A.A. *Transportation Efficiency. Strategic Planning for Energy and the Environment*, 2012. Vol. 32, Iss. 2, pp. 32–43.

17. Генеральный план г. Набережные Челны: Материалы по обоснованию проекта. Пояснительная записка, т. 3. – Казань: 2009. – 140 с.
18. 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 МАДИ(ГТУ). - 2007. - № 4 (11). - С. 90-98.
19. 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.
20. Васильева, В.В. Оценка техногенного воздействия автотранспорта на акустическую среду города [Текст] / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - №3. - С. 72-79.
21. Бондаренко, Е.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппов, О.В. Чекарева, В.В. Васильева, М.В. Коротков // Орел: ОрелГТУ, 2010. - 254 с.
22. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере орловской области) [Текст]: доклады международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин. - 2006. - С. 146-148.
23. Новиков, А.Н. Сравнение систем определения местоположения и их применение в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.В. Кулев, М.В. Пешехонов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 109-113.

**Макарова Ирина Викторовна**

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис транспортных систем»  
E-mail: kamIVM@mail.ru

**Шубенкова Ксения Андреевна**

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18  
Старший преподаватель кафедры «Сервис транспортных систем»  
E-mail: ksenia.shubenkova@gmail.com

**Маврин Вадим Геннадьевич**

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»  
E-mail: vadim\_mmite@rambler.ru

**Садыгова Гульназ Рашидовна**

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18  
Старший преподаватель кафедры «Сервис транспортных систем»  
E-mail: sadygova\_1988@mail.ru

**Габсалихова Лариса Мухаматзакиевна**

ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»  
E-mail: muhametdinova@mail.ru

---

I.V. MAKAROVA, K.A. SHUBENKOVA, V.G. MAVRINA  
G.R. SADIGOV, L.M. GABSALIKHOVA

## TRANSITION TO «GREEN» TRANSPORT PROBLEMS AND PROSPECTS

*Increase of profitability and ecological compatibility of transport is one of the basic directions of transition to lowcarbon economy. Realization of the purposes of a millennium and transition to «green economy» assume primary use of more economic and non-polluting transport, and also stimulation of use of public transport in cities. Realization of such projects demands perfection of a routing network of public transport, and also optimization of structure of a bus fleet. Results of re-search of the most problematic section of the street-road network are presented in the article. Optimizing experiment on model included selection of optimum parameters of a transport flow and studying the reduction of negative influence on environment at use of more harmless buses with the engine working on the gas fuel.*

**Key words:** «green» transport, public transport, structure of the vehicle fleet, vehicles on gas motor fuel.

### BIBLIOGRAPHY

1. Barry Ubbels, Caroline Rodenburg & Peter Nijkamp. A multi-layer scenario analysis for sustainable international transport. Transportation Planning and Technology, February 2003. Vol. 26, No. 1, pp. 69-103.
2. Karst Geurs & Bert Van Wee. Backcasting as a Tool to Develop a Sustainable Transport Scenario Assuming Emission Reductions of 80-90%. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 2000. Vol. 13, No. 1, pp.47-62.
3. Harry Geerlings, Jasper Lohuis, Bart Wiegman & Arnoud Willemsen. A renaissance in understanding technology dynamics? The emerging concept of transition management in transportation. Transportation Planning and

Technology, 2009. Vol. 32, Iss. 5, pp. 401-422.

4. Tzeng G-H, Lin C-W, Opricovic S. Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. Energy Policy. Vol. 33, pp. 1373-1383.

5. Petrović J., Ivković I., Vujačić I., Žeželj S. Possibilities of buses on alternative fuel in public urban transport in Belgrade. Technological and economic development of economy. Baltic Journal on Sustainability, 2009. Vol. 15, Iss. 1, pp.78-89.

6. Johnson E. LPG: A secure, cleaner transport fuel? A policy recommendation for Europe. Energy Policy, 2003. Vol. 31, pp. 1573-1577.

7. Zhuang Q., Yodotani J. & Kato M. Accurate measurement method for the residues in liquefied petroleum gas (LPG). Fuel, 2005. Vol. 84, pp. 443-446.

8. Sperling D., Setiawan W., Hungerford D. The target market for methanol fuel. Transportation Research, 1995. Part A, Vol. 29A, No. 1, pp. 33-45.

9. Sperling D. Future Drive-Electric Vehicles and Sustainable Transportation. Island Press, Washington, DC, 1995.

10. Dawe R.A., Thomas S. A Large Potential Methane Source - Natural Gas Hydrates. Energy Sources, 2007. Part A, Vol. 29, pp. 217-229.

11. Global «green» new deal [Elektronnyy resurs] // Policy Brief: [sayt]. [March 2009]. URL: [http://www.unep.org/pdf/GGND\\_Final\\_Report.pdf](http://www.unep.org/pdf/GGND_Final_Report.pdf) (data obrashcheniya 15.12.2016).

12. Green and healthy jobs in transport: launching a new Partnership under THE PEP. World Health Organization 2011. 12 p.

13. United Nations Conference on Sustainable Development [Elektronnyy resurs] // Rio+20: [sayt]. [2012]. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/rio20.html> (data obrashcheniya 15.12.2016).

14. Straten P., Wiegman B.W. & Schelling A.B. Enablers and Barriers to the Adoption of Alternately Powered Buses. Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal, 2007. Vol. 27, Iss. 6, pp. 679-698.

15. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 15 avgusta 2012 goda № 1048 Ob ustanovlenii trebovaniy po energoeffektivnosti transporta [Elektronnyy resurs] // IS Paragraf: [sayt]. [2012]. URL: <http://online.zakon.kz> (data obrashcheniya 15.12.2016).

16. Reich A.A. Transportation Efficiency. Strategic Planning for Energy and the Environment, 2012. Vol. 32, Iss. 2, pp. 32-43.

17. General'nyy plan g. Naberezhnye Chelny: Materialy po obosnovaniyu proekta. Poyasnitel'naya za-piska, t. 3. - Kazan': 2009. - 140 s.

18. 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 MADI(GTU). - 2007. - № 4 (11). - S. 90-98.

19. 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.

20. Vasil'eva, V.V. Otsenka tekhnogennogo vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu goroda [Tekst] / V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - №3. - S. 72-79.

21. Bondarenko, E.V. Ekologicheskaya bezopasnost' avtomobil'nogo transporta [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / E.V. Bondarenko, A.N. Novikov, A.A. Filippov, O.V. Chekmareva, V.V. Vasil'eva, M.V. Korotkov // Orel: OrelGTU, 2010. - 254 s.

22. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere orlovskoy oblasti) [Tekst]: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin. - 2006. - S. 146-148.

23. Novikov, A.N. Sravnenie sistem opredeleniya mestopolozheniya i ikh primeneniye v intellektual'nykh transportnykh sistemakh [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.V. Kulev, M.V. Peshekhonov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 109-113.

**Makarova Irina Viktorovna**

FGBOU VO «Kazan (Volga) Federal University»

Address: 420008, Russia, Kazan, st. The Kremlin, 18

Dr. Sc., professor of the department «Service of transport systems»

E-mail: kamIVM@mail.ru

**Shubenkova Ksenia Andreevna**

FGBOU VO «Kazan (Volga) Federal University»

Address: 420008, Russia, Kazan, st. The Kremlin, 18

Senior lecturer in «Service of transport systems»

E-mail: ksenia.shubenkova@gmail.com

**Mavrin Vadim Genad'evich**

FGBOU VO «Kazan (Volga) Federal University»

Address: 420008, Russia, Kazan, st. The Kremlin, 18

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor of «Service of transport systems»

E-mail: vadim\_mmite@rambler.ru

**Sadigov Gulnaz Rashidovna**

FGBOU VO «Kazan (Volga) Federal University»

Address: 420008, Russia, Kazan, st. The Kremlin, 18

Senior lecturer in «Service of transport systems»

E-mail: sadygova\_1988@mail.ru

**Gabsalihova Larisa Muhamatzakievna**

FGBOU VO «Kazan (Volga) Federal University»

Address: 420008, Russia, Kazan, st. The Kremlin, 18

Kand. ten. Sciences, Associate Professor of «Service of transport systems»

УДК 74.584.31

Г.В. БУКАЛОВА, Е.Н. АЛЕКСЕЕВА, Г.В. САВЧУК

## **АКТУАЛИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ**

*Авторы обращаются к проблеме использования профессиональных стандартов как основы для актуализации содержания образовательных нормативов (компетенций выпускника вуза), представляемых в основной профессиональной образовательной программе. В статье представлены методические установки указанной актуализации. Обосновывается существенное отличие профессиональных и образовательных стандартов. Приведены сведения о правовой основе применения профессиональных стандартов.*

**Ключевые слова:** профессиональный стандарт, образовательные нормативы (компетенции), существенные различия, правовая основа, внутривузовское нормирование, актуализация основной профессиональной образовательной программы, трудовые ресурсы.

В настоящее время проводится масштабное реформирование национальной системы квалификаций Российской Федерации. Цель реформирования – преобразование современного рынка труда в рынок профессиональных компетенций.

Профессиональные стандарты получают статус основных элементов национальной системы квалификаций. Разработан стратегический план «Создание национальной системы компетенций и квалификаций» [1]. Нормативную основу разработки профессиональных стандартов составляют: Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 597 «О мероприятиях по реализации государственной социальной политики»; Федеральный закон № 236-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации» и статью 1 Федерального закона «О техническом регулировании»; Постановление Правительства РФ от 22.01.2013 N 23 «О Правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов». Организует разработку профессиональных стандартов Министерство труда и социальной защиты РФ.

В производственной сфере автотранспортного комплекса также формируется новая форма требований к трудовым ресурсам в виде профессиональных стандартов. Понятие «профессиональный стандарт» введено в трудовое законодательство Федеральным законом №236-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации и статью №1 Федерального закона «О техническом регулировании».

В профессиональном стандарте представляется характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности [2]. Понятие «квалификация» трактуется как необходимые для профессиональной деятельности знания, умения, навыки, опыт работника. В статье 195.1 Трудового кодекса РФ указывается область применения профессиональных стандартов работодателями при управлении персоналом. В область применения профессиональных стандартов входит организация аттестации работников на соответствие занимаемой должности и при найме персонала; использование при разработке должностных инструкций. Образовательным учреждениям рекомендовано учитывать требования профессиональных стандартов при разработке основных профессиональных образовательных программ. В соответствии с Федеральным законом «О внесении изменений в Трудовой кодекс РФ» и Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» применение работодателями профессиональных стандартов с 1 июля 2016 г. обязательно в отношении требований к квалификации, необходимой работникам для выполнения трудовых функций. В статье 11 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» отмечено, что «при формировании федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования учитываются положения соответствующих профессиональных стандартов». Предполагается, что актуализация основных профессиональных образовательных программ на основании профессиональных стандартов, будет способствовать «совершенствованию качества профессионального образования, обеспечению его гибкости, мобильности по отношению к вызовам рынка труда» [3, с.8]. Суть указанной актуализации состоит в нормативном установлении вузом соответствия основных профессиональных образовательных программ с требованиями, представленными в профильных профессиональных стандартах.

Таким образом, формируемая в производственной сфере автотранспортного комплекса

новая форма требований к трудовым ресурсам, возводит профессиональную компетентность персонала в ранг основных производственных ценностей. В соответствии с этим в сфере профильного инженерного образования складывается новая культура профессиональной подготовки. Для этого необходим «переход от прежней содержательно-знаниево-предметной ориентации образовательного процесса к компетентностной» [4, с. 128]. Компетенции выпускника вуза, выбранные в качестве образовательных нормативов, без учета требований профессиональных стандартов, предстают уже как недостаточная мера качества инженерного образования.

Федеральную норму качества образования отражают государственные образовательные стандарты. Наряду с этим вузам предоставлена определенная свобода в формировании образовательных целей в соответствии с социально-экономическими особенностями региональной профильной сферы производства. Профессиональные стандарты при этом ориентируют внутривузовское нормирование результата образования на конкретные требования профильного сообщества потенциальных работодателей региона.

Критерием выбора конкретного профессионального стандарта с целью актуализации основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по определенному направлению подготовки является область будущей профессиональной деятельности выпускника вуза [5]. Но в содержании профессиональных стандартов понятие «область профессиональной деятельности» не используется. Ввиду этого выбор конкретного профессионального стандарта для актуализации ОПОП целесообразно осуществлять на основе анализа трудовых функций, описание которых входит обязательным структурным элементом в состав каждого профессионального стандарта.

Структуру профессионального стандарта составляют следующие элементы [5]:

- наименование и краткое описание вида профессиональной деятельности;
- описание трудовых функций и трудовых действий с представлением уровней квалификации;
- перечень возможных должностей и требования к уровню образования;
- квалификационные требования (требования к знаниям и умениям, необходимым для выполнения трудовых функций).

Макет профессионального стандарта, представляющий его структурный состав, административно утвержден. Однако, известны случаи, когда структура отдельных профессиональных стандартов отличается от утвержденного макета. В таких случаях разработчикам образовательных нормативов (компетенций выпускника) рекомендуется обращаться за консультациями к разработчикам данного профессионального стандарта [3].

В соответствии с «Общероссийским классификатором видов экономической деятельности» выпускникам вуза, прошедшим подготовку по направлению 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, соответствуют следующие виды профессиональной деятельности: техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей (код 50.20.1); техническое обслуживание и ремонт прочих автотранспортных средств (код 50.20.2). В виду этого актуализация основной профессиональной образовательной программы может быть выполнена на основании профессиональных стандартов следующих групп: транспорт (группа 17); сервис, оказание услуг населению (группа 33). Среди совокупности профессиональных стандартов, представленных в национальном реестре, стандарты этих групп наиболее соответствуют областям и объектам профессиональной деятельности, указанным в ФГОС по данному направлению подготовки.

В качестве критерия выбора конкретного профессионального стандарта может быть использовано соответствие описания трудовых функций на автообслуживающих предприятиях, представленных в профессиональном стандарте и видов профессиональной деятельности и профессиональных задач выпускника вуза, установленных ФГОС [22]. Например, основанием выбора профессионального стандарта являются следующие обобщенные трудовые функции:

- монтаж, ремонт, наладка, регулировка, диагностика и испытания мехатронных систем;
- контроль качества выполнения предпродажной подготовки, технического обслуживания и ремонта автомобиля.

Также основание для выбора профессионального стандарта составляют описания трудовых функций, например:

- определение ремонтпригодности, методов ремонта кузова и деталей (при выполнении трудовых действий, состоящих в разработке предложений по совершенствованию методов ремонта в зависимости от выявленных дефектов);



- организация и проведение работ по обслуживанию оборудования при технологической подготовке автообслуживающего производства (при выполнении трудовых действий, состоящих в монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования автосервисного предприятия);

- разработка предложений по технологической подготовке автообслуживающего производства (при выполнении трудовых действий, состоящих в анализе потребности в оборудовании и материалах для подготовки производства);

- организация и проведение работ по технологическому перевооружению производства (при выполнении трудовых действий, направленных на организацию и проведение работ по внедрению новых технологических процессов, оборудования и материалов).

Однако, формирование образовательных нормативов (компетенций выпускника) с учетом профессиональных стандартов не всегда может быть выполнено их прямым соотношением с формулировками трудовых функций, представленных в профессиональных стандартах. В силу того, что образовательные нормативы как требования к результату образования формулируются значительно шире, чем требования профессиональных стандартов к компетенциям работника. Поэтому для обеспечения актуализации образовательных нормативов, представляемых в разрабатываемой ОПОП, необходимо выполнение комплексного анализа представленных в профессиональном стандарте как трудовых функций, так и квалификационных характеристик.

Также необходимо учитывать, что профессиональными стандартами не может быть представлен исчерпывающе полный объем образовательных целей – компетенций выпускника. В силу того, что основная профессиональная образовательная программа вуза, в отличие от профессионального стандарта, предполагает обеспечение фундаментальности и научности подготовки выпускника высшей школы. Очевидно, что решение этой дидактически и методически сложной педагогической проблемы не может входить в круг компетентности потенциального работодателя автотранспортного профиля. При этом проблема сопряжения вузовской подготовки и профессиональных стандартов перемещается в другую плоскость – плоскость содержания образовательного процесса: определения перечня учебных дисциплин, выбора методов обучения и образовательных технологий, обеспечивающих необходимый уровень фундаментальности предоставляемого вузом образования. С тем, чтобы на этой основе обеспечить освоение обучающимися нормативно установленной совокупности компетенций, в том числе обусловленных профессиональными стандартами.

Профессиональные стандарты не содержат требований к морально-этической сфере компетентности работника. В то время, как наряду с другими, функцией высшей школы является «социализация выпускников, повышение возможности людей участвовать в социально-экономической и культурной жизни общества» [3, с.8]. В качестве основы для актуализации общекультурных компетенций выпускника, содержанием которых являются требования профессиональной этики, могут быть использованы описания трудовых функций, представленные в профессиональных стандартах.

Использование профессиональных стандартов в образовательном нормировании осложняется терминологическим различием их формулировок по отношению к формулировкам содержания компетенций выпускника как образовательных нормативов. В образовательном нормировании используются понятия «компетентность», «компетенции», «объекты, - виды профессиональной деятельности». Профессиональные стандарты оперируют понятиями «группы занятий», «трудовые функции», «обобщенные трудовые функции». Необходимо учитывать, что основание указанных различий заключается не только в формальном несовпадении формулировок, а именно в сущностном различии. В силу того, что компетенции выпускника представляют собой цели процесса образования и соответственно являются атрибутом социального института образования [6]. Требования же профессиональных стандартов, также выраженные в компетенциях, представляют собой атрибут социального института производства. Таким образом, необходимо учитывать, что компетенции выпускника и требования профессиональных стандартов в своей сущности разновекторно направленные понятия.

Существенным различием между требованиями профессиональных стандартов и образовательными нормативами, отражающими цели образования, является их ориентация на различные временные периоды. Профессиональные стандарты фиксируют посредством детального описания трудовых функций требования *настоящего времени* к персоналу предприятий и представляют сведения о необходимых для выполнения *этой* деятельности квалификаций. В то время как определение образовательных нормативов (даже при вузовском

образовательном нормировании) ориентировано на будущее технико-технологическое состояние профильного производства, минимум на 4-5 лет вперед. Ввиду этого можно сделать вывод о том, что при актуализации основных профессиональных образовательных программ ориентация на требования профессиональных стандартов необходима, но не может рассматриваться в качестве целевой функции образовательного нормирования.

В ходе вузовского образовательного нормирования результатов подготовки студентов по конкретному профессиональному направлению необходимо учитывать, что профессиональный стандарт представляет *общеотраслевые* требования к персоналу предприятия автотранспортного профиля. Эти требования могут дополняться в соответствии с потребностями регионального рынка труда, а также особенностями производственных процессов конкретных предприятий региона. Соответственно этому сведения, представляемые утвержденным на федеральном уровне профессиональным стандартом, не могут быть единственной информационной основой вузовского образовательного нормирования. Очевидно, что необходимо изучение требований к трудовым ресурсам профильного регионального рынка труда. Это обеспечит возможность установления таких нормативных требований к результату образования, которые в дальнейшем могут способствовать трудоустройству выпускников на конкретных профильных предприятиях региона.

При актуализации основной профессиональной образовательной программы в соответствии с профессиональными стандартами рекомендуется использование понятийного аппарата действующего ФГОС ВО [3].

Процесс перевода требований профессионального стандарта в нормативные требования к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы целесообразно осуществлять следующим образом.

На основе *характеристики профессиональной деятельности* выпускников, представленной в ФОГС ВО по данному направлению подготовки, выбирается профессиональный стандарт. При этом необходимо учитывать, что в профессиональных стандартах не используется понятие «область профессиональной деятельности». Поэтому выбор конкретного профессионального стандарта может осуществляться на основе анализа сведений, содержащихся в его разделе «Группа занятий» и разделе «Отнесение к видам экономической деятельности».

В отличие от ФГОС ВО в содержании профессиональных стандартов понятие «объект профессиональной деятельности» не используется. Ввиду этого при выборе профессионального стандарта необходимо учитывать сведения, представляемые в его разделе II «Описание трудовых функций, (функциональная карта вида профессиональной деятельности)» и разделе III «Характеристика обобщенных трудовых функций». При этом на основе экспертной оценки учитываются наиболее значимые объекты профессиональной деятельности.

Ориентируясь при выборе профессионального стандарта на содержание *профессиональных задач*, навыки решения которых должны быть освоены выпускниками вуза, целесообразно учитывать описание *трудовых функций*, представленных в рассматриваемом профессиональном стандарте.

Критериями выбора профессионального стандарта также является полное или частичное соответствие [3]:

- виду профессиональной деятельности, указанному в ФОГС ВО;
- уровня высшего образования (например - бакалавриат, магистратура), требуемому профессиональным стандартом уровню квалификации работника.

Приказом министерства труда и социальной защиты Российской Федерации утверждены уровни квалификации, «определяющие требования к умениям, знаниям, уровню квалификации, образованию работника в зависимости от его полномочий и возлагаемой ответственности. ... Уровни квалификации содержат описание следующих показателей: «Полномочия и ответственность», «Характер умений», «Характер знаний», «Основные пути достижения уровня квалификации» [2].

При внутривузовской разработке образовательных нормативов (компетенций выпускника вуза) рекомендуется учитывать следующие соотношения [3]. Уровень квалификации работника не ниже 6-го уровня соответствует уровню высшего образования – бакалавриат. При составлении ОПОП бакалавриата прикладной направленности рекомендуется ориентироваться на требования профессионального стандарта, соответствующие 5-му уровню квалификации. Уровень квалификации работника не ниже 7-го уровня соответствует уровню высшего образования – магистратура.

Актуализация ОПОП на основе соответствия требованиям к компетенциям инженер-

но-технического персонала региональной сферы профильного производства возможна в форме представления требуемых профессиональных компетенций выпускника вуза. Для этого, обращаясь к содержанию профессиональных стандартов, целесообразно рассмотреть структурный состав каждой обобщенной трудовой функции. Проанализировать описания, входящих в её состав отдельных трудовых функций. Затем на основании полученных сведений сформулировать содержание компетенций выпускника вуза, которые обеспечивают возможность реализации данных трудовых функций. Придавая профессиональным компетенциям статус образовательных нормативов, необходимо учитывать, что трудовые функции, представленные в профессиональном стандарте, отражают такую производственную деятельность, эффективность которой возрастает с увеличением трудового опыта.

Для обеспечения методологического единства целесообразно образовательные нормативы – компетенции выпускника, отражающие региональную компоненту основной профессиональной образовательной программы и установленные с учетом требований профессиональных стандартов, представлять в соответствии с принятым в ФОГС ВО, т. е. в форме компетенций общекультурных, профессиональных и профессионально-специализированных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Формирование Национальной системы квалификаций [Текст]: сборник нормативных документов / М.: Перо, 2014. - 72 с.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12. 12. 2013 г. № 148н.
3. Методические рекомендации по актуализации действующих федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования с учетом принимаемых профессиональных стандартов [Текст] / Утверждено министром образования и науки РФ Д.В. Ливановым 22. 01.2015г. №ДЛ – 02/05вн.URL: <http://fgosvo.ru/support/43/5/8/>.
4. Вербицкий, А.А. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции [Текст] / А.А. Вербицкий, О.Г. Ларионова. - М.:Логос, 2009. – 336 с.
5. О Правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов [Текст]. Постановление Правительства РФ от 22 янв. 2013г. № 23.
6. Букалова, Г.В. Концептуальные основания нормирования результата профессионального образования технического профиля [Текст]: монография / Г.В. Букалова. – Орёл: ФБГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», 2014. – 419 с.
7. Букалова, Г.В. Методологические основания анализа инженерной деятельности как основы нормирования результата профессионального образования [Текст] / Г.В. Букалова // Инженерное образование. – 2015. - №17 – С. 58-68.
8. Блинов, В.И. Профессиональные стандарты: от разработки к применению [Текст] / В.И. Блинов, О.Ф. Батрова, Е.Ю. Есенина, А.А. Факторович // Высшее образование в России. - 2015. - №4. - С. 5-14.
9. Сенашенко, В.С. О применении компетентностного подхода высшей школой и корпоративным и структурами. Сравнительный анализ [Текст] / В.С. Сенашенко, Т.Б. Медникова // Alma mater (Вестник высшей школы). - 2015. - №5. - С. 60-67.
10. Караваева, Е.В. Рекомендуемый алгоритм проектирования программ высшего образования [Текст] / Е.В. Караваева // Высшее образование в России. - 2014. - № 8-9. - С. 5-15.
11. Беспалько, В. П. Стандартизация образования: Основные идеи и понятия [Текст] / В.П. Беспалько // Педагогика. - 1993. - №5. – С. 16-25.
12. Зимняя, И.А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании [Текст] / И.А. Зимняя. - М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. - 42 с.
13. Байденко, В.И. Образовательный стандарт. Опыт системного исследования [Текст]: монография / В.И. Байденко. – Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 1999. – 440 с.
14. Российский работник: образование, профессия, квалификация [Текст]: монография / под ред. В.Е. Гимпельсона, Р.И. Капелюшникова; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. - 574 с.
15. Любимова, О.В. Основы образовательной стандартологии и нормологии [Текст]: монография / О.В. Любимова, О.Ф. Шихова. – Ижевск: ИжГТУ, 2009. – 184 с.
16. Панина, Т.С. Инновационной экономике - новую модель профессионального образования [Текст] / Т.С. Панина, Н. Павельева, С.А. Дочкин // Профессиональное образование. Столица. - 2010. - № 1. - С. 37-39.
17. 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.
18. Букалова, Г.В. Образовательные нормативы как средство декомпозиции профессиональных стандартов [Текст]: материалы 5-ой Международной научно-практической интернет-конференции / Г.В. Букалова, А.Н. Новиков // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса. - Орел: ФБГОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева». - 2016. - С. 349-357.
19. 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. - №3(38). – 2012. – С. 100-103.
20. Сайт Агентства стратегических инициатив. URL: [http://asi.ru/upload/iblock/489/DK\\_NSKK\\_22-04-](http://asi.ru/upload/iblock/489/DK_NSKK_22-04-)

2013\_v24.pdf.

21. Национальная доктрина образования. URL: sfedu.ru/docs/program\_razv/doctrina.doc/.
22. Сапронов, Ю.Г. О разработке основной профессиональной образовательной программы с учетом профессиональных стандартов [Текст] / Ю.Г. Сапронов, С.Г. Соловьев, Ю.Г. Асцатуров // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: ПГУ - №2 (53). – 2016. – С. 117-123.
23. Новиков, А.Н. Норма результата образования автотранспортного профиля в аспекте качественных характеристик трудовых ресурсов [Текст]: сборник статей VII Международной научно-технической конференции / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова; отв. Редактор Е.В.Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015). - Курск, 2015. - С. 153-159.
24. Васильева, В.В. Экологическое образование и воспитание в вузе [Текст]: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 7 частях / В.В. Васильева / Перспективы развития науки и образования ООО «АР-Консалт». - 2013. - С. 64-65.
25. 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.
26. Новиков, А.Н. Систематизация признаков и функций образовательных-педагогических норм [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Вестник ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». - 2011. - № 3 (48). - С. 7-11.
27. Алексеева, Е.Н. Развитие системы интернет-технологий в свете реализации болонского соглашения как средство совершенствования качества подготовки в системе высшего профессионального образования [Текст] / Е.Н. Алексеева // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. - 2014. - № 4. - С. 255-257.

**Букалова Галина Васильевна**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77  
Канд. пед. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»  
E-mail: srmostu@mail.ru

**Алексеева Елена Николаевна**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
Адрес: 302026, ул. Комсомольская, 95  
Канд. физ.-мат. наук, доцент

**Савчук Галина Васильевна**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
Адрес: 302026, ул. Комсомольская, 95  
Канд. филолог. наук, доцент кафедры «Русский язык»  
E-mail: kafirusogu@gmail.com

---

G.V. BUKALOVA, E.N ALEKSEEVA, G.V. SAVCHUK

## UPDATE EDUCATIONAL STANDARDS ON THE BASIS OF PROFESSIONAL STANDARDS

*The authors address the issue of the use of professional standards as the basis for updating the content of educational standards (university graduate competences), submitted to the basic professional educational program. The article presents the methodological updating this installation. Substantiates the essential difference between the professional and educational standards. The information about the legal basis of the application of professional standards.*

**Keywords:** professional standards, educational standards (competence), the essential differences, the legal basis, Intrahigh rationing, updating the basic professional educational programs, human resources.

### BIBLIOGRAPHY

1. Formirovanie Natsional`noy sistemy kvalifikatsiy [Текст]: sbornik normativnykh dokumentov / М.: Pero, 2014. - 72 s.
2. Prikaz Ministerstva truda i sotsial`noy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 12. 12. 2013 g. № 148n.
3. Metodicheskie rekomendatsii po aktualizatsii deystvuyushchikh federal`nykh gosudarstvennykh obrazovatel`nykh standartov vysshego obrazovaniya s uchetom prinimaemykh professional`nykh standartov [Текст] / Utverzhdeno ministrom obrazovaniya i nauki RF D.V. Livanovym 22. 01.2015g. №DL - 02/05vn.URL: http://fgosvo.ru/support/43/5/8/.
4. Verbitskiy, A.A. Lichnostnyy i kompetentnostnyy podkhody v obrazovanii: problemy integratsii [Текст] / A.A. Verbitskiy, O.G. Larionova. - М.:Logos, 2009. - 336 s.
5. О Pravilakh razrabotki, utverzhdeniya i primeneniya professional`nykh standartov [Текст]. Posta-novlenie Pravitel`stva RF ot 22 yanv. 2013g. № 23.
6. Bukalova, G.V. Kontseptual`nye osnovaniya normirovaniya rezul`tata professional`nogo obrazovaniya tekhnicheskogo profilya [Текст]: monografiya / G.V. Bukalova. - Oriol: FBGOU VPO «Gosuniversitet - UNPK», 2014. - 419 s.
7. Bukalova, G.V. Metodologicheskie osnovaniya analiza inzhenernoy deyatel`nosti kak osnovy normirovaniya

- rezul'tata professional'nogo obrazovaniya [Tekst] / G.V. Bukalova // Inzhenernoe obrazovanie. - 2015. - №17 - S. 58-68.
8. Blinov, V.I. Professional'nye standarty: ot razrabotki k primeneniyu [Tekst] / V.I. Blinov, O.F. Batrova, E.YU. Esenina, A.A. Faktorovich // Vysshee obrazovanie v Rossii. - 2015. - №4. - S. 5-14.
9. Senashenko, V.S. O primeneniі kompetentnostnogo podkhoda vysshey shkoly i korporativnym i struktural'mi. Sravnitel'nyy analiz [Tekst] / V.S. Senashenko, T.B. Mednikova // Alma mater (Vestnik vysshey shkoly). - 2015. - №5. - S. 60-67.
10. Karavaeva, E.V. Rekomenduemyy algoritm proektirovaniya programm vysshego obrazovaniya [Tekst] / E.V. Karavaeva // Vysshee obrazovanie v Rossii. - 2014. - № 8-9. - S. 5-15.
11. Bespal'ko, V. P. Standartizatsiya obrazovaniya: Osnovnye idei i ponyatiya [Tekst] / V.P. Bespal'ko // Pedagogika. - 1993. - №5. - S. 16-25.
12. Zimnyaya, I.A. Klyuchevye kompetentnosti kak rezul'tativno-tselevaya osnova kompetentnostnogo podkhoda v obrazovanii [Tekst] / I.A. Zimnyaya. - M.: Issledovatel'skiy tsentr problem kachestva podgotovki spetsialistov, 2004. - 42 s.
13. Baydenko, V.I. Obrazovatel'nyy standart. Opyt sistemnogo issledovaniya [Tekst]: monografiya / V.I. Baydenko. ? Novgorod: NovGU im. YAroslava Mudrogo, 1999. - 440 s.
14. Rossiyskiy rabotnik: obrazovanie, professiya, kvalifikatsiya [Tekst]: monografiya / pod red. V.E. Gimpel'sona, R.I. Kapelyushnikova; Nats. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». - M.: Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2011. - 574 s.
15. Lyubimova, O.V. Osnovy obrazovatel'noy standartologii i normologii [Tekst]: monografiya / O.V. Lyubimova, O.F. Shikhova. - Izhevsk: IzhGTU, 2009. - 184 s.
16. Panina, T.S. Innovatsionnoy ekonomike - novuyu model' professional'nogo obrazovaniya [Tekst] / T.S. Panina, N. Pavel'eva, S.A. Dochkin // Professional'noe obrazovanie. Stolitsa. - 2010. - № 1. - S. 37-39.
17. 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.
18. Bukalova, G.V. Obrazovatel'nye normativy kak sredstvo dekompozitsii professional'nykh standartov [Tekst]: materialy 5-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii / G.V. Bukalova, A.N. Novikov // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa. - Orel: FGBOU VO «OGU imeni I.S. Turgeneva». - 2016. - S. 349-357.
19. 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. - Orel: Gos-universitet UNPK. - №3(38). - 2012. - S. 100-103.
20. Sayt Aгенstva strategicheskikh initsiativ. URL: [http://asi.ru/upload/iblock/489/DK\\_NSKK\\_22-04-2013\\_v24.pdf](http://asi.ru/upload/iblock/489/DK_NSKK_22-04-2013_v24.pdf).
21. Natsional'naya doktrina obrazovaniya. URL: [sfedu.ru/docs/program\\_razv/doctrina.doc/](http://sfedu.ru/docs/program_razv/doctrina.doc/).
22. Sapronov, YU.G. O razrabotke osnovnoy professional'noy obrazovatel'noy programmy s uchetoм professional'nykh standartov [Tekst] / YU.G. Sapronov, S.G. Solov'ev, YU.G. Astsaturov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: PGU - №2 (53). - 2016. - S. 117-123.
23. Novikov, A.N. Norma rezul'tata obrazovaniya avtotransportnogo profilya v aspekte kachestvennykh kharakteristik trudovykh resursov [Tekst]: sbornik statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii / A.N. Novikov, G.V. Bukalova; otv. Redaktor E.V.Ageev // Sovremennyye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2015). - Kursk, 2015. - S. 153-159.
24. Vasil'eva, V.V. Ekologicheskoe obrazovanie i vospitanie v vuze [Tekst]: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v 7 chastyakh / V.V. Vasil'eva / Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya OOO «AR-Konsalt». - 2013. - S. 64-65.
25. 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.
26. Novikov, A.N. Sistematzatsiya priznakov i funktsiy obrazovatel'nykh-pedagogicheskikh norm [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Vestnik FGBOU VPO «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V.P. Goryachkina». - 2011. - № 3 (48). - S. 7-11.
27. Alekseeva, E.N. Razvitie sistemy internet-tekhnologiy v svete realizatsii bolonskogo soglasheniya kak sredstvo sovershenstvovaniya kachestva podgotovki v sisteme vysshego professional'nogo obrazovaniya [Tekst] / E.N. Alekseeva // Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnyye i sotsial'nye nauki. - 2014. - № 4. - S. 255-257.

**Bukalova Galina Vasil'evna**

FGBOU VO «Orlovsky name IS State University Turgenev»  
Address: 302030, Russia, Orel, st. Moscow, d. 77  
Ph.D., assistant professor of «Service and repair of vehicles»  
E-mail: [srmotu@mail.ru](mailto:srmotu@mail.ru)

**Alekseeva Elena Alekseeva**

FGBOU VO «Orlovsky name IS State University Turgenev»  
Address: 302026, Orel, st. Komsomolskaya, 95  
Kand. Sci. Sciences, Associate Professor

**Savchuk Galina Vasil'evna**

FGBOU IN «Orlovsky name IS State University Turgenev»  
Address: 302026, ul. Komsomolskaya, 95  
Kand. filolog.nauk, associate professor of «Russian Language»  
E-mail: [kafirusog@gmail.com](mailto:kafirusog@gmail.com)

УДК 656-027.5

Т.А. ВЛАСОВА, В.В. ВАСИЛЬЕВА, Е.Ф. ЗЛОБИН

## **МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ СУБЪЕКТОВ ЦФО)**

*В статье раскрыта роль транспортной системы как одного из факторов поступательного социально-экономического роста экономики России и доказана ее значимость в снижении уровня межрегиональной дифференциации отдельных субъектов страны. Предложен методический подход к оценке дифференциации развития самой транспортной системы, так же позволяющий комплексно оценить сбалансированность её функционирования.*

**Ключевые слова:** транспортная система, социально-экономическое развитие, показатели, кластерный анализ, дифференциация, регион.

Транспортная система является важнейшим элементом производственной инфраструктуры государства, обеспечивающим развитие национальной и мировой экономики. По мнению большинства исследователей, транспортная отрасль представляет собой сложнейшую социально-экономическую и техническую систему различных видов транспорта, имеющую определенную структуру в разрезе материально-технической базы, трудовых ресурсов, оборотных средств, провозных возможностей, финансово-экономических результатов деятельности каждого элемента в отдельности [1].

При этом в современных условиях экономического роста, транспорт рассматривается не только как отрасль, перевозящая людей и грузы, а прежде всего, как отраслевая система, меняющая базовые условия жизнедеятельности человека. Транспорт является важной составной частью социальной и производственной инфраструктуры любого региона. Вместе с другими отраслями инфраструктуры, транспорт обеспечивает основные условия жизнедеятельности общества, являясь базовым инструментом не только экономики, но и социальной сферы [2].

Кроме того, в последнее время возрастает роль транспортной системы как фундаментальной отрасли и в инновационном развитии экономики России [3]. Концепция модернизации отечественной экономики предусматривает в качестве важнейшей задачи организационное совершенствование, техническое перевооружение и качественное улучшение транспортного обслуживания бизнеса и населения России [4].

Транспортная политика формируется на основе целей и приоритетов социально-экономического развития государства. Их реализация требует обеспечить опережающее развитие транспорта по сравнению с развитием других отраслей экономики, эффективное функционирование и устойчивое развитие транспортной системы в соответствии с внешним и внутренним спросом на пассажирские и грузовые перевозки на основе организации безопасного и комфортного движения с минимальными затратами времени и ресурсов. Вместе с тем, основной целью транспортной политики государства является совершенствование и развитие транспортного комплекса для интеграции в европейскую транспортную систему, обеспечения экономического роста и спроса на пассажирские и грузовые перевозки, увеличения эффективности использования природно-ресурсного потенциала и повышения уровня жизни населения.

В течение последних лет Правительство РФ неоднократно стимулировало развитие транспортной отрасли, что подтверждается рядом важных документов, среди которых особое место занимают Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России

(2010 - 2020 годы)» и «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.» [5,6].

Заметим, что одним из атрибутивных свойств социально-экономических систем выступает их неоднородность, которая отражается в совокупности количественных индикаторов. Российские регионы в настоящее время существенно различаются по типу и темпам экономического развития, что обусловлено особенностями их экономико-географического положения, типом доминирующего хозяйственного уклада, состоянием природно-ресурсного потенциала, отраслевыми и воспроизводственными пропорциями, содержанием человеческого капитала, структурой институциональной среды и др. Поляризация экономического пространства содержит потенциальную угрозу дезинтеграции национальной экономики, становится причиной социальной напряженности. В этой связи возрастает значимость транспортной инфраструктуры, которая в национальной экономике и входящих в ее состав территориальных образований выполняет ряд важных функций, а именно: обеспечивает взаимосвязь между их функциональными элементами; выступает фактором внутрорегиональной и межрегиональной мобильности материальных и трудовых ресурсов, что способствует эффективной реаллокации ресурсов, повышению уровня связанности экономического пространства и созданию предпосылок для реализации пространственных эффектов. В свою очередь, транспортная инфраструктура является капиталоемким и инерционным сектором экономики, который развивается под влиянием соотношения спроса и предложения на транспортные услуги и продукцию, производимую с использованием ее объектов; объема валовых инвестиционных расходов; состояния партнерских отношений с участием государства и субъектов предпринимательства в реализации инвестиционных проектов и др. В этой связи оптимизация транспортно-логистического потенциала регионов может стать отправной точкой для снижения уровня межрегиональной экономической дифференциации и восстановления поступательного развития российской экономики [7].

Так же подчеркнем, что, несмотря на предпринимаемые со стороны государства меры, в настоящее время в регионах лишь в ограниченных случаях обеспечивается сбалансированное развитие всех доступных видов транспорта. Однако новые современные вызовы, когда инвестиционные ресурсы становятся менее доступными, а стоимость прочих ресурсов достаточно нестабильна, проблемы регионального развития в решающей степени зависят от активизации потенциала всех видов транспорта на принципах реализации их конкурентных преимуществ и мультимодальности [8].

Добавим, что в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. указано, что «Россия располагает всеми современными видами транспорта, размещение и структура ее транспортных коммуникаций в целом отвечают внутренним и внешним транспортно-экономическим связям страны, но нуждаются в существенном совершенствовании». Кроме того, в транспортной стратегии определены наиболее значимые проблемы среди которых несбалансированность развития единой транспортной системы России. Она включает в себя 3 наиболее важных составляющих: первая - это диспропорции в темпах и масштабах развития разных видов транспорта; вторая - это недостаточное развитие существующей транспортной инфраструктуры, наиболее остро проявляющееся в несоответствии уровня развития автомобильных дорог уровню автомобилизации и спросу на автомобильные перевозки, а также в наличии многочисленных «узких мест» на стыках отдельных видов транспорта; третья - это территориальная неравномерность развития транспортной инфраструктуры [6].

Указанные обстоятельства актуализируют проблему комплексного изучения и оценки дифференциации развития самой транспортной отрасли отдельных регионов.

Целью проведенного исследования является обоснование методического инструментария оценки дифференциации развития транспортной отрасли.

Объектом исследования послужила транспортная система Центрального Федерального округа России, которая является комплексным элементом всей экономической системы не только регионального, но национального и международного уровня, располагаясь в центре

России транспортная система ЦФО выступает важнейшей частью транспортного коридора Европа-Азия. Особое место ЦФО обусловлено не только её территориальным расположением, но и стабильно функционирующей и динамично развивающейся транспортной системой округа. Транспортная отрасль ЦФО представлена всеми видами транспорта, но при этом основной транспортной системы является автомобильный и железнодорожный транспорт.

Раскроем основные аспекты предлагаемой методики оценки дифференциации развития транспортной системы.

Объектами оценки выступают субъекты ЦФО Российской Федерации, ввиду исключительного положения г. Москва, данный регион нами не был включен в исследуемую совокупность, состав которой в итоге составил 17 субъектов.

В ходе отбора показателей для проведения оценки развития транспортной системы мы руководствовались рядом требований, среди которых: релевантность, информационная доступность и достоверность, четкость содержания, простота расчета, объективность. В связи с этим информационная база для проведения исследования базируется на расчетных официальных статистических данных [9, 10, 11], а авторский набор показателей для оценки включает следующие индикаторы:

- $X_1$  - число организаций транспорта в расчете на 1000 жителей, ед.;
- $X_2$  - удельный вес работников транспорта в численности занятых по экономике, %;
- $X_3$  - среднемесячная номинальная заработная плата работников транспорта, руб.;
- $X_4$  - средняя стоимость основных фондов по полной учетной стоимости в расчете на одну организацию, млн. руб.;
- $X_5$  - степень износа основных фондов, %;
- $X_6$  - доля прибыльных организаций транспорта, %;
- $X_7$  - плотность железнодорожных путей, км путей на 10000 км<sup>2</sup> территории;
- $X_8$  - отправлено грузов железнодорожным транспортом, млн. т.;
- $X_9$  - отправлено пассажиров железнодорожным транспортом, тыс. человек;
- $X_{10}$  - плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, км путей на 1000 км<sup>2</sup> территории;
- $X_{11}$  - перевозки грузов автомобильным транспортом, млн. т.;
- $X_{12}$  - грузооборот автомобильного транспорта, млн. т-км;
- $X_{13}$  - перевозки пассажиров автобусами, млн. человек;
- $X_{13}$  - пассажирооборот автобусов, млн. пасс-км;
- $X_{15}$  - число автобусов общего пользования на 100 000 человек населения, штук;
- $X_{16}$  - число дорожно-транспортных происшествий и пострадавших в них на 100 000 человек населения.

С учетом потенциально возможной разнородности и разнонаправленности показателей в качестве инструмента диагностической оценки нами выбран кластерный метод анализа, который дает понятные и легко интерпретируемые результаты. Как известно, основное назначение кластерного анализа заключается в разбиении множества исследуемых объектов на однородные группы или кластеры, сходные по определенным признакам.

Важной для нас особенностью кластерного анализа является возможность использования различных типов данных без всяких ограничений, в том числе возможность использовать исходные данные значительного объема и с широким перечнем изучаемых признаков не учитывая ограничения, связанные с незначительным числом объектов исследования. Еще одно преимущество кластерного анализа состоит в возможности проведения объективной и комплексной оценки отдельных образований по выбранным в процессе исследования показателям [12, 13]. Кластерный анализ был проведен на базе статистико-математического пакета «Statistica 8.0».

Заметим, что в целях обеспечения объективности оценки нами были определены среднегодовые значения кластерообразующих показателей за 2012-2014 гг., затем с целью предотвращения искажений, связанных с использованием значений признаков, изначально измеренных в различных единицах измерения проведена процедура стандартизации путем



вычитания среднего и деления на стандартное отклонение, что позволило признать все признаки равноценными с позиции выяснения сходства рассматриваемых объектов.

При проведении кластерного анализа были использованы 2 алгоритма кластеризации: иерархический и неиерархический. Первый алгоритм был использован для обоснования числа кластеров в ходе кластеризации совокупности по выбранным индикаторам. С учетом специфики данных кластеризация осуществлена методом Варда и использованием евклидовой метрики между объектами. В итоге была получена дендограмма, которая визуализирует, что исследуемая совокупность распределяется на 5 кластеров (рис. 1). Этот вывод подтверждает и полученный график зависимости между числом кластеров и величиной коэффициента слияния (рис. 2).

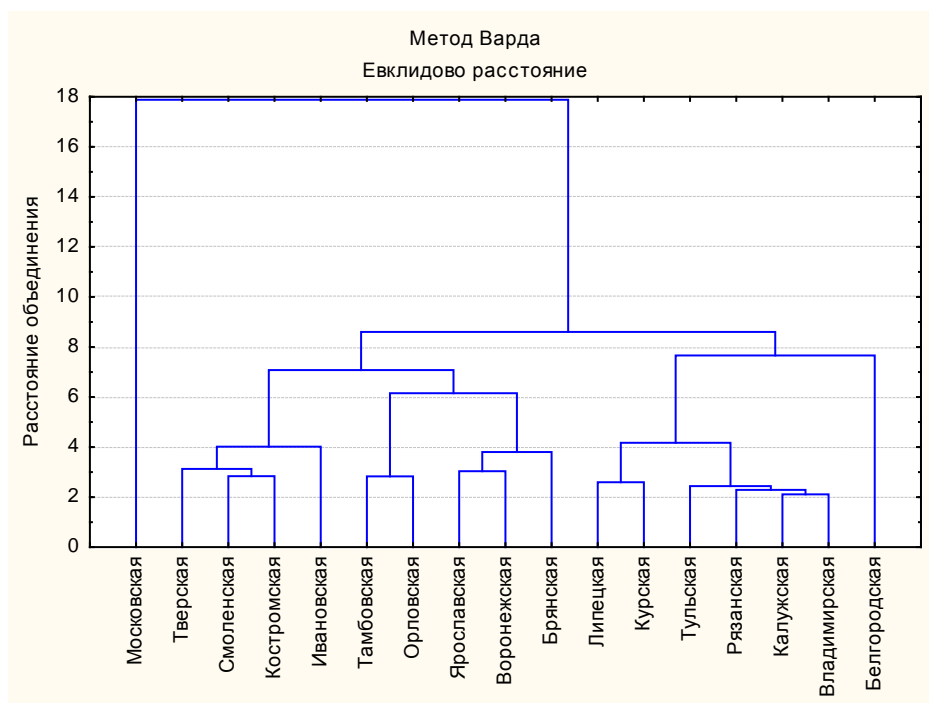


Рисунок 1 - Дендограмма распределения субъектов ЦФО по выбранным показателям оценки состояния транспортной системы

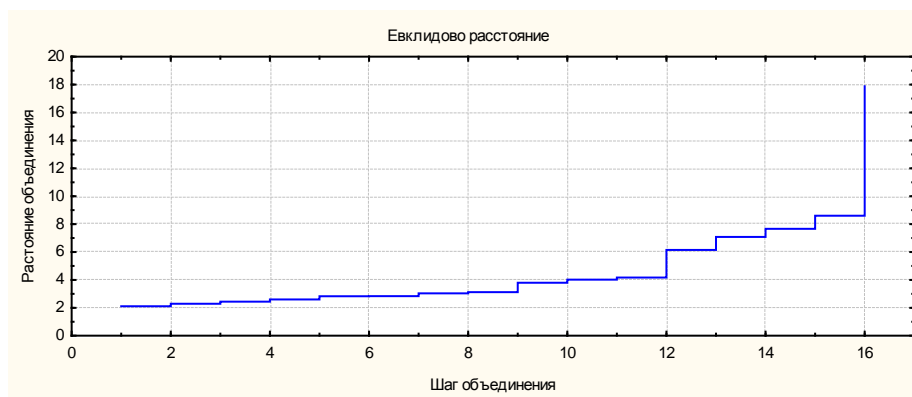


Рисунок 2 - График зависимости между числом кластеров и величиной коэффициента слияния, полученный в процессе кластеризации субъектов ЦФО по выбранным показателям оценки состояния транспортной системы

После установления числа кластеров нами был использован неиерархический алгоритм k-средних, который позволил сгруппировать объекты совокупности на 5 кластеров с

учетом того, что они должны быть различны настолько, насколько это возможно. Результаты кластеризации субъектов ЦФО отражены в таблице 1.

Таблица 1 - Устойчивые объединения регионов ЦФО, полученные на основе кластеризации по выделенным показателям оценки транспортной системы

№ кластера	Число регионов в кластере	Перечень регионов, вошедших в состав кластера
1	1	Московская область
2	1	Белгородская область
3	6	Владимирская область, Калужская область, Курская область, Липецкая область, Рязанская область, Тульская область
4	5	Ивановская область, Костромская область, Смоленская область, Тверская область, Ярославская область
5	4	Брянская область, Воронежская область, Орловская область, Тамбовская область

Значимость различий между группами и сближения внутри групп была проверена с помощью дисперсионного анализа результатов кластеризации. В таблице 3 приведены результаты дисперсионного анализа, где представлены значения межгрупповых и внутригрупповых дисперсий признаков, а так же значения F- статистики. Чем меньше значение внутригрупповой дисперсии и больше значение межгрупповой дисперсии, тем лучше признак характеризует принадлежность объектов к кластеру и тем «качественнее» кластеризация. Данные таблицы подтверждают, что выбранные нами для кластеризации показатели оптимально дискриминируют кластеры.

Таблица 2 - Дисперсионный анализ кластеризации

Показатели	Межгрупповая дисперсия	Число степеней свободы	Внутригрупповая дисперсия	Число степеней свободы	Значимость (F)	Уровень значимости (p)
X <sub>1</sub>	12,22219	4	3,777815	12	9,706	0,000967
X <sub>2</sub>	8,54393	4	7,456074	12	2,676	0,033440
X <sub>3</sub>	13,50908	4	2,490921	12	16,270	0,000086
X <sub>4</sub>	12,15392	4	3,846082	12	9,480	0,001072
X <sub>5</sub>	8,88248	4	7,117523	12	3,744	0,033561
X <sub>6</sub>	9,53549	4	6,464513	12	2,072	0,047840
X <sub>7</sub>	13,89120	4	2,108800	12	19,762	0,000033
X <sub>8</sub>	10,44360	4	5,556402	12	5,639	0,008624
X <sub>9</sub>	15,98352	4	0,016479	12	2909,711	0,000000
X <sub>10</sub>	12,92378	4	3,076217	12	12,604	0,000295
X <sub>11</sub>	13,40992	4	2,590076	12	15,532	0,000108
X <sub>12</sub>	15,04277	4	0,957227	12	47,145	0,000000
X <sub>13</sub>	13,75284	4	2,247162	12	18,360	0,000047
X <sub>14</sub>	13,78551	4	2,214487	12	18,675	0,000043
X <sub>15</sub>	10,42380	4	5,576198	12	5,608	0,008796
X <sub>16</sub>	10,79749	4	5,202509	12	6,226	0,005967

Наглядно средние стандартизированные значения по полученным кластерам представлены на рисунке 3.

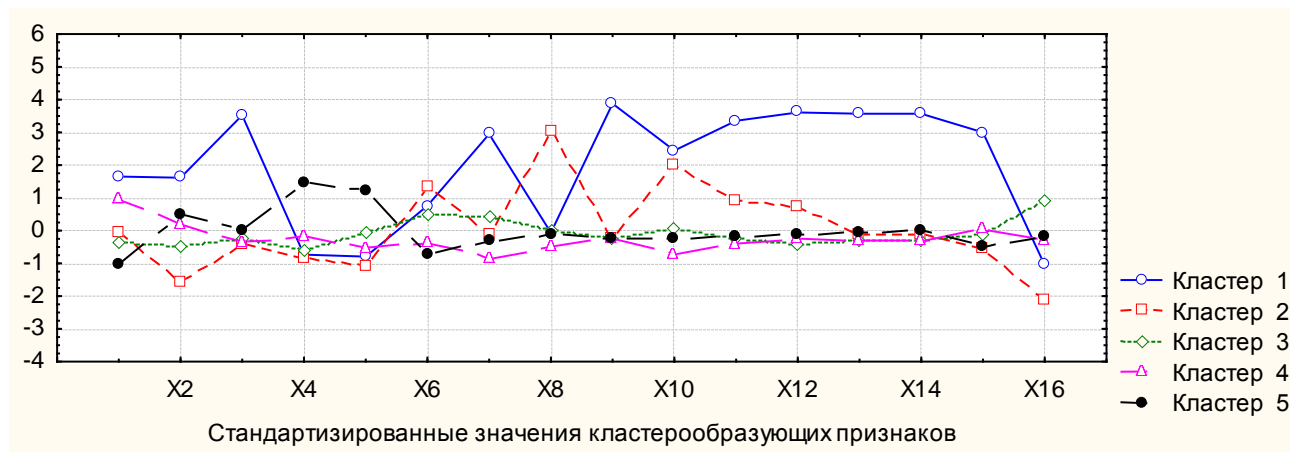


Рисунок 3 - Распределение нормированных значений кластерообразующих средних показателей при разбиении на 5 кластеров

Раскроем содержательную характеристику полученных кластеров, которые включают регионы с разным уровнем развития транспортной системы.

Так, в состав первого кластера вошел один субъект ЦФО – Московская область, большинство показателей развития транспортной системы которой по понятным причинам значительно опережают значения показателей остальных субъектов ЦФО. Отметим, при этом, что уровень показателей средней стоимости основных фондов в расчете на одну организацию и степень их износа в Московской области ниже, чем в среднем по всей совокупности. Существенно не отличается от других субъектов уровень отправки грузов железнодорожным транспортом. Уровень числа ДТП и пострадавших в них в Московской области является одним из самых низких по субъектам ЦФО.

Второй кластер представлен одной Белгородской областью, удельный вес работников транспорта в численности занятых по экономике которой является самым малым во всей рассматриваемой совокупности. Так же самыми низкими по совокупности являются значения показателей среднемесячной заработной платы работников транспорта, стоимости основных фондов в расчете на одну организацию и степени их износа, но при этом доля прибыльных организаций транспорта в Белгородской области является самой существенной среди всех субъектов ЦФО. По сравнению с другими регионами, за исключением Московской области, более высокими показателями характеризуется развитие автомобильной составляющей транспортной системы. Отличительной особенностью Белгородской области является самое низкое значение числа ДТП и пострадавших в них по сравнению со всеми субъектами ЦФО.

Третий кластер является наиболее представительным и включает 6 субъектов: Владимирскую, Калужскую, Курскую, Липецкую, Рязанскую и Тульскую области. Большинство показателей данного кластера характеризуются средними значениями изучаемых показателей, выше средних по совокупности являются показатели удельного веса прибыльных организаций транспорта и плотности железнодорожных путей, а так же автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием. При этом в регионах данного кластера самые высокие значения показателей числа ДТП и пострадавших в них.

В состав четвертого кластера вошло 5 субъектов: Ивановская, Костромская, Смоленская, Тверская и Ярославская области. Регионы данного кластера отличает сравнительно большое число организаций транспорта в расчете на 1000 жителей и высокое значение удельного веса работников транспорта в численности занятых по экономике. Процент прибыльных организаций транспортной отрасли в указанных областях является сравнительно низким в сравнении с другими объектами совокупности. Регионы кластера отличает низкая плотность железнодорожных путей, а так же автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием. Соответственно, в регионах данного кластера одни из самых низких значения показателей отправки грузов и пассажиров как автомобильным, так и железнодорожным транспортом. Но при этом, самые высокие значения показателя числа автобусов общего пользования на 100 000 чел. населения.

Пятый кластер представлен Брянской, Воронежской, Орловской и Тамбовской областями, которые в первую очередь отличают самое низкое значение показателя числа организаций транспорта в расчете на 1000 жителей и самый низкий процент прибыльных организаций транспортной отрасли. При этом, удельный вес работников транспорта в численности занятых по экономике и их среднемесячная заработная плата выше, чем в среднем по совокупности. Значения остальных показателей незначительно варьируют от средних значений по совокупности, за исключением показателя числа автобусов общего пользования на 100 000 чел. населения, который наряду со значением данного показателя в Белгородской области является самым низким по исследуемому округу.

Таким образом, в результате проведения процедуры кластеризации по авторскому набору показателей-индикаторов нами были определены 5 типов субъектов ЦФО, дифференцированных по уровню состояния и развития транспортной системы.

Система программных мероприятий по развитию транспортной системы регионов ориентирована на повышение объемов перевозок грузов и пассажиров, преодоление сложившихся региональных и отраслевых диспропорций в её развитии, повышение качества и набора услуг, предоставляемых всем участникам транспортного процесса. В свою очередь оптимизация и модернизация транспортной составляющей субъектов России, и ЦФО в частности является основой для нивелирования уровня межрегиональной социально-экономической дифференциации регионов в целом.

Предложенный алгоритм проведения может быть использован в качестве методической основы межрегиональной оценки развития транспортной системы. Естественно, что данный подход является лишь приемом проведения предварительной диагностической экспресс-оценки, не требующей специально исследования и больших трудовых затрат. Но именно оценка подобного рода является отправным пунктом проведения и развития дальнейших исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эйлер, Л.В. Теоретическое осмысление интеграционных процессов на транспорте (на примере автомобильного транспорта) [Текст] / Л.В. Эйлер // Вестник Томского государственного университета. - 2012. - № 365. - С.125-132.
2. Кузнецов, Ю.Ю. Роль транспортной инфраструктуры в развитии региональной экономики [Текст] / Ю.Ю. Кузнецов // Российское предпринимательство. - 2013. - № 2(24). - С.85-90.
3. Мингалёва, Ж.А. Государственные инвестиции в инфраструктуру как фактор регионального экономического развития [Текст] / Ж.А. Мингалёва, Е.В. Подгорнова // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. - 2010. - № 96. - С.115-119.
4. Сыбачин, С.А. Транспортная отрасль России как основа инновационного развития экономики страны [Текст] / С.А. Сыбачин // Транспортное дело. - 2010. - №12. - С.229-231.
5. О Федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010 - 2020 годы)» [Текст]: Постановление Правительства Российской Федерации от 05 дек. 2001 г. № 848 (ред. от 05.05.2013) // Официальный сайт Минтранса России [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023) (дата обращения: 30.09.2016).
6. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. [Текст]: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 нояб. 2008 г. № 1734-р // Официальный сайт Минтранса России [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023) (дата обращения: 30.09.2016).
7. Назарычев, Д.В. Модернизация автотранспортной системы региона как императив его устойчивого экономического развития [Текст] / Д.В. Назарычев // Российское предпринимательство. - 2014. - № 14 (260). - С. 49-60.
8. Иванов, М.В. Развитие транспортной инфраструктуры региона: факторы, направления, инструментарий оценки [Текст]: дис.... канд. экон. наук. - Нижний Новгород, 2016. - 169 с.
9. Российский статистический ежегодник. 2015 [Текст]: стат.сб. / М.: Росстат, - 2015. - 728 с.
10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015 [Текст]: стат. сб. / М.: Росстат, 2015. - 1266 с.
11. Транспорт и связь в России. 2014 [Текст]: стат.сб. / М.: Росстат, 2014. - 114 с.
12. Everitt, B.S. Cluster analysis. Fifth Edition [Text] / B.S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl. - U.K: John Wiley & Sons, 2011. - 346 p.
13. Власова, Т.А. Применение кластерного анализа при определении приоритетных направлений

развития малых форм хозяйствования в аграрном секторе экономики (на примере Орловской области) [Текст] / Т.А. Власова, Т.А. Волобуева // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – №18 (369). – С.50-59.

14. Новиков, А.Н. Инновационная политика и экономическая составляющая развития ОАО «Автоваз» [Текст] / А.Н. Новиков, С.В. Баранова, Ю.Н. Баранов // Экономические и гуманитарные науки. - 2014. - № 10 (273). - С. 18-27.

15. Новиков, А.Н. Управление перевозками грузов автомобильным транспортом в современных условиях [Текст]: материалы международной научно-практической конференции / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте. - 2015. - С. 247-252.

16. Голенков, В.А. Подготовка кадров для инновационного развития транспортного комплекса [Текст] / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 3 (42). - С. 100-106.

17. Novikov, A.N. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems [Text] / A.N. Novikov, V.V. Vasileva, A.A. Katunin // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2014.- № S5. - С. 49-51.

18. Новиков, А.Н. Анализ и оценка эффективности предпринимательской деятельности бизнес-субъектов автотранспортного комплекса России [Текст] / А.Н. Новиков, С.В. Баранова, Ю.Н. Баранов // Управленческий учет. - 2015. - № 12. - С. 37-46.

19. Новиков, А.Н. Прикладные статистические исследования в области анализа ценовой ситуации на рынке легковых автомобилей Российской Федерации [Текст] / А.Н. Новиков, С.В. Баранова, Ю.Н. Баранов // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 4 (51). - С. 132-140.

20. Баранова, С.В. Автомобильный сектор экономики как структурный элемент финансовых отношений и образовательного менеджмента [Текст] / С.В. Баранова, А.Н. Новиков, М.И. Суганова // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - № 3 (54). - С. 129-139.

21. Черкасова, И.С. Изучение уровня жизни населения в центральном федеральном округе [Текст] / И.С. Черкасова, Т.А. Власова // Экономика и социум. - 2013. - № 3 (8). - С. 785-788.

**Власова Татьяна Александровна**

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Адрес: 308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

Канд. экон. наук, доцент кафедры «Управление персоналом»

E-mail: vlasova-84@inbox.ru

**Васильева Виктория Владимировна**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

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

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

E-mail: vivaorel57@gmail.com

**Евгений Федорович Злобин**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

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

Д-р экон. наук, профессор кафедры «Менеджмент»

T.A. VLASOVA, V.V. VASIL'EVA, E.F. ZLOBIN

**METHODOLOGICAL TOOLS FOR EVALUATION  
THE DIFFERENTIATION OF DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT  
SYSTEM (FOR EXAMPLE, THE SUBJECTS OF THE  
CENTRAL FEDERAL DISTRICT)**

*The article reveals the role of the transport system as a factor in sustainable socio-economic growth of the Russian economy and its proven importance in reducing the level of interregional differentiation of separate regions of the country. The methodical approach to assessment of differentiation of development of the transport system, as well allowing to evaluate the balance of its development.*

**Keywords:** transport system, socio-economic development indicators, cluster analysis, differentiation, region.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Eyler, L.V. Teoreticheskoe osmyslenie integratsionnykh protsessov na transporte (na primere avtomobil'nogo transporta) [Tekst] / L.V. Eyler // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2012. - № 365. - S.125-132.
2. Kuznetsov, YU.YU. Rol' transportnoy infrastruktury v razvitii regional'noy ekonomiki [Tekst] / YU.YU. Kuznetsov // Rossiyskoe predprinimatel'stvo. - 2013. - № 2(24). - S.85-90.
3. Mingaleva, ZH.A. Gosudarstvennye investitsii v infrastrukturu kak faktor regional'nogo ekonomicheskogo razvitiya [Tekst] / ZH.A. Mingaleva, E.V. Podgornova // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. - 2010. - № 96. - S.115-119.
4. Sybachin, S.A. Transportnaya otrasl' Rossii kak osnova innovatsionnogo razvitiya ekonomiki strany [Tekst] / S.A. Sybachin // Transportnoe delo. - 2010. - №12. - S.229-231.
5. O Federal'noy tselevooy programme «Razvitie transportnoy sistemy Rossii (2010 - 2020 gody) [Tekst]: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 05 dek. 2001 g. № 848 (red. ot 05.05.2013) // Ofitsial'nyy sayt Mintransa Rossii [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023) (data obrashcheniya: 30.09.2016).
6. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 g. [Tekst]: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyab. 2008 g. № 1734-r // Ofitsial'nyy sayt Mintransa Rossii [Elektronnyy resurs]. URL:[http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=20611&list=23695,22371,20611,19188,13008,13009,13026,13016,13028,13023) (data obrashcheniya: 30.09.2016).
7. Nazarychev, D.V. Modernizatsiya avtotransportnoy sistemy regiona kak imperativ ego ustoychivogo ekonomicheskogo razvitiya [Tekst] / D.V. Nazarychev // Rossiyskoe predprinimatel'stvo. - 2014. - № 14 (260). - S. 49-60.
8. Ivanov, M.V. Razvitie transportnoy infrastruktury regiona: factory, napravleniya, instrumentariy otsenki [Tekst]: dis... kand. ekon. nauk. - Nizhniy Novgorod, 2016. - 169 s.
9. Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik. 2015 [Tekst]: stat.sb. / M.: Rosstat, - 2015. - 728 s.
10. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2015 [Tekst]: stat. sb. / M.: Rosstat, 2015. - 1266 s.
11. Transport i svyaz' v Rossii. 2014 [Tekst]: stat.sb. / M.: Rosstat, 2014. - 114 s.
12. Everitt, B.S. Cluster analysis. Fifth Edition [Text] / B.S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl. - U.K: John Wiley & Sons, 2011. - 346 p.
13. Vlasova, T.A. Primenenie klaster'nogo analiza pri opredelenii prioritnykh napravleniy razvitiya malyykh form khozyaystvovaniya v agrarnom sektore ekonomiki (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst] / T.A. Vlasova, T.A. Volobueva // Ekonomicheskiiy analiz: teoriya i praktika. - 2014. - №18 (369). - S.50-59.
14. Novikov, A.N. Innovatsionnaya politika i ekonomicheskaya sostavlyayushchaya razvitiya OAO «Avtovaz» [Tekst] / A.N. Novikov, S.V. Baranova, YU.N. Baranov // Ekonomicheskie i gumanitarnye nauki. - 2014. - № 10 (273). - S. 18-27.
15. Novikov, A.N. Upravlenie perevozkami gruzov avtomobil'nym transportom v sovremennykh usloviyakh [Tekst]: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii / A.N. Novikov, A.A. Katunin, A.N. Semkin; pod obshechey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnyye tekhnologii i innovatsii na transporte. - 2015. - S. 247-252.
16. Golenkov, V.A. Podgotovka kadrov dlya innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa [Tekst] / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 3 (42). - S. 100-106.
17. Novikov, A.N. Application of environmental monitoring systems as part of intelligent transport systems [Text] / A.N. Novikov, V.V. Vasileva, A.A. Katunin // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2014. - № 55. - S. 49-51.
18. Novikov, A.N. Analiz i otsenka effektivnosti predprinimatel'skoy deyatel'nosti biznes-sub'ektov avto-transportnogo kompleksa Rossii [Tekst] / A.N. Novikov, S.V. Baranova, YU.N. Baranov // Upravlencheskiy uchët. - 2015. - № 12. - S. 37-46.
19. Novikov, A.N. Prikladnyye statisticheskie issledovaniya v oblasti analiza tsenovoy situatsii na rynke legkovykh avtomobiley Rossiyskoy Federatsii [Tekst] / A.N. Novikov, S.V. Baranova, YU.N. Baranov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - № 4 (51). - S. 132-140.
20. Baranova, S.V. Avtomobil'nyy sektor ekonomiki kak strukturnyy element finansovykh otnosheniy i obrabotatel'nogo menedzhmenta [Tekst] / S.V. Baranova, A.N. Novikov, M.I. Suganova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - № 3 (54). - S. 129-139.
21. Cherkasova, I.S. Izuchenie urovnya zhizni naseleniya v tsentral'nom federal'nom okruge [Tekst] / I.S. Cherkasova, T.A. Vlasova // Ekonomika i sotsium. - 2013. - № 3 (8). - S. 785-788.

**Vlasova Tat'iana Aleksandrovna**

FGAOU VO «Belgorod State National Research University» («BelSU»)

Address: 308015, Russia, Belgorod, Pobedy St., 85

Cand. of econ. science, associate professor, Department of human resource management

E-mail: vlasova-84@inbox.ru

**Vasileva Viktoriya Vladimirovna**

FGBOU VO «Orel state University named after I. S. Turgenev»

Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya St., 77

Cand. tech. sciens, associate professor of the Department «Service and repair of vehicles»

E-mail: vivaorel57@gmail.com

**Zlobin Evgeni Fyodorovich**

FGBOU VO «Orlovsky name IS State University Turgenev»

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Dr. Econ., professor of «Management»

## 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 4 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*

Наличие библиографического списка (не менее 20-ти источников, самоцитирование – не более 6 источников) обязательно!

С полной версией требований к оформлению научных статей, а также архивом журнала Вы можете ознакомиться на сайте <http://oreluniver.ru>.

*Плата с аспирантов за опубликование статей не взимается.*

*Адрес учредителя:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95  
Тел. +7(4862)420024  
Факс +7(4862)416684  
www.oreluniver.ru  
E-mail: unpk@ostu.ru

*Адрес редакции:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
302030, г. Орел, ул. Московская, 77  
Тел. +7 905 856 6556  
www.oreluniver.ru  
E-mail: srmostu@mail.ru

Технический редактор, корректор,  
компьютерная верстка И. В. Акимочкина

Подписано в печать 12.12.2016 г.  
Дата выхода в свет 11.01.2017 г.  
Формат 70x108 1/16. Усл. печ. л. 9  
Тираж 500 экз. Цена свободная.  
Заказ № 02/17п1

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе ОГУ имени И.С. Тургенева  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.