

**Редакционный совет:**

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

**Пилипенко О.В.** д-р техн. наук, проф.,

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

**Астафичев П.А.** д-р юр. наук, проф.,

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

**Иванова Т.Н.** д-р техн. наук, проф.,

**Колчунов В.И.** д-р техн. наук, проф.,

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

**Новиков А.Н.** д-р техн. наук, проф.,

**Попова Л.В.** д-р экон. наук, проф.,

**Степанов Ю.С.** д-р техн. наук, проф.

**Главный редактор:**

**Новиков А.Н.** д-р техн. наук, проф.

**Заместители главного редактора:**

**Катунин А.А.** канд. техн. наук, доц.

**Васильева В.В.** канд. техн. наук, доц.

**Редакция:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Адрес редакции:**

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

Тел. +7 (9058) 566556

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

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

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

Свидетельство: ПИ № ФС77-47352 от 03.11.2011г.

Подписной индекс: **16376**

по объединенному каталогу «Пресса России»

© Госуниверситет-УНПК, 2016

## Содержание

### Эксплуатация, ремонт, восстановление

|  |    |
|--|----|
| <i>Е.В. Агеева, Н.Н. Карпенко, А.С. Осьминина</i> Восстановление шкворня поворотного кулака автомобиля гальваническими покрытиями с использованием вольфрамсодержащих электроэрозионных нанопорошков.....                  | 3  |
| <i>А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев</i> Использование сверхзвукового электродугового напыления и плазменного электролитического оксидирования для восстановления деталей транспорта.....                                    | 9  |
| <i>В.Н. Абрамов, А.Г. Гербер, В.Б. Каспаров</i> Моделирование напряженно - деформированного состояния автомобильных шин при отсутствии в них избыточного давления воздуха.....   | 14 |
| <i>В.С. Гунба, С.С. Кутовой</i> Модель и методика обоснования технологических процессов ремонта по техническому состоянию двигателей автомобильной техники.....  | 23 |
| <i>В.И. Чернышев, О.В. Фоминова</i> Оптимизационные задачи управления системами вибрационной безопасности.....   | 30 |
| <i>М.Ю. Елагин, Е.М. Сидоров</i> Приближенное проектирование ротационных пневматических двигателей.....  | 39 |
| <i>Г.В. Барсуков, Т.А. Журавлева, О.Г. Кожус</i> Применение наномодифицированного абразива для гидроабразивного резания элементов кузова автомобилей из стеклопластика.....  | 45 |
| <i>Е.В. Агеев, Е.А. Воробьев, А.Ю. Алтухов</i> Совершенствование технологии восстановления коленчатого вала двигателя камаз-740 плазменно-порошковой наплавки путем применения порошковых электроэрозионных материалов.... | 53 |

### Технологические машины

|  |    |
|--|----|
| <i>А.А. Пугачев</i> Определение тепловых сопротивлений обмотки статора асинхронного двигателя..... | 62 |
|--|----|

### Безопасность движения и автомобильные перевозки

|   |    |
|---|----|
| <i>Н.И. Николаев, С.К. Филатов</i> Анализ работы службы такси в российском малом городе.....  | 68 |
| <i>А.А. Кураксин</i> Методика оценки адекватности транспортных динамических мультимодальных моделей мезоуровня.....                       | 77 |
| <i>Д.А. Дрючин, А.Ф. Фаттахова</i> Определение параметров дорожной инфраструктуры на основе анализа данных тахографического контроля..... | 83 |
| <i>В.Н. Басков, А.Р. Рейн</i> Оценка влияния транспортных факторов на состояние водителя в процессе работы.....                           | 91 |
| <i>Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, А.Ю. Алтухов</i> Совершенствование организации пассажирских перевозок на маршрутах г. Курска.....      | 98 |

### Вопросы экологии

|   |     |
|---|-----|
| <i>Н.А. Давыдов, В.Б. Джерихов, А.В. Новожилова</i> Присадки к топливу, уменьшающие дымность и токсичность отработавших газов дизельных двигателей..... | 105 |
| <i>В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, С.А. Ляпин, Ю.Н. Ризаева</i> Сложные саморазвивающиеся транспортные системы.....  | 110 |

### Образование и кадры

|  |     |
|--|-----|
| <i>Ю.Г. Сапронов, С.Г. Соловьев, Ю.Г. Асцатуров</i> О разработке основной профессиональной образовательной программы с учетом профессиональных стандартов..... | 117 |
| <i>Е.А. Алдошина, А.В. Алдошин, Л.И. Иванина</i> Самопознание инженерных кадров в пространстве физической культуры: специфика и проблема активизации.....      | 123 |

### Экономика и управление

|   |     |
|---|-----|
| <i>В.А. Гавриков, Е.С. Юдина</i> Анализ развития конкуренции на рынке городских пассажирских перевозок..... | 132 |
|---|-----|



The scholarly  
journal  
A quarterly review

№ 2(53) 2016

April - June

# World transport and technological machinery

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

|   |   |
|---|---|
| <p><i>Editorial Council:</i><br/><b>V.A. Golenkov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i><br/><b>O.V. Pilipenko</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i><br/><b>S.Y. Radchenko</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i><br/><i>Vice-Chairman</i><br/><b>P.A. Astafichev</b> <i>Doc. Law., Prof.,</i><br/><b>M.I. Borzenkov</b> <i>Can. Eng., Prof.,</i><br/><b>T.N. Ivanova</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i><br/><b>V.I. Kolchunov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i><br/><b>I.S. Konstantinov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i><br/><b>A.N. Novikov</b> <i>Doc. Eng., Prof.,</i><br/><b>L.I. Popova</b> <i>Doc. Ec., Prof.,</i><br/><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>E.V. Ageeva, N.N. Karpenko, A.S. Os'minina</i> <b>The use of copper edm the nanopowder in the galvanic coatings of piston rings</b>..... 3</p> <p><i>A.V. Kolomeychenko, V.N. Logachev</i> <b>A supersonic electric arc spraying and plasma electrolytic oxidation to restore details of transport</b>..... 9</p> <p><i>V.N. Abramov, A.G. Gerber, V.B. Kasparov</i> <b>Modeling tense - a deformed conditions of the car buses in the absence of in them surplus pressure of the air</b>..... 14</p> <p><i>V.S. Gunba, S.S. Kutovoi</i> <b>Model and techniques of substantiating the technological processes of repair according to the technical condition of motor vehicle engines</b>... 23</p> <p><i>V.I. Chernyshev, O.V. Fominova</i> <b>The optimization problem of control vibrating systems security</b>..... 30</p> <p><i>M.Yu. Elagin, E.M. Sidorov</i> <b>The approximate design of rotary pneumatic engines</b>.. 39</p> |
| <p><i>Editor-in-Chief</i><br/><b>A.N. Novikov</b> <i>Doc.Eng., Prof</i><br/><i>Associates Editor</i><br/><b>A.A. Katunin</b> <i>Can.Eng.</i><br/><b>V.V. Vasileva</b> <i>Can.Eng.</i></p>   | <p><i>G.V. Barsukov, T.A. Zhuravleva, O.G. Cover</i> <b>Application nanomodified abrasives waterjet cutting cell structure car fiberglass</b>..... 45</p> <p><i>E.V. Ageev, E.A. Vorob'ev, A.Yu. Altukhov</i> <b>Perfection of technology of restoration the crankshaft of the engine kamaz-740 of plasma-powder surfacing by applying on-roshkovykh spark erosion of materials</b>..... 53</p>   |
| <p><i>Editorial Board:</i><br/><b>E.V. Ageev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>I.E. Agureev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>A.V. Bazhinov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Ukraine)</i><br/><b>V.N. Baskov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>E.V. Bondarenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>U. Brannolte</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Germany)</i><br/><b>V. Bialy</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Poland)</i><br/><b>E.S. Vencel</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Ukraine)</i><br/><b>V.M. Vlasov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>S.N. Glagolev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>V.B. Gorovic</b> <i>Doc.Eng., Prof. (USA)</i><br/><b>M. Demic</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Serbia)</i><br/><b>A.S. Denisov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>V.A. Korchagin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>I.V. Makarova</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>L.G. Martychenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>A.A. Mitusov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Kazakhstan)</i><br/><b>V.V. Nordin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>O. Prentkovskis</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Lithuania)</i><br/><b>P. Pribyl</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Czech Republic)</i><br/><b>A.E. Pushkarev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>A.N. Rementsov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>V.I. Sarbaev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>L.A. Sivachenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Belarus)</i><br/><b>R.G. Habibullin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i><br/><b>D.A. Yungmeyster</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i></p> | <h3 style="text-align: center;">Technological Machinery</h3> <p><i>A.A. Pugachev</i> <b>Determination thermal resistance stator winding asynchronous motors</b>..... 62</p>   |
| <p><i>Person in charge for publication:</i><br/><b>I.V. Akimochkina</b><br/><i>Editorial Board Address:</i><br/>302030, Russia, Orel, Moskovskaya Str., 77<br/>Tel. +7 (9058) 566556<br/><a href="http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm">http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm</a><br/>E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a></p>   | <h3 style="text-align: center;">Road safety and road transport</h3> <p><i>N.N. Nikolaev, S.K. Filatov</i> <b>Analysis of the taxi service functioning in the russian towns</b>..... 68</p> <p><i>A.A. Kuraksin</i> <b>Method of assessment of the adequacy of transport multimodal dynamic models mesolevel</b>..... 77</p> <p><i>D.A. Dryuchin, A.f. Fattakhova</i> <b>Determination of parameters road infrastructure based on data analysis of control tachograph</b>..... 83</p> <p><i>V.N. Baskov, A.R. Rein</i> <b>Assessment of transport driver factors on status during work</b>..... 91</p> <p><i>L. P. Kuznetsova, B. A. Semenikhin, A. Y. Altuhov</i> <b>Improving the organization of passenger traffic on the routes of kursk</b>..... 98</p>   |
| <p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate PI № FS77- 47352 of November 03 2011</p>   | <h3 style="text-align: center;">Ecological Problems</h3> <p><i>N.A. Davydov, V.B. Dzhherihov, A.V. Novozhilova</i> <b>Fuel additives that reduce smoke and toxicity of exhaust gases of diesel engines</b>..... 105</p> <p><i>V. A. Korchagin, A. N. Novikov, S. A. Lyapin, Yu. N. Rizaeva</i> <b>Complex self-developing transport system</b>..... 110</p>   |
| <p>Subscription index: <b>16376</b><br/>in a union catalog "The Press of Russia"</p>  | <h3 style="text-align: center;">Education and Personnel</h3> <p><i>YU.G. Saprionov, S.G. Solovyev, Yu.G. Astsaturov</i> <b>The development of basic education professional-enforcement program in view of seasoned professional stan-dart</b>..... 117</p> <p><i>E.A. Aldoshin, A.V. Aleshin, L.I. Ivonina</i> <b>Self engineering training in space physical education: specificity and problem activation</b>..... 123</p>  |
| <p>© State University-ESPC, 2016</p>  | <h3 style="text-align: center;">Economics and Management</h3> <p><i>V.A. Gavrikov, E.S. Yudina</i> <b>Analysis of competition on the market of city passenger</b>..... 132</p>  |

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 621.357.77

Е.В. АГЕЕВА, Н.Н. КАРПЕНКО, А.С. ОСЬМИНИНА

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ШКВОРНЯ ПОВОРОТНОГО КУЛАКА АВТОМОБИЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ НАНОПОРОШКОВ

*В статье изложены основные положения восстановления шкворня поворотного кулака, гальваническими покрытиями, а именно железнением, с использованием порошка вольфрамсодержащей стали.*

**Ключевые слова:** шкворень поворотного кулака, восстановление, вольфрамсодержащие электроэрозионные нанопорошки, композиционные гальванические покрытия.

В настоящее время количество автомобилей в России ежегодно возрастает на 5,5%, в связи с этим увеличивается роль ремонтных предприятий. Главной задачей, данных предприятий должно быть максимально возможное снижение себестоимости ремонта деталей автомобиля. В сфере ремонтного фонда были проведены исследования, которые показывают, что зачастую приблизительно 25% деталей являются изношенными, около 20-45% являются годными и оставшиеся 30-55% деталей автомобилей являются пригодными для восстановления. На данный момент большинство ремонтных предприятий и автосервисов имеет большое число различных способов восстановления изношенных деталей [1-4].

Одними из наиболее перспективных технологий восстановления и упрочнения изношенных деталей автомобилей являются хромирование и железнение. Учитывая, что при хромировании могут быть наращены покрытия толщиной до 0,2-0,5 мм, а при железнении – 1,0-1,5 мм и даже более, то процесс железнения обеспечивает возможность восстановления деталей практически при любой величине их износа. Именно поэтому, железнение нашло более широкое применение в авторемонтном производстве для восстановления изношенных деталей автомобильной техники, в отличие от хромирования, в этом и заключается актуальность работы [5].

Применение для восстановления изношенных деталей гальванических методов нанесения покрытий, в первую очередь связано с использованием вольфрамсодержащей стали, которые способствует значительному повышению их долговечности. Процесс железнения имеет хорошие технико-экономические показатели: низкая стоимость сырья; высокий (85-95%) выход металла по току; высокая (0,2-0,5 мм / ч) скорость осаждения железа; толщина твердого покрытия может достигать 1,0-1,5 мм; возможность получить широкий спектр покрытий (микротвердость 1,6...7,8 ГПа), в зависимости от их назначения определяется универсальность процесса; высокая износостойкость покрытия, которая близка к износостойкости закаленной стали; наличие достаточно низкой себестоимости восстановления деталей [6].

Целью настоящей работы являлось восстановление и упрочнение шкворня поворотного кулака автомобиля гальваническими покрытиями с использованием вольфрамсодержащих электроэрозионных нанопорошков.

Объектом реновации служил шкворень автомобиля ЗиЛ-431410, представленный на рисунке 1.

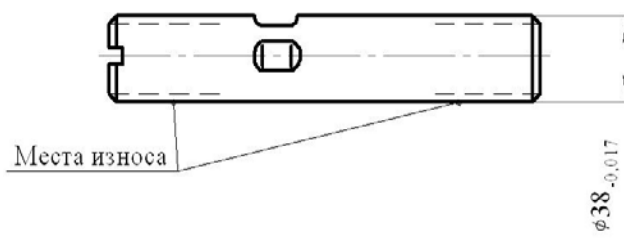


Рисунок 1 – Шкворень поворотного кулака

Гальваническое покрытие получали при переносе металла из раствора электролита на деталь. Этот процесс проходит при пропускании через раствор электролита электрического тока. В роли катода выступала деталь (шкворень), а в роли анода — металлическая пластина.

При постановке экспериментов применяли растворимые аноды, которые изготавливали из малоуглеродистой стали. Из анода по мере растворения в ходе электролиза выпадает шлам. Чтобы электролит не загрязнился, анод помещали в мешок из шерстяной ткани.

Изменяя концентрацию компонентов и температуру электролита, а также плотность тока, получали покрытия с разными свойствами. Например, при электролите с малой концентрацией и низкой температурой и при большой плотности тока получали тонкое, но достаточно твердое покрытие.

Электролит железнения приготавливали из водного раствора хлористого железа 200...680 г/л и небольшого количества соляной кислоты 1...3 г/л. В качестве упрочняющей фазы использовали электролит-суспензию на основе железа, включающего вольфрамсодержащий порошок нанодисперсии. Данный порошок получали из отходов сверл марки Р6М5 методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД). Отходы загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью — дистиллированной водой. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение материала отходов с образованием дисперсных частиц вольфрамсодержащего порошка [7-23]. Исследование полученных порошков выполнено на растровом электронном микроскопе «QUANTA 600 FEG». При помощи растровой электронной микроскопии имеется возможность непосредственного анализа частиц порошка с достаточно высоким разрешением. В растровом электронном микроскопе достигается большая глубина фокуса, что позволяет наблюдать объемное изображение изучаемой структуры (рис. 2).

Для отделения нанодисперсии от общей массы порошка использовали центрифугу.

Гальваническим способом, с использованием порошка, полученного методом ЭЭД из отходов вольфрамсодержащей стали, а именно железнением восстанавливали изношенные шкворни поворотного кулака автомобиля ЗиЛ-431410. Ввиду того, что размер частиц порошка вольфрамсодержащей стали менее 1 мкм, а сам процесс нанесения покрытий, как правило, не занимает более одного часа (из-за высокой скорости осаждения железа), то достаточно предварительного перемешивания электролита-суспензии перед осаждением покрытия. При этом отсутствует необходимость в постоянном направленном перемещении частиц порошка к катоду, чем повышается устойчивость процесса, а, следовательно, увеличивается его технологичность и снижается себестоимость.

Техпроцесс восстановления шкворня поворотного кулака автомобиля ЗиЛ-431410 с использованием электроэрозионного порошка.

1. Деталь – шкворень поворотного кулака автомобиля ЗиЛ-431410. Размеры детали: диаметр 38 мм; длина 195 мм.
2. Очистка детали от загрязнений и продуктов коррозии.
3. Механическая обработка поверхностей, подлежащих восстановлению.
4. Изоляция мест детали, не подлежащих железнению. Для защиты этих мест от контакта с электролитом их изолируют так называемым цапон-лаком (раствором целлулоида в ацетоне).

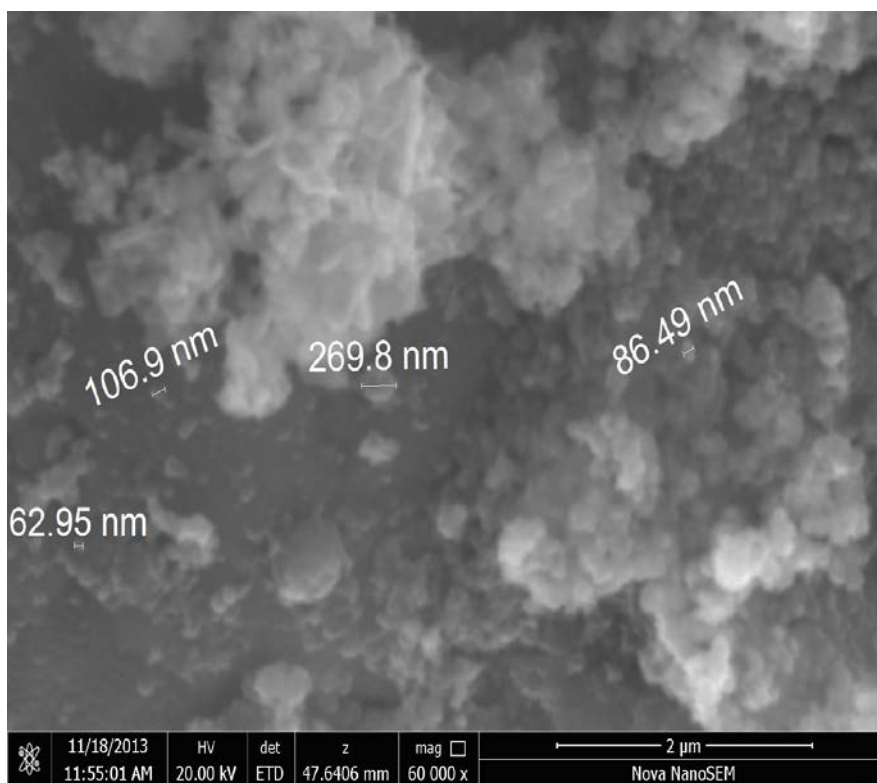


Рисунок 2 – Порошок вольфрамсодержащей стали (увеличение 60000)

5. Обезжиривание. В ремонтном производстве обезжиривание деталей перед железнением принято производить венской известью или карбидным илом. Кашицей из извести протирают места, которые предполагается подвергать железнению, затем детали промывают холодной водой. Качество обезжиривания считается хорошим, если вода равномерно растекается по поверхности детали и не собирается в отдельные капли.

6. Анодное травление. Эта операция проводится для удаления с поверхности детали окисных пленок и выявления ее исходной структуры, продолжением которой будет электролитическое железо. Время обработки определяется визуально: обработку можно считать достаточной после того как поверхность деталей слегка потемнеет от образовавшейся оксидной пленки. После анодного травления подвеска с деталями промывается в холодной воде.

7. Нанесение композиционного гальванического покрытия: электролит железнения: хлористое железо ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) – 300 г/л, соляная кислота (HCl) – 0,8–1,5 г/л.; дисперсная фаза – порошок, полученный методом ЭЭД из отходов, размером менее 1 мкм; температура ванны 80°C; время обработки в зависимости от толщины наносимого покрытия. Ванна гальваническая, установка гальваническая.

8. Промыть пальцы водой.

9. Провести нейтрализацию шкворня поворотного кулака автомобиля в щелочной ванне: электролит: каустическая сода – 250 г/л, кальцинированная сода – 100 г/л, жидкое стекло – 10 г/л.; температура ванны 65–75°C; сила тока 40 А/дм<sup>2</sup>; время обработки 0,5–2 мин.

Исследования показали, что использование в качестве дисперсной фазы композиционных гальванических покрытий высокотвердых и износостойких нанопорошков вольфрамсодержащей стали сферической формы, позволяет повысить износостойкость покрытий шкворня поворотного кулака автомобиля ЗИЛ-431410 (в зависимости от режима нанесения покрытий и концентрации нанопорошка в полученных покрытиях) в среднем в 1,8 раза и увеличить их ресурс до 60 %, а также уменьшить стоимость нанесения покрытия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, Е.В. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов спеченных твердых сплавов [Текст]: монография / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский и др. - Курск: Изд-во Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2010. – 91 с.
2. Агеев, Е.В. Восстановление и упрочнение деталей машин композиционными гальваническими покрытиями [Текст]: монография / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский и др. – Курск: Изд-во Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2011. – 75 с.
3. Состав и свойства порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов [Текст]: монография / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, Семенихин Б.А. и др. - Курск: Изд-во ЮЗГУ, 2011. – 123 с.
4. 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.
5. Агеев, Е.В. Применение порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении деталей автотракторной техники композиционными гальваническими покрытиями [Текст] / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Б.А. Семенихин и др. // Курск: Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 4. – С. 73–75.
6. Агеев, Е.В. Оценка эффективности применения твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении деталей композиционными гальваническими покрытиями / Е.В. Агеев и др. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 9. – С. 30–32.
7. Агеев, Е.В. Повышение эксплуатационных показателей восстановленных деталей автомобилей на основе научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, материалов и устройств [Текст] / Е.В. Агеев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 1. – С. 32–41.
8. Ageev, E.V. Fabrication and Investigation of Carbide Billets from Powders Prepared by Electroerosive Dispersion of Tungsten-Containing Wastes / E.V. Ageev, R.A. Latypov // Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2014, Vol. 55, No. 6, pp. 577–580.
9. Ageev, E.V. Investigation into the Properties of Electroerosive Powders and Hard Alloy Fabricated from Them by Isostatic Pressing and Sintering / E.V. Ageev, R.A. Latypov, E.V. Ageeva // Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2015, Vol. 56, No. 1, pp. 52–62.
10. Ageeva, E.V. Nanopowder Produced from High-Speed Steel Waste by Electrospark Dispersion in Water / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, V.Yu. Karpenko // Russian Engineering Research, 2015, Vol. 35, No. 3, pp. 189–190.
11. Агеев, Е.В. Получение порошков из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования [Текст] / Е.В. Агеев // Электрометаллургия. – 2011. – № 10. – С. 24–27.
12. Агеев, Е.В. Исследование микротвердости порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава и используемых при восстановлении и упрочнении деталей автотракторной техники [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. – 2011. – Вып. № 1. – С. 78–80.
13. Агеев, Е.В. Исследование гранулометрического состава порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава и используемых при восстановлении и упрочнении деталей автотракторной техники [Текст] / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, В.И. Серебровский и др. // Вестник Курской ГСХА. – 2010. – № 4. – С. 76–79.
14. Агеев, Е.В. Оценка эффективности применения порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении коленчатых валов двигателей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой [Текст] / Е.В. Агеев, В.В. Серебровский, Б.А. Семенихин и др. // Вестник Курской ГСХА. – 2010. – № 5. – С. 77–80.
15. Агеев, Е.В. Исследование производительности процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева и др. // Известия КурскГТУ. – 2010. – № 4. – С. 76–82.
16. Агеев, Е.В. Исследование химического состава порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева и др. // Известия ЮЗГУ. – 2011. – № 5-1. – С. 138–144.
17. Агеев, Е.В. Порошки, полученные электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, – перспективный материал для восстановления деталей автотракторной техники [Текст] / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Е.В. Агеева и др. // Известия ЮЗГУ. – 2012. – № 1. – С. 182–189.
18. Агеев, Е.В. Метод получения наноструктурных порошков на основе системы WC–Co и устройство для его осуществления [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2010. – № 5. – С. 39–43.
19. Латыпов, Р.А. Состав и свойства порошков из отходов твердых сплавов BK8 и T15K6, полученных электроэрозионным диспергированием [Текст] / Р.А. Латыпов, А.Б. Коростелев, Е.В. Агеев и др. // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2010. – № 7. – С. 2–7.
20. Пат. 2424382 Российская Федерация, МПК C25D 15/00. Электролит-суспензия на основе железа для получения износостойких покрытий на детали машин, включающий нанопорошок на основе карбида вольфрама [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. – № 2009138955/02; заявл. 21.10.2009; опубл. 20.07.2011. Бюл. № 20.
21. Новиков, А.Н. Ремонт деталей из алюминия и его сплавов [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков. - Орел: ОГСХА, 1997. - 57 с.

22. Пат. 2119420 Российская Федерация, МПК 6В 23Р 6/00 А. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов [Текст] / Новиков А.Н.; заявитель и патентообладатель Орловская государственная сельскохозяйственная академия. - № 96100566/02; заявл. 10.01.96; опубл. 27.09.98.

23. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук (05.20.03) / Новиков Александр Николаевич; Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. - М., 1999. - 37 с.

**Агеева Екатерина Владимировна**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Фундаментальная химия и химическая технология»

E-mail: ageeva-ev@yandex.ru

**Карпенко Наталья Николаевна**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Магистрант

E-mail: mosssik@yandex.ru

**Осьминина Анастасия Сергеевна**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Студент

E-mail: aso95@yandex.ru

E. V. AGEEVA, N. N. KARPENKO, A. S. OS'MININA

## THE USE OF COPPER EDM THE NANOPOWDER IN THE GALVANIC COATINGS OF PISTON RINGS

*The article describes the preparation of copper electroplating for piston rings, modified nanoparticles electroerosive copper and study of the obtained coating.*

**Keywords:** copper nanopowders, spark erosion dispersion, plating, wear cylinder engines, hardness, burnpiston rings.

### BIBLIOGRAPHY

1. Ageev, E.V. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtotraktorной tekhniki plazmenno-poroshkovoy naplavkoy s ispol'zovaniem poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergировaniem otkhodov spechennykh tverdykh splavov Tekst : monografiya / E.V. Ageev, V.I. Serebrovskiy i dr. Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-kh. ak., 2010. - 91 s.
2. Ageev, E.V. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley mashin kompozitsionnymi gal'vanicheskimi pokrytiyami Tekst : monografiya / E.V. Ageev, V.I. Serebrovskiy i dr. - Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-kh. ak., 2011. 75 s.
3. Ageev, E.V. Sostav i svoystva poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergировaniem otkhodov tverdykh splavov Tekst : monografiya / E.V. Ageev, R.A. Latypov, Semenikhin B.A. i dr. - Kursk: YUgo-Zap. gos. un-t, 2011. - 123 s.
4. Gadalov, V.N. Metallografiya metallov, poroshkovykh materialov i pokrytiy, poluchennykh elektro-iskrovymi sposobami Tekst : monografiya / V.N. Gadalov, V.G. Sal'nikov, E.V. Ageev i dr. - M.: INFRA-M, 2011. - 468 s.
5. Ageev, E.V. Primenenie poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergировaniem otkhodov tverdykh splavov, pri vosstanovlenii i uprochnenii detaley avtotraktorной tekhniki kompozitsionnymi gal'vanicheskimi pokrytiyami [Tekst] / E.V. Ageev, V.N. Gadalov, B.A. Semenikhin i dr. // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. -2010. -№ 4. - S. 73-75.
6. Ageev, E.V. Otsenka effektivnosti primeneniya tverdospilavnykh poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergировaniem otkhodov tverdykh splavov, pri vosstanovlenii i uprochnenii detaley kompozitsionnymi gal'vanicheskimi pokrytiyami / E.V. Ageev i dr. // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2011. - № 9. - S. 30-32.
7. Ageev, E.V. Povyshenie ekspluatatsionnykh pokazateley vosstanovlennykh detaley avtomobiley na osnove nauchno obosnovannykh resursosberegayushchikh tekhnologiy, materialov i ustroystv [Tekst] / E.V. Ageev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1. - S. 32-41.
8. Ageev, E.V. Fabrication and Investigation of Carbide Billets from Powders Prepared by Electroerosive Dispersion of Tungsten-Containing Wastes / E.V. Ageev, R.A. Latypov // Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2014, Vol. 55, No. 6, pp. 577-580.
9. Ageev, E.V. Investigation into the Properties of Electroerosive Powders and Hard Alloy Fabricated from Them by Isostatic Pressing and Sintering / E.V. Ageev, R.A. Latypov, E.V. Ageeva // Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2015, Vol. 56, No. 1, pp. 52-62.
10. Ageeva, E.V. Nanopowder Produced from High-Speed Steel Waste by Electrospark Dispersion in Water / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, V.Yu. Karpenko // Russian Engineering Research, 2015, Vol. 35, No. 3, pp. 189-190.
11. Ageev, E.V. Poluchenie poroshkov iz otkhodov tverdykh splavov metodom elektroerozionnogo dispergировaniya [Tekst] / E.V. Ageev // Elektrometallurgiya. - 2011. - № 10. - S. 24-27.

12. Ageev, E.V. Issledovanie mikrotverdosti poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava i ispol'zuemykh pri vosstanovlenii i uprochnenii detaley avtotraktorной tekhniki [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenikhin, R.A. Latypov // Vestnik FGOU VPO MGAU. Agroiuzheneriya. - 2011. - Vyp. № 1. - S. 78-80.

13. Ageev, E.V. Issledovanie granulometricheskogo sostava poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava i ispol'zuemykh pri vosstanovlenii i uprochnenii detaley avto-traktorной tekhniki [Tekst] / E.V. Ageev, V.N. Gadalov, V.I. Serebrovskiy i dr. // Vestnik Kurskoy GSHA. - 2010. - № 4. - S. 76-79.

14. Ageev, E.V. Otsenka effektivnosti primeneniya poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh splavov, pri vosstanovlenii i uprochnenii kolenchatykh valov dvigateley avto-traktorной tekhniki plazmenno-poroshkovoy naplavkoy [Tekst] / E.V. Ageev, V.V. Serebrovskiy, B.A. Semenikhin i dr. // Vestnik Kurskoy GSHA. - 2010. - № 5. - S. 77-80.

15. Ageev, E.V. Issledovanie proizvoditel'nosti protsessa polucheniya poroshkov metodom elektroerozionnogo dispergirovaniya [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenikhin, E.V. Ageeva i dr. // Izvestiya KurskGTU. - 2010. - № 4. - S. 76-82.

16. Ageev, E.V. Issledovanie khimicheskogo sostava poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenikhin, E.V. Ageeva i dr. // Izvestiya YUZGU. - 2011. - № 5-1. - S. 138-144.

17. Ageev, E.V. Poroshki, poluchennye elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh splavov, ? perspektivnyy material dlya vosstanovleniya detaley avtotraktorной tekhniki [Tekst] / E.V. Ageev, V.N. Gadalov, E.V. Ageeva i dr. // Izvestiya YUZGU. - 2012. - № 1. - S. 182-189.

18. Ageev, E.V. Metod polucheniya nanostrukturnykh poroshkov na osnove sistemy WC-Co i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenikhin, R.A. Latypov // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2010. - № 5. - S. 39-43.

19. Latypov, R.A. Sostav i svoystva poroshkov iz otkhodov tverdykh splavov VK8 i T15K6, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem [Tekst] / R.A. Latypov, A.B. Korostelev, E.V. Ageev i dr. // Vse materia-ly. Entsiklopedicheskii spravochnik. - 2010. - № 7. - S. 2-7.

20. Pat. 2424382 Rossiyskaya Federatsiya, MPK S25D 15/00. Elektrolit-suspenziya na osnove zheleza dlya polucheniya iznosostoykikh pokrytiy na detali mashin, vklyuchayushchiy nanoporoshok na osnove karbida vol'frama [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenikhin, R.A. Latypov; zayavitel' i potentoobladatel' Kursk. gos. tekhn. un-t. - № 2009138955/02; zayavl. 21.10.2009; opubl. 20.07.2011, Byul. № 20.

21. Novikov, A.N. Remont detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst]: uchebnoe posobie / A.N. Novikov. - Orel: OGSHA, 1997. - 57 s.

22. Pat. 2119420 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 6B 23P 6/00 A. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst] / Novikov A.N.; zayavitel' i patentoobladatel' Orlovskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. - № 96100566/02; zayavl. 10.01.96; opubl. 27.09.98.

23. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk (05.20.03) / Novikov Aleksandr Nikolaevich; Moskovskiy gosudarstvennyy agroiuzhener-nyy universitet imeni V.P. Goryachkina. - M., 1999. - 37 s.

**Ageeva Ekaterina Vladimirovna**

FGBOU VO «South-West state University»

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

Kand. tehn. professor of «The fundamental chemistry and chemical technology»

E-mail: ageeva-ev@yandex.ru

**Karpenko Natalia Nikolaevna**

FGBOU VO «South-West state University»

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

Undergraduate

E-mail: natali030119891@yandex.ru

**Os'minina Anastasia Sergeevna**

FGBOU VO «South-West state University»

Address: 305040, g. Kursk, 50 October, 94

Student

E-mail: aso95@yandex.ru



УДК 621.664:669.715

А.В. КОЛОМЕЙЧЕНКО, В.Н. ЛОГАЧЕВ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХЗВУКОВОГО ЭЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЫЛЕНИЯ И ПЛАЗМЕННОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТА

*В работе представлена комбинированная технология восстановления на примере подшипниковых и поджимных обойм шестеренных насосов типа НШ-К сверхзвуковым электродуговым напылением с последующим упрочнением плазменным электролитическим оксидированием (ПЭО), которая позволяет в 1,5...2 раза увеличить ресурс восстановленных агрегатов по сравнению с новыми. Технология включает следующие операции: очистка деталей; дефектация; механическая обработка до выведения следов изнашивания; подготовка под напыление; сверхзвуковое электродуговое напыление; механическая обработка с припуском под ПЭО; обезжиривание упрочненных поверхностей; ПЭО; механическая обработка упрочняющего покрытия; наполнение пор упрочняющего покрытия смазочным материалом; контроль.*

**Ключевые слова:** технология, восстановление, шестеренный насос, подшипниковая обойма, поджимная обойма, сверхзвуковое электродуговое напыление, плазменное электролитическое оксидирование.

На транспорте таком, как специальные автомобили, погрузчики, автогрейдеры и т.д. широко используются шестеренные насосы типа НШ-К. В результате изнашивания они часто теряют свое работоспособное состояние. Дефектация подшипниковых и поджимных обойм шестеренных насосов НШ-67А показала, что основной износ, приводящий к потере ими работоспособного состояния, приходится на поверхности в соединении с цапфами шестерен. Износ на сторону подшипниковых обойм достигает 3,0 мм, а поджимных – 1,0 мм. По внешнему виду изношенные поверхности характеризуется наличием глубоких рисок и задиоров (рис. 1, 2).

На основании комплекса проведенных исследований разработана комбинированная технология восстановления с упрочнением изношенных рабочих поверхностей, которая включает: очистку деталей; дефектацию; механическую обработку до выведения следов изнашивания; подготовку под напыление; сверхзвуковое электродуговое напыление; механическую обработку с припуском под ПЭО; обезжиривание упрочняемых поверхностей; ПЭО; механическую обработку упрочняющего покрытия; наполнение пор упрочняющего покрытия смазочным материалом; контроль.

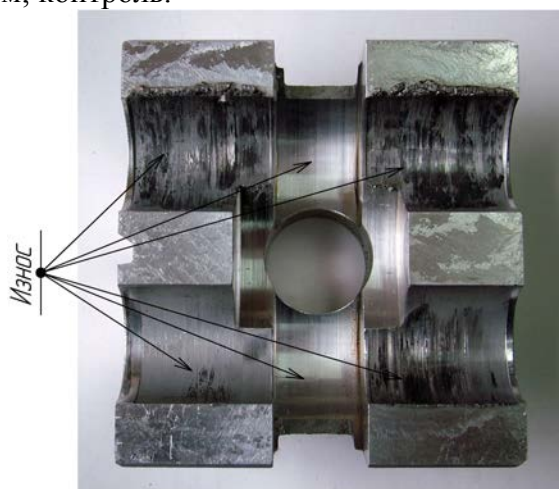


Рисунок 1 – Изношенная подшипниковая обойма шестеренного насоса НШ-67А

Детали, поступающие в ремонт, тщательно очищают от загрязнений, используя при этом шаберы и щетки, изготовленные из стальной проволоки диаметром 0,15 мм. Очистку ведут как ручную, так и с использованием пневматических или электрических дрелей, при этом следят за тем, чтобы не получить грубых рисок на рабочих поверхностях деталей. После очистки остатки загрязнений удаляют в водных растворах синтетических моющих средств с использованием по-

грузных моечных машин, хорошо зарекомендовавших себя при очистке внутренних поверхностей деталей сложной формы и позволяющих производить нагрев моющего раствора. При температуре раствора 70...80°C продолжительность очистки обычно не превышает 3...5 мин. Затем детали промывают в теплой воде, имеющей температуру не ниже 30...35°C и высушивают [1].

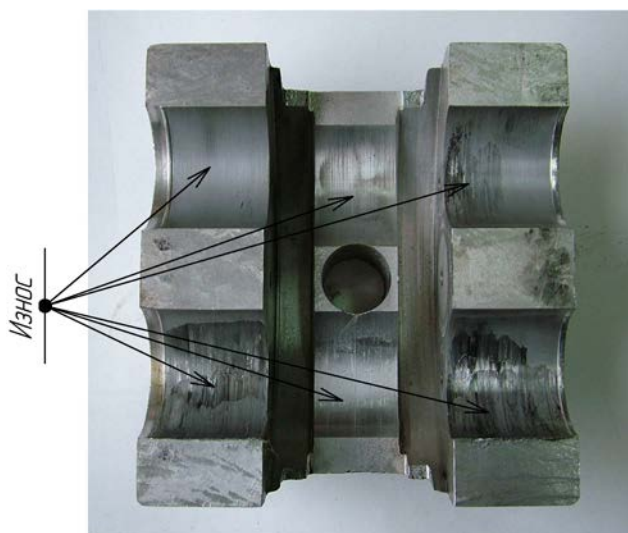


Рисунок 2 – Изношенная поджимная обойма шестеренного насоса НШ-67А

Очищенные подшипниковые и поджимные обоймы подвергают дефектации. После этого проводят механическую обработку до выведения следов изнашивания и придания правильной геометрической формы рабочим поверхностям.

Подготовку восстанавливаемых поверхностей под сверхзвуковое электродуговое напыление осуществляют абразивно-струйной обработкой в закрытой камере типа 02-7112 (ВНИИ «Автогенмаш») струей воздуха, содержащей корунд, стальную колотую дробь или чугунную крошку. Давление воздуха при обработке в закрытой камере – 0,6...0,9 МПа, расход материала в среднем – 1,7 м<sup>3</sup>/мин, дистанция обработки – 140...160 мм, угол наклона струи воздуха с материалом к обрабатываемой поверхности – 80°, скорость перемещения детали относительно распыляющего пистолета – 0,6 м/мин. Участки детали, не подлежащие абразивно-струйной обработке, должны быть защищены экранами.

Перед сверхзвуковым электродуговым напылением, прилегающие к восстанавливаемым, поверхности закрывают асботекстолитовыми вставками. Механизированная установка для напыления изношенных поверхностей под цапфы и зубья шестерен подшипниковой и поджимной обойм содержит сверхзвуковой электродуговой металлатор ЭДМ-9ШД тянущего типа, выпускаемый ГНУ «ГОСНИТИ», блок управления, двухкатушечную кассету для присадочной проволоки, металлizationную камеру и источник питания ВДУ-506. Процесс осуществляют в металлizationной камере. Её конструкция позволяет устанавливать и перемещать в разных плоскостях обрабатываемую деталь и металлатор. Режимы сверхзвукового электродугового напыления: скорость истечения воздуха из распылительной головки металлатора – 400...410 м/с, давление сжатого воздуха – 0,70...0,75 МПа, рабочий ток дуги – 370 А, рабочее напряжение дуги – 25...27 В, скорость подачи присадочной проволоки СвАМг-3 диаметром 2,0 мм – 12...13 м/мин, расстояние от сопла сверхзвукового металлатора до обрабатываемой поверхности – 120...130 мм, продолжительность процесса – 8...10 мин.

После напыления плоскости разъема обойм фрезеруют на вертикально-фрезерном станке. Затем восстановленные рабочие поверхности растачивают. Расточку производят на горизонтально-фрезерном станке. Механическую обработку обойм выполняют в специальных приспособлениях. Восстановленные напылением рабочие поверхности обойм растачивают с припуском под ПЭО.

Перед упрочнением восстановленных рабочих поверхностей подшипниковой и поджимной обойм шестеренного насоса их обезжиривают смоченным в ацетоне тампоном. После этого детали просушивают и устанавливают в приспособление для ПЭО поджимной и подшипниковой обойм шестеренного насоса [2, 14]. Далее осуществляют ПЭО в щелочном электролите следующего состава: едкий калий – 3 г/л, жидкое стекло – 14 г/л, остальное – дистиллированная вода. Режимы ПЭО: плотность тока – 25 А/дм<sup>2</sup>, температура электролита – 18...23°С, продолжительность оксидирования – 2 часа. Прирост размеров на сторону составляет 120...130 мкм [5-12, 15-24].

Для удаления технологического слоя с оксидокерамического покрытия, а также придания требуемых размеров и геометрических форм упрочненные рабочие поверхности обойм подвергают механической обработке [3, 21].

Далее, для снижения изнашивания подвижного соединения при обкатке и эксплуатации, поры оксидокерамического покрытия наполняют смазочным материалом: детали укладывают в проволочную корзину и опускают в ванну с маслом веретенным АУ, нагретым до температуры 100...110°С, и выдерживают в нем не менее 1,5...2,0 ч. После этого обоймы извлекают из ванны и вытирают насухо [4, 13]. После наполнения пор упрочняющего оксидокерамического покрытия смазочным материалом детали подвергают контролю.

### ВЫВОД

По результатам испытаний на стенде КИ-4815М-03 предлагаемая комбинированная технология восстановления и упрочнения подшипниковых и поджимных обойм шестеренных насосов типа НШ-К позволяет в 1,5...2 раза увеличить ресурс отремонтированных насосов в сравнении с новыми.

### 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. Пат. 2190045 Российская Федерация, С25 D17/02: Устройство для микродугового оксидирования поджимной и подшипниковой обойм шестеренного насоса [Текст] / Коломейченко А.В., Новиков А.Н., Зуева Н.В. - № 200029935/02; заявл. 30.11.00; опубл. 27.09.02, Бюл. № 27. - 5 с.
3. Коломейченко, А. В. Восстановление сильно изношенных деталей из алюминиевых сплавов [Текст] / А.В. Коломейченко // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2002. - № 1. - С. 29-32.
4. 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.
5. Бардин, И.В. Микродуговое оксидирование [Текст] / И.В. Бардин, В.А. Баутин, А.В. Дуб и др. // Металлургия машиностроения. - 2013. - №1. - С. 27-35.
6. Бутягин, П. Микродуговое оксидирование. Свойства покрытий [Текст] / П. Бутягин, Т. Односторонцева, С. Сафронова // Наноиндустрия. - 2013. - № 5. - С. 48-51.
7. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов [Текст] / И.В. Суминов, П.Н. Белкин, А.В. Эпельфельд и др. – М.: Техносфера, 2011. – 512 с.
8. Криштал, М.М. Повышение эффективности технологии микродугового оксидирования алюминиево-кремниевых сплавов [Текст] / М.М. Криштал, П.В. Ивашин, А.В. Полунин и др. // Вектор науки Тольяттинского Государственного Университета. - 2015. - №2. - С. 86-93.
9. Коломейченко, А.В. Применение газодинамического напыления и МДО для восстановления с упрочнением деталей сельскохозяйственной техники [Текст] / А.В. Коломейченко, Н.В. Титов, В.Н. Логачев // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2013. - №2. - С. 3-5.
10. Коломейченко, А.В. Восстановление подшипников скольжения [Текст] / А.В. Коломейченко, Н.В.Титов // Сельский механизатор. - 2011. - №6. - С. 32-33.
11. Пат. 2416489 Российская Федерация, МПК С1 В22D 19/10 В23Р 6/00. Способ восстановления коленчатых корпусов шестеренных насосов из алюминиевых сплавов [Текст] / Коломейченко А.В., Титов Н.В., Логачев В.Н. и др. - №2009147978/024; заявл. 23.12.09; опубл. 20.04.11, Бюл. №11. – 5 с.
12. Технологии восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники микродуговым оксидированием [Текст] / Коломейченко А.В., Титов Н.В., Логачев В.Н. и др. - Орел: Изд. Орел ГАУ, 2013. – 131 с.
13. Коломейченко, А.В. Повышение долговечности восстановленных отверстий деталей машин микродуговым оксидированием и наполнением покрытий маслом [Текст] / А.В. Коломейченко // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2008. - №8. - С. 46-47.
14. Коломейченко, А.В. Устройство для микродугового оксидирования деталей [Текст] / А.В. Коломейченко, В.Г. Васильев, Н.В. Титов и др // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2005. - № 2. - С. 45-46.
15. 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.
16. 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.

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

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

19. Wenbin Xue. Corrosion behaviors and galvanic studies of microarc oxidation films on Al-Zn-Mg-Cu alloy // Surface & Coatings Technology, 2007. – Vol. 201. – P. 8695-8701.

20. Ли, Р.И. Технологии восстановления деталей автотракторной техники [Текст]: учебное пособие / Р.И. Ли. - Липецк: ЛГТУ, 2014. - 379 с.

21. Кузнецов, Ю.А. Шлифование деталей из алюминиевых сплавов, упроченных микродуговым окислением [Текст] / Ю.А. Кузнецов, Н.В. Миторева // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2010. - № 2. - С. 38-40.

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

23. Пат. 2119420 Российская Федерация, МПК 6В 23Р 6/00 А. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов [текст] / Новиков А.Н.; заявитель и патентообладатель Орловская государственная сельскохозяйственная академия. - № 96100566/02; заявл. 10.01.96; опубл. 27.09.98.

24. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук (05.20.03) / Новиков Александр Николаевич; Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. - М., 1999. - 37 с.

**Коломейченко Александр Викторович**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»

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

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Надежность и ремонт машин»

E-mail: kolom\_sasha@inbox.ru

**Логачев Владимир Николаевич**

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»

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

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

E-mail: logvovan@mail.ru

---

A.V. KOLOMEYCHENKO, V.N. LOGACHEV

## A SUPERSONIC ELECTRIC ARC SPRAYING AND PLASMA ELECTROLYTIC OXIDATION TO RESTORE DETAILS OF TRANSPORT

*The paper presents a combined technology recovery for example, bearing and gland clips of gear pumps type NSH-K supersonic electric arc spraying with followed by slip hardening plasma electrolytic oxidation (PEO), which allows 1.5...2 times to increase the resource of the restored units in comparison with new. The technology includes the following operations: cleaning of the parts, fault detection; mechanical treatment to the removal of traces of wear; pre-coating; the supersonic electric arc spraying; mechanical processing with allowance for PEO; degreasing hardened surfaces; PEO; machining the reinforcing material; filling the pores of the reinforcing coating of lubricant material; control.*

**Keywords:** technology; restoration; gear pump; a bearing cage; the gland ferrule; the supersonic electric arc spraying; 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. Pat. 2190045 Rossiyskaya Federatsiya, S25 D17/02.. Ustroystvo dlya mikrodugovogo oksidirovaniya podzhimnoy i podshipnikovoy oboym shesterennogo nasosa [Tekst] / Kolomeychenko A.V., Novikov A.N., Zueva N.V. - № 200029935/02; zayavl. 30.11.00; opubl. 27.09.02, Byul. № 27. - 5 s.

3. Kolomeychenko, A. V. Vosstanovlenie sil'no iznoshennykh detaley iz alyuminiyevykh spлавov [Tekst] / A.V. Kolomeychenko // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2002. - № 1. - S. 29-32.

4. 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.

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

6. Butyagin, P. Mikrodugovoe oksidirovanie. Svoystva pokrytiy [Tekst] / P. Butyagin, T. Odnostorontseva, S. Safronova // Nanoindustriya. - 2013. - № 5. - S. 48-51.

7. Plazmenno-elektroliticheskoe modifitsirovanie poverkhnosti metallov i spлавov [Tekst] / I.V. Suminov, P.N. Belkin, A.V. Epef'fel'd i dr.. - M.: Tekhnosfera, 2011. - 512 s.

8. Krishtal, M.M. Povyshenie effektivnosti tekhnologii mikrodogovogo oksidirovaniya alyuminievo-kremnievykh splavov [Tekst] / M.M. Krishtal, P.V. Ivashin, A.V. Polunin i dr. // Vektor nauki Tol'yattinskogo Gosudarstvennogo Universiteta. - 2015. - №2. - S. 86-93.
9. Kolomeychenko, A.V. Primenenie gazodinamicheskogo napyleniya i MDO dlya vosstanovleniya s uprochneniyem detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, N.V. Titov, V.N. Logachev // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2013. - №2. - S. 3-5.
10. Kolomeychenko, A.V. Vosstanovlenie podshipnikov skol'zheniya [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, N.V. Titov // Sel'skiy mekhanizator. - 2011. - №6. - S. 32-33.
11. Pat. 2416489 Rossiyskaya Federatsiya, MPK C1 B22D 19/10 B23P 6/00. Sposob vosstanovleniya kolodtsev korpusov shesterennykh nasosov iz alyuminievykh splavov [Tekst] / Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Logachev V.N. i dr. - №2009147978/024; zayavl. 23.12.09; opubl. 20.04.11, Byul. №11. - 5 s.
12. Tekhnologii vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki mikrodogovym oksidirovaniem [Tekst] / Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Logachev V.N. i dr. - Orel: Izd. Orel GAU, 2013. - 131 s.
13. Kolomeychenko, A.V. Povyshenie dolgovechnosti vosstanovlennykh otverstiy detaley mashin mikrodogovym oksidirovaniem i napolneniyem pokrytiy maslom [Tekst] / A.V. Kolomeychenko // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2008. - №8. - S. 46-47.
14. Kolomeychenko, A.V. Ustroystva dlya mikrodogovogo oksidirovaniya detaley [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, V.G. Vasil'ev, N.V. Titov i dr // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 2005. - № 2. - S. 45-46.
15. 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.
16. 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.
17. Polunin, A.V. Issledovanie 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.
18. Ponomarev, I.S. Mekhanicheskie 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.
19. Wenbin Xue. Corrosion behaviors and galvanic studies of microarc oxidation films on Al-Zn-Mg-Cu alloy // Surface & Coatings Technology, 2007. - Vol. 201. - P. 8695-8701.
20. Li, R.I. Tekhnologii vosstanovleniya detaley avtotraktoroy tekhniki [Tekst]: uchebnoye posobie / R.I. Li. - Lipetsk: LGTU, 2014. - 379 s.
21. Kuznetsov, YU.A. SHlifovanie detaley iz alyuminievykh splavov, uprochnennykh mikrodogovym oksidirovaniem [Tekst] / YU.A. Kuznetsov, N.V. Mityureva // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2010. - № 2. - S. 38-40.
22. Novikov, A.N. Remont detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst]: uchebnoye posobie / A.N. Novikov. - Orel: OGSNA, 1997. - 57 s.
23. Pat. 2119420 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 6B 23P 6/00 A. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh detaley iz alyuminiya i ego splavov [tekst] / Novikov A.N.; zayavitel' i patentoobladatel' Orlovskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. - № 96100566/02; zayavl. 10.01.96; opubl. 27.09.98.
24. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami [tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk (05.20.03) / Novikov Aleksandr Nikolaevich; Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhener-nyy universitet imeni V.P. Goryachkina. - M., 1999. - 37 s.

**Kolomeychenko Alexander Viktorovich**

FGBOU VPO «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, Russia, Orel, st. General Rodina, 69

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. the department «Reliability and repair of vehicles»

E-mail: kolom\_sasha@inbox.ru

**Logatchev Vladimir Nikolaevich**

FGBOU IN «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, Russia, Orel, st. General Rodina, 69

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor of the Department «Reliability and repair of vehicles»

E-mail: logvovan@mail.ru

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

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН ПРИ ОТСУТСТВИИ В НИХ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА

*В статье приведены основные недостатки «безопасных» шин и ограничения по их использованию на полноприводной автомобильной технике, математическое моделирование напряженно-деформированного их состояния, основанное на гипотезе эквивалентности нагрузки на шину и усилий, возникающих в нитях корда с величиной, равной силе сопротивления движению (равнозначной реакции дороги) автомобиля.*

*В результате проведенных исследований получены зависимости, по которым можно определять максимальные усилия, возникающие в нитях корда и резиновом массиве от приложенной нагрузки, прогибы и возникающие деформации, характеризующиеся изменением их жесткости при отсутствии в шине избыточного давления воздуха.*

*Результаты исследования позволяют определять основное соотношение габаритных размеров шины, по которым можно построить ее равновесный профиль, работающий в условиях отсутствия давления воздуха в шине при ее повреждении или разрушении.*

**Ключевые слова:** «безопасная» шина, сетчатая оболочка, методы, модели, равновесная конфигурация, напряженно-деформированное состояние, эквивалентность, усилие, прогибы, деформации, жесткость, зависимости.

На сегодняшний день автомобильные шины современных полноприводных автомобилей не отвечают требованиям по обеспечению их движения с удовлетворительными характеристиками как в исправном, так и в поврежденном состояниях после воздействия на них элементов дороги, вызывающих проколы, пробой, порезы и другие механические повреждения, а также повреждения, связанные с недостаточным контролем за давлением воздуха в шинах [1-3].

Это обусловлено отсутствием научно обоснованных принципов и подходов к конструктивной проработке и исполнению так называемых «безопасных» колес, обеспечивающих требуемую подвижность и безопасность движения образцов АТ.

«Безопасные» колеса должны обеспечивать необходимые скорости движения и высокую проходимость полноприводной автомобильной техники (АТ), при этом должны быть просты в конструкции, надежны в работе, технологичны в производстве и соответствовать соответствующему классу комплектуемого образца АТ.

Основные недостатки испытанных «безопасных» колес [4] связаны в основном с конструкцией опоры и выражаются при движении по дорогам существенным снижением скорости (до 18-40 км/ч) вследствие высокого сопротивления качению и низкой курсовой устойчивости автомобиля при отсутствии избыточного давления воздуха в шинах, а также при их разрушении. На деформируемых грунтах и снежной целине [5] значительное ухудшение подвижности связано с высоким сопротивлением качению на опорах и недостаточным их сцеплением с грунтом при движении с разрушенными шинами. Кроме того, крайне недостаточен ресурс шин при движении без избыточного давления воздуха в них (7-11 км).

Основными ограничениями использования «безопасных» колес при движении по местности с поврежденными (разрушенными) пневматическими шинами, являются существенное снижение или полная потеря подвижности (проходимости) и повышенные энергетические затраты, связанные с движением и по местности, и по дорогам, а также крайне недостаточные скорость движения и пробег до полного разрушения шин при отсутствии избыточного давления воздуха в них [6, 7].

Исследованиям вопросов повышения надежности, опорной проходимости колесных машин, обеспечению подвижности и живучести АТ, а также созданию «безопасных» колес посвящено множество работ [8-13] отечественных и зарубежных ученых, где основой теоретического решения различных вопросов проходимости и подвижности колесных машин, те-

плонагруженности шин, устойчивости и управляемости автомобилей является математическая модель взаимодействия одиночного колеса с грунтом.

Однако, зависимости, разработанные для обычных пневматических шин, не позволяют в должной мере описывать процесс качения «безопасного» колеса, внутренней опоры и машины в целом при повреждении и разрушении пневматической шины (особенно при движении без избыточного давления в шине).

Исходя из полученных результатов, возникают на сегодняшний день два основных вопроса, которые требуют своевременного решения:

- первый вопрос: какое соотношение нагрузки и разрывного усилия нитей корда надо учесть при проектировании пневматической шины «безопасного» колеса и каким образом его определить. Эта величина нужна для того, чтобы иметь значения этого усилия при расчете гидростатического давления, разрушающего шину, определить необходимое (оптимальное) число слоев нитей корда с обеспечением некоторого запаса прочности самой шине и учесть эту характеристику в математических моделях качения колеса на исправной шине и движения автомобиля в целом на деформируемых грунтах;

- второй вопрос: каким образом устранить основной недостаток работоспособности внутренней опоры, отрицательно действующий на исправность пневматической шины – это накат угловой части выступа массивной опоры на внутреннюю полость боковины шины, приводящий к ее разрушению.

Поэтому в ходе проведенных исследований в первую очередь было уделено внимание вопросу математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) и теплонагруженности «безопасной» шины, который основывается на методе Бидермана В.Л. – Бухина Б.Л. [14, 15], рассматривая шину как сетчатую оболочку, и теории равновесной конфигурации, которую определенно принимает шина и ее кордный каркас при этом способен воспринимать внутреннее давление и внешнюю нагрузку.

Существующие модели и методы их решения (кольцо на упругом основании - не дает достаточной информации о НДС элементов шин, здесь беговую часть заменяют жестким кольцом, а боковую часть – упругим основанием; криволинейная балка - представление боковой стенки шины в виде криволинейного стержня переменного сечения, модель описывается дифференциальными уравнениями шестого порядка, сложна, требует подтверждения экспериментом; метод конечных элементов – требует сложнейшего программного обеспечения и используется в основном при проведении контрольных расчетов уже спроектированных шин с целью окончательной отработки их конструкции, не влияет на распределение давления в пятне контакта и его размеры; уравнения теории упругости - трехмерное моделирование, сложность в определении алгоритма расчета; и др.) довольно-таки сложны, не дают достаточной информации о напряженном состоянии элементов шины в полном объеме или не учитывают множество внешних факторов, влияющих на работоспособность резинокордного материала. В этих моделях при определении нагрузочных характеристик не оценивается влияние протекторного слоя шины, поэтому это вносит заметную погрешность в расчеты, особенно когда давление воздуха в шине минимальное или вообще отсутствует.

При данном моделировании выдвинута гипотеза - если в шине отсутствует избыточное давление или оно ничтожно мало, в лучшем случае сохраняя равновесную конфигурацию, то можно предположить, что всю нагрузку будет воспринимать именно резиновый массив каркаса (максимальную в плечевой зоне протектора – короне, рис. 1) и можно также предположить для этого массива эквивалентность и по усилию (силовое подобие), которое воспринимают нити корда каркаса в короне совместно с бреккером в их плечевой зоне.

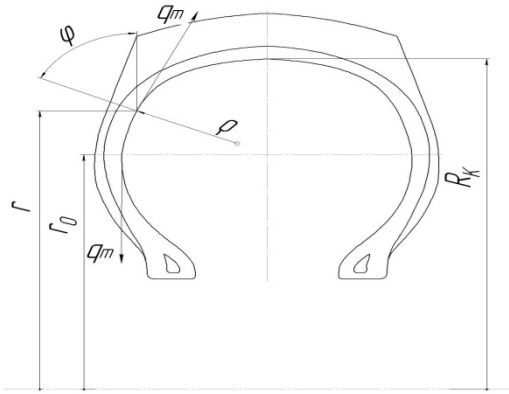


Рисунок 1 - Тонкостенная оболочка, нагруженная внутренним давлением

Исходя из обоснованного подхода в определении напряжений и деформаций в резинокордных материалах шины в зависимости от нагружения ее внутренним давлением или отсутствием такового, выдвинута также гипотеза, что нагрузка на шину (опору) при отсутствии избыточного давления при движении «безопасного» колеса будет восприниматься резиновым массивом (обрезиненными слоями нитей корда и протектора, рис. 2) с величиной, равной силе (усилию) сопротивления движению (равнозначной реакции дороги  $N, R$  от приложенной к колесу нагрузки  $G_k$  - модель деформации [16] по теории Литвинова А.С., рис. 3).

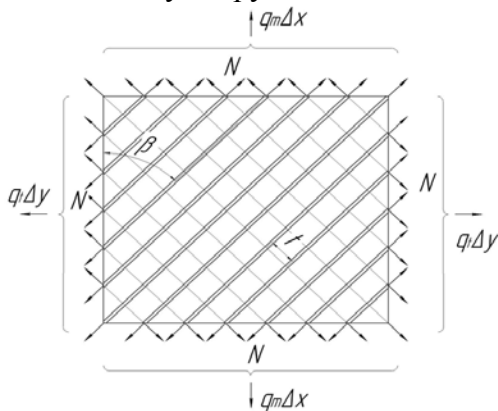


Рисунок 2 - Элементарный участок каркаса покрышки

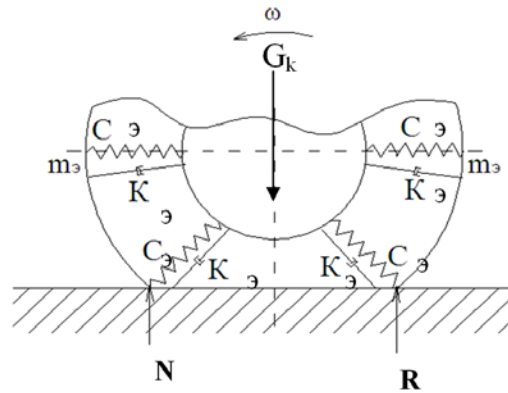


Рисунок 3 - Взаимодействие шины с опорной поверхностью

То есть, шина деформируется до тех пор, пока не наступает равновесие между подъемной силой нормальной реакции дороги

$$N_{\max} = P \cdot \frac{(R_k^2 - r_o^2)}{2R_k \cdot n \cdot i_k} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta_k} \quad (1)$$

и приложенной к колесу нормальной нагрузки

$$G_k = c_s \cdot z = P \cdot z \sqrt{\rho \cdot D} \quad (2)$$

$$z \sqrt{\rho \cdot D} = \frac{(R_k^2 - r_o^2)}{2R_k \cdot n \cdot i_k} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta_k} \quad (3)$$

с учетом того, что количество слоев корда для грузовых шин имеет соотношение

$$\frac{N_{\text{разр.}}}{N_{\max}} = n \quad (4)$$

и лежит в пределах 7...9, а для легковых шин - в пределах 9...13 [17].

Поэтому модель в виде сетчатой оболочки применена для решения контактных задач для многослойной анизотропной оболочки вращения. Здесь математические модели качения



одиночного колеса требуют уточнения в части расчета характеристик шин при отсутствии избыточного давления и их влияние на эксплуатационные свойства самого автомобиля.

Для случая, когда в покрышке отсутствует внутреннее избыточное давление за основу при определении зависимостей, определяющих форму профиля шины и напряжения в ее основных элементах, принимаем покрышку, нагруженную внутренним давлением, обеспечивающую равновесную ее конфигурацию.

Здесь максимальное усилие, которое воспринимают нити корда можно получить исходя из рассмотрения элементарного участка каркаса шины, представленный на рисунке 2, ( $\Delta y$ ) - меридионального сечения, в котором напряжение нитей равно  $N$  кг/нить и суммарное усилие будет равно

$$q_t \Delta y = N \cdot \sin \beta \cdot \frac{\Delta y}{t / \sin \beta} \cdot n, \quad (5)$$

а его интенсивность будет составлять

$$q_t = \frac{N}{t} \cdot n \cdot \sin^2 \beta \quad (6)$$

и  $\Delta x$  - окружного сечения с интенсивностью действующих сил

$$q_m = \frac{N}{t} \cdot n \cdot \cos^2 \beta, \quad (7)$$

при этом

$$\frac{q_t}{q_m} = \operatorname{tg}^2 \beta. \quad (8)$$

Эти величины связаны известными уравнениями теории тонких оболочек – уравнением равновесия бесконечно малого элемента

$$\frac{q_m}{\rho} + \frac{q_t}{\rho_t} = P \quad (9)$$

и уравнением равновесия

$$q_m \cdot 2\pi r \cdot \cos \varphi = P\pi(r^2 - r_o^2) \quad (10)$$

части оболочки, вырезанной из нее цилиндрической поверхностью с радиусом  $r_o$  и конической поверхностью, проходящей через рассматриваемую точку нормально к меридиану (рис.1).

Тогда

$$q_m = P \cdot \frac{r^2 - r_o^2}{2r \cdot \cos \varphi}, \quad q_t = \left( P - \frac{q_m}{\rho} \right) \frac{r}{\cos \varphi} \quad (11)$$

и равновесную конфигурацию шины будет определять соотношение, в которое входят только геометрические параметры шины:

$$\frac{1}{\rho} + \frac{\operatorname{tg}^2 \beta \cdot \cos \varphi}{r} = \frac{2r \cdot \cos \varphi}{r^2 - r_o^2}. \quad (12)$$

Его можно представить в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{1}{\cos \varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dr} (\cos \varphi) = \frac{2r}{r^2 - r_o^2} - \frac{r}{(R_k^2 / \sin^2 \beta_k) - r^2}, \quad (13)$$

учитывая, что

$$\sin \beta = \frac{r}{R_k} \cdot \sin \beta_k, \quad \frac{1}{\rho} = -\frac{d\varphi}{dr} \sin \varphi.$$

И в итоге по выражению

$$\cos \varphi = \frac{(r^2 - r_o^2) \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta_k}{R_k^2} \cdot r^2}}{(R_k^2 - r_o^2) \cdot \cos \beta_k} = \frac{(r^2 - r_o^2) \cos \beta}{(R_k^2 - r_o^2) \cos \beta_k}, \quad (14)$$

интегрируя дифференциальное уравнение (13) и имея в виду, что при  $r = R_k$  угол  $\varphi = 0$ , определяя зависимость угла  $\varphi$  от  $r$  можно построить равновесный профиль шины, при заданных значениях  $\beta_k, R_k$  и  $r_o$ .

Тогда выражение для радиуса кривизны  $\rho$ , подсчитанного для средней точки данного участка при  $\lambda_o = \frac{r_o}{R_k}$ ,  $\lambda = \frac{r}{R_k}$  будет равно:

$$\frac{\rho}{R_k} = \frac{1 - \lambda_o^2}{\lambda} \cdot \frac{\cos \beta_k \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \beta_k}}{2 - (3\lambda^2 - \lambda_o^2) \cdot \sin^2 \beta_k}. \quad (15)$$

Используя полученные зависимости можно определить усилия, возникающие в элементах покрышки при нагружении ее внутренним давлением, сопоставляя уравнения (7) и (11):

$$N = \frac{q_m \cdot t}{n \cdot \cos^2 \beta} = P \cdot \frac{t}{n \cdot \cos^2 \beta} \div \frac{r^2 - r_o^2}{2r \cdot \cos \varphi}. \quad (16)$$

А, используя (14) и заменяя шаг нитей  $t$  более распространенной характеристикой - плотностью  $i=1/t$  с учетом, что  $i = i_k \frac{R_k \cos \beta_k}{r \cos \beta}$ , получим исходное уравнение для определения максимального усилия по короне покрышки:

$$N_{\max} = P \frac{R_k^2 - r_o^2}{2R_k \sum i_k} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta_k}. \quad (17)$$

При этом напряжение в металлокорде будет равно

$$\sigma = P \frac{(R_k^2 - r_o^2) \cos \beta_k}{n \cdot f \cdot 2 \cos \alpha}. \quad (18)$$

В результате проведенных теоретических исследований НДС:

- при отсутствии избыточного давления в шине или имеющимся небольшим давлением (0,05 МПа), деформацию резинового слоя каркаса шины должны компенсировать или взять ее основную часть нити корда, исходя из их выбранного количества слоев и имеющегося соотношения усилий (4), а также материала нитей корда и с учетом величин разрывного усилия при нормальном эксплуатационном давлении в шине;

- получены зависимости прогиба  $z$  покрышки от ее конструктивных параметров при отсутствии давления  $P$  воздуха в шине, приравняв величины нагрузки  $G_k$  и силы сопротивления движению (нормальную реакцию дороги  $N$ , эквивалентной максимальному усилию  $N_{\max}$ , возникающему в нитях корда) между собой:

$$z = \frac{R_k^2 - r_o^2}{2\pi \sqrt{\rho D} \cdot R_k \cdot n \cdot i_k \cos^2 \beta_k}; \quad (19)$$

- для обеспечения нормативного прогиба шины (по ГОСТ РВ 52395-2005, 10-12% от наружного диаметра  $D=2R_k$  [18]) на деформируемых грунтах выбор количества слоев каркаса предлагается рассчитывать по формуле:

$$n = \frac{R_k^2 - r_o^2}{1,7\pi \sqrt{\rho R_k} \cdot R_k i_k \cos^2 \beta_k}, \quad (20)$$

а кривизну профиля опоры  $\rho$  в плечевой зоне определять по формулам:

$$\rho = \frac{1}{R_k} \cdot \left( \frac{R_k^2 - r_o^2}{1,7\pi R_k^2 i_k \cos^2 \beta_k} \right) \quad \text{или} \quad \rho = 3,125 \frac{B^2}{H} + 0,02H; \quad (21)$$

- для оценки НДС введен нагрузочный коэффициент

$$\xi = \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}, \quad (22)$$

который характеризует вязко-упруго-гистерезисные свойства резино-кордных материалов с учетом потерь при качении, связанные с несовершенством резины (сопротивлением в материале  $\mu$ , массой  $m_3$  и с изменением жесткости  $c_3$ ) и численно равных величине силы неупругого сопротивления  $F = \mu \cdot \dot{z}$  с учетом скорости их деформации  $\dot{z}$ ;

- получены уравнения деформирования шины:

$$z(t) = \frac{N}{c_3} + c_1 e^{\frac{-\mu + \sqrt{\xi}}{2m_3} t} + c_2 e^{\frac{-\mu - \sqrt{\xi}}{2m_3} t} \quad (23)$$

и опоры:

$$z(t) = -\frac{N}{c_3} \left[ (1 + \xi) \cdot e^{\frac{-\mu + \xi}{2m_3} t} + \frac{1}{2} (1 - \xi) \cdot e^{\frac{-\mu - \xi}{2m_3} t} \right] \quad (24)$$

или через относительную деформацию

$$\varepsilon(t) = \frac{N}{R - r} \cdot \frac{\xi}{2\mu c_3} \cdot e^{\frac{-\mu + \sqrt{\xi}}{2m_3} t} \quad (25)$$

и возникающие при этом напряжения:

- только от сжимающей силы (N)

$$\sigma(t) = \frac{E}{R - r} Z = \frac{E}{R - r} N \cdot \frac{\xi}{2\mu c_3} \cdot e^{\frac{-\mu + \sqrt{\xi}}{2m_3} t}, \quad (26)$$

- от сжатия (N) и кручения (Mкр.)

$$\sigma(t) = \sqrt{\left[ \frac{E}{R - r} N \cdot \frac{\xi}{2\mu c_3} \cdot e^{\frac{-\mu + \sqrt{\xi}}{2m_3} t} \right]^2 + \left[ \frac{256 M_{кр}}{\pi(R^3 - r^3)} \right]^2}; \quad (27)$$

- получена зависимость, показывающая значительное влияние на тепловое состояние (мощность излучения) шины ее габаритных размеров (третье слагаемое) и степени нагружения (второе слагаемое):

$$\Pi_u = k \cdot \frac{N^2 \cdot \xi \cdot z}{2\mu^2 P} \cdot \frac{2R_k i_k \cos^2 \beta_k}{R_k^2 - r_o^2}$$

или

$$\Pi_u = k \cdot \frac{N^2 \cdot \xi}{2\mu^2 P n \sqrt{\rho D}} = k \cdot \frac{N^2 \cdot \xi}{2\pi \mu^2 P n \sqrt{(3,125 B^2 / H + 0,02 H) \cdot D}}, \quad (28)$$

из которой следует, что при значительном увеличении давления воздуха в шинах и соответствующим уменьшением ее прогиба мощность излучения снижается и естественно будут значительно снижаться и потери в шине. Проведенные расчеты показали [19-23], что для снижения тепловой нагруженности шин при их создании необходимо выбирать такие значения конструктивных параметров, которые обеспечивают наименьшее соотношение габаритных параметров (низкопрофильные шины);

- для оценки сравнительных испытаний разработан обобщенный показатель совершенства конструкции «безопасных» колес образцов АТ

$$U = \sum_{k=1}^{\ell} Q_k \cdot m_k. \quad (29)$$

При этом характеристики и расчетные соотношения по определению параметров и показателей отдельных свойств образцов АТ используют в соответствии с критериями, выбранными для математического моделирования, а для сопоставления результатов – комплекс показателей

качества от единичных относительных показателей качества  $q_i = \frac{p_i}{P_{i0}}$ . Выполнение расчетов обобщенного комплексного показателя качества проводят через групповые комплексные пока-

затели  $Q_k = \sum_{j=1}^p m_j k_j$  на основе количественных значений единичных комплексных  $k_j = \sum_{i=1}^n m_i q_i$

и относительных показателей качества  $q_i$  и соответствующих коэффициентов их весомости  $m_k$ .

Таким образом, с учетом полученных результатов и, исходя из опыта проведения расчетов и математического моделирования, напряженное состояние шины и опоры предлагается учитывать именно в виде изменения их жесткостных характеристик (к примеру, нормальной или радиальной жесткости) и по разработанной зависимости:

$$c'_3 = \frac{P \cdot (R_k^2 - r_o^2)}{z \cdot 2R_k \cdot i_k} \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta_k}, \quad (30)$$

то есть, все равно какое-то давление в шине должно быть или имелось бы устройство (внутренняя опора) по ограничению ее прогиба - необходимо давление, чтобы шина не разрушалась бортами обода, утечка воздуха при этом может компенсироваться системой регулирования давления воздуха в шинах (СРДВШ) полноприводного автомобиля для обеспечения «равновесной конфигурации» шины и дальнейшем принятием ею нагрузки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование путей повышения маневренных свойств автомобилей многоцелевого назначения и оценка показателей их движения по местности местности [Текст]: отчет о НИР // ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. Стариков А.Ф.; исполн.: В.Н. Абрамов, М.П. Чистов и др. - Бронницы, 2006. - 210 с. - Инв. 8163.
2. Исследование способов повышения проходимости автомобилей многоцелевого назначения по грунтам с низкой несущей способностью и пересеченной местности [Текст]: отчет о НИР // ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. А.Ф. Стариков; исполн.: В.Н. Абрамов, М.П. Чистов и др. - Бронницы, 2008. - 210 с. - Инв. 1449.
3. Абрамов, В.Н. К вопросу о технических требованиях к шинам перспективных образцов военной автомобильной техники (ВАТ) и повышении их надежности [Текст] / В.Н. Абрамов, М.П. Чистов // Вестник ТК-97: сборник информационных материалов технического комитета по стандартизации № 97. - М.: ФГУП НИИШП. - 2002. - №2. - С. 11-27.
4. Чистов, М.П. Некоторые результаты испытаний отечественных безопасных колес [Текст] / М.П. Чистов, В.Н. Абрамов, Т.А. Аипов // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов. - 2005. - № 3. - С. 53-63.
5. Абрамов, В.Н. Сравнительная оценка параметров опорной проходимости на снежной целине АМН отечественного и зарубежного производства [Текст] / В.Н. Абрамов, А.В. Ильин // Проблемы шин и резинокордных композитов: материалы XXIII симпозиума. - М.: НИИШП, 2012. - Т. 1. - С. 191-198.
6. Создание боестойкого колеса с пневматической бескамерной шиной и внутренней опорой для изделия ГАЗ-3937 [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) // ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. А.Ф. Стариков; исполн.: М.П. Чистов, В.Н. Абрамов и др. - Бронницы, 2004. - 93 с. - инв. № 8873.
7. Типовые испытания боестойких колес на изделиях ГАЗ-39371 [Текст]: отчет о НИР (промежуточ.) // ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. А.Ф. Стариков; исполн.: М.П. Чистов, В.Н. Абрамов и др. - Бронницы, 2004. - 259 с. - инв. № 8945.
8. Аксенов, П.В. Многоосные автомобили: теория общих конструктивных решений [Текст] / П.В. Аксенов. - М.: Машиностроение, 1980. - 207 с.
9. Плиев, И.А. Автомобили многоцелевого назначения: формирование технического облика АМН в составе семейств [Текст] / И.А. Плиев. - М.: МГИУ, 2011. - 262 с.
10. Веселов, И.В. Разработка комплексного подхода к созданию безопасных шин [Текст] / И.В. Веселов, Л.Н. Юрцев, А.А. Юсупов // Проблемы шин и резинокордных композитов: материалы XVI симпозиума. - М.: НИИШП, 2005. - Т.2. - С. 240-245.
11. Веселов, И.В. Безопасность шин: конструкция, технология, эксплуатация, утилизация [Текст] / И.В. Веселов // Проблемы шин и резинокордных композитов: материалы XVII симпозиума. - М.: НИИШП, 2006. - Т.1. - С. 191-198.
12. Беккер, М.Г. Введение в теорию систем местность - машина [Текст] / М.Г. Беккер. - М.: Машиностроение, 1973.
13. Исследование проблем создания и конструктивных решений «безопасных» шин и шин повышенной ходимости для перспективных образцов автомобильной техники [Текст]: отчет о НИР // НИИТЦ; рук. А.Ф. Стариков; исполн.: В.Н. Абрамов, М.П. Чистов и др. - Бронницы, 2008. - 257 с. - Инв. 8035.
14. Бидерман, В.Л. Теория и практические методы расчета пневматических шин [Текст] / В.Л. Бидерман, Б.Л. Бухин. - М.: Машгиз, 1966. - 353 с.
15. Бидерман, В.Л. Методы измерения деформаций и режимы нагружения материалов в основных элементах шины [Текст] / В.Л. Бидерман. - М.: Машгиз, 1966. - 266 с.

16. Литвинов, А.С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств [Текст] / А.С. Литвинов, А.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1990. – 237 с.
17. Работа автомобильной шины [Текст] / В.И. Кнороз, Е.В. Кленников, И.П. Петров и [др].; под общ. ред. В.И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.
18. ГОСТ РВ 52395-2005. Шины пневматические с регулируемым давлением для военной техники. Общие технические требования [Текст]. – Введ. 2006 - 07 - 01. – М.: Стандартинформ, 2005. - 5 с.
19. Разработка типажа шин для серийных и перспективных образцов АТ [Текст]: отчет о НИР // ФГУП 21 НИИИ МО РФ; рук. А.Ф. Стариков; исполн.: В.Н. Абрамов, М.П. Чистов и др. - Бронницы, 2002. – 257 с. - Инв. 8635.
20. Абрамов, В.Н. Проблема обеспечения сохраняемости и долговечности шин и резинотехнических изделий автомобильного транспорта. Эффективные пути ее решения [Текст] / В.Н. Абрамов. – М.: ПИК ВИНИТИ, 2005. – 660 с.
21. Плиев, И.А. Автомобили многоцелевого назначения: формирование технического облика АМН в составе семейств [Текст] / И.А. Плиев. – М.: МГИУ, 2011. – 262 с.
22. 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.
23. Новиков, А.Н. 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.

**Абрамов Вячеслав Николаевич**

НИИЦ АТ ФГБУ «3 ЦНИИ Минобороны России»

Адрес: 140170, Россия, г. Бронницы, Московская область, ул. Красная, 85

Д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник

E-mail: tabakar456@mail.ru

**Гербер Александр Григорьевич**

Рязанское высшее воздушно – десантное командное училище (Военный институт) имени генерала армии В.Ф. Маргелова – РВВДКУ

Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. Маргелова, 1

Доцент кафедры «Автомобильной службы»

**Каспаров Владислав Борисович**

НИИЦ АТ ФГБУ «3 ЦНИИ Минобороны России»

Адрес: 140170, Россия, г. Бронницы, Московская область, ул. Красная, 85

Начальник научного управления

E-mail: vladislav\_2802@mail.ru

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

## MODELING TENSE - A DEFORMED CONDITIONS OF THE CAR BUSES IN THE ABSENCE OF IN THEM SURPLUS PRESSURE OF THE AIR

*In article are brought main defect «safe» buses and restrictions upon their use on full drive car technology, mathematical modeling tense-deformed them with-standings, founded on hypothesis of equivalence of the load on bus and effort, appearing in cord threads, equal power of the resistance to motion (the equivalent reaction of the road) of the car.*

*As a result called on studies are received to dependencies, on which possible define the max of the effort, appearing in cord threads and rubber array from attached loads, sagging and trouble deformation, characterizing change to their acerbity in the absence of in bus surplus pressure of the air.*

*The Results of the study allow to define the main correlation a gabarit sizes of the bus, on which possible build her balance profile, working in condition of the absence of the pressure of the air in bus with her damage or destruction.*

**Keywords:** «safe» bus, netlike shell, the methods, the models, balance deskside, tense-deformed condition, equivalence, the effort, sagging, deformation, acerbity, envy-bridges.

### BIBLIOGRAPHY

1. Issledovanie putey povysheniya manevrennykh svoystv avtomobiley mnogotselovogo naznacheniya i otsenka pokazateley ikh dvizheniya po mestnosti mestnosti [Tekst]: otchet o NIR // FGUP 21 NIИI MO RF; ruk. Starikov A.F.; ispoln.: V.N. Abramov, M.P. Chistov i dr. - Bronnitsy, 2006. - 210 s. - Inv. 8163.
2. Issledovanie sposobov povysheniya prokhodimosti avtomobiley mnogotselovogo naznacheniya po grun-tam s nizkoy nesushchey sposobnost'yu i peresechennoy mestnosti [Tekst]: otchet o NIR // FGUP 21 NIИI MO RF; ruk. A.F. Starikov; ispoln.: V.N. Abramov, M.P. Chistov i dr. - Bronnitsy, 2008. - 210 s. - Inv. 1449.
3. Abramov, V.N. K voprosu o tekhnicheskikh trebovaniyakh k shinam perspektivnykh obraztsov voennoy avtomobil'noy tekhniki (VAT) i povyshenii ikh nadezhnosti [Tekst] / V.N. Abramov, M.P. Chistov // Vestnik TK-97: sbornik informatsionnykh materialov tekhnicheskogo komiteta po standartizatsii № 97. - M.: FGUP NIISHP. - 2002. - №2. - S. 11-27.
4. Chistov, M.P. Nekotorye rezul'taty ispytaniy otechestvennykh bezopasnykh koles [Tekst] / M.P. Chistov, V.N. Abramov, T.A. Aipov // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov. - 2005. - № 3. - S. 53-63.
5. Abramov, V.N. Sravnitel'naya otsenka parametrov opornoy prokhodimosti na snezhnoy tseline AMN otechestvennogo i zarubezhnogo proizvodstva [Tekst] / V.N. Abramov, A.V. Il'in // Problemy shin i rezino-kordnykh

kompozitov: materialy XXIII simpoziuma. - M.: NIISHP, 2012. - T. 1. - S. 191-198.

6. Sozdanie boestoykogo kolesa s pnevmaticheskoy beskamernoy shinoy i vnutrenney oporoy dlya izde-liya GAZ-3937 [Tekst]: otchet o NIR (promezhutoch.) // FGUP 21 NIII MO RF; ruk. A.F. Starikov; ispoln.: M.P. Chistov, V.N. Abramov i dr. - Bronnitsy, 2004. - 93 s. - inv. № 8873.

7. Tipovye ispytaniya boestoykikh koles na izdeliyakh GAZ-39371 [Tekst]: otchet o NIR (promezhutoch.) // FGUP 21 NIII MO RF; ruk. A.F. Starikov; ispoln.: M.P. Chistov, V.N. Abramov i dr. - Bronnitsy, 2004. - 259 s. - inv. № 8945.

8 Akse-nov, P.V. Mnogoosnye avtomobili: teoriya obshchikh konstruktivnykh resheniy [Tekst] / P.V. Akse-nov. - M.: Mashinostroenie, 1980. - 207 s.

9. Pliev, I.A. Avtomobili mnogotselevogo naznacheniya: formirovanie tekhnicheskogo oblika AMN v so-stave semeystv [Tekst] / I.A. Pliev. - M.: MGIU, 2011. - 262 s.

10. Veselov, I.V. Razrabotka kompleksnogo podkhoda k sozdaniyu bezopasnykh shin [Tekst] / I.V. Veselov, L.N. YUrtsev, A.A. YUsupov // Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov: materialy XVI simpoziuma. - M.: NIISHP, 2005. - T.2. - S. 240-245.

11. Veselov, I.V. Bezopasnost` shin: konstruktsiya, tekhnologiya, ekspluatatsiya, utilizatsiya [Tekst] / I.V. Veselov // Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov: materialy XVII simpoziuma. - M.: NIISHP, 2006. - T.1. - S. 191-198.

12. Bekker, M.G. Vvedenie v teoriyu sistem mestnost` - mashina [Tekst] / M.G. Bekker. - M.: Mashinostroenie, 1973.

13. Issledovanie problem sozdaniya i konstruktivnykh resheniy «bezopasnykh» shin i shin povyshennoy kholdimosti dlya perspektivnykh obraztsov avtomobil`noy tekhniki [Tekst]: otchet o NIR // NIITTS; ruk. A.F. Starikov; ispoln.: V.N. Abramov, M.P. Chistov i dr. - Bronnitsy, 2008. - 257 s. - Inv. 8035.

14. Biderman, V.L. Teoriya i prakticheskie metody rascheta pnevmaticheskikh shin [Tekst] / V.L. Biderman, B.L. Bukhin. - M.: Mashgiz, 1966. - 353 s.

15. Biderman, V.L. Metody izmereniya deformatsiy i rezhimy nagruzheniya materialov v osnovnykh elementakh shiny [Tekst] / V.L. Biderman. - M.: Mashgiz, 1966. - 266 s.

16. Litvinov, A.S. Avtomobil`. Teoriya ekspluatatsionnykh svoystv [Tekst] / A.S. Litvinov, A.E. Fa-robin. - M.: Mashinostroenie, 1990. - 237 s.

17. Rabota avtomobil`noy shiny [Tekst] / V.I. Knoroz, E.V. Klennikov, I.P. Petrov i [dr.]; pod obshch. red. V.I. Knoroza. - M.: Transport, 1976. - 238 s.

18. GOST RV 52395-2005. Shiny pnevmaticheskies s reguliruемым davleniem dlya voennoy tekhniki. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya [Tekst]. - Vved. 2006 - 07 - 01. - M.: Standartinform, 2005. - 5 s.

19. Razrabotka tipazha shin dlya seriynykh i perspektivnykh obraztsov AT [Tekst]: otchet o NIR // FGUP 21 NIII MO RF; ruk. A.F. Starikov; ispoln.: V.N. Abramov, M.P. Chistov i dr. - Bronnitsy, 2002. - 257 s. - Inv. 8635.

20. Abramov, V.N. Problema obespecheniya sokhranyaemosti i dolgovechnosti shin i rezinotekhnicheskikh izdeliy avtomobil`nogo transporta. Effektivnye puti ee resheniya [Tekst] / V.N. Abramov. - M.: PIK VI-NITI, 2005. - 660 s.

21. Pliev, I.A. Avtomobili mnogotselevogo naznacheniya: formirovanie tekhnicheskogo oblika AMN v sostave semeystv [Tekst] / I.A. Pliev. - M.: MGIU, 2011. - 262 s.

22. Novikov, A.N. Sovremennye 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.

23. Novikov, A.N. 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.

**Abramov Vyacheslav Nikolaevich**

NIIC AT FGBU «3 CNII Minoborony Russia», chief of scientific management

Adress: 140170, Rossia, Bronnitsy, Moscow Region, Red str. , 85

Doctor of the technical sciences, professor, main scientific employee

E-mail: tabakar456@mail.ru

**Gerber Alexander Grigorievich**

Ryazanskoe high air - an desant command school (the Military institute) of the name of the general to armies

V.F. Margelova - RVVDKU

Adress: 390031, Rossia, Ryazan, pl. Margelova, 1

Assistant professor of the pulpit «Car service»

**Kasparov Vladislav Borisovich**

NIIC AT FGBU «3 CNII Minoborony Russia», chief of scientific management

Adress: 140170, Bronnitsy, Moscow Region, Red str. , 85

E-mail: vladislav\_2802@mail.ru

УДК 623.437

В.С. ГУНБА, С.С. КУТОВОЙ

## МОДЕЛЬ И МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

*Технология восстановления исправности двигателей автомобилей, при выборе стратегии ремонта по наработке, не учитывает закономерности изменения их технического состояния и не обеспечивает эффективного поддержания машин в готовности к использованию по назначению. Альтернативой стратегии ремонта по наработке является стратегия ремонта по техническому состоянию, суть которой состоит в том, что для каждого двигателя по результатам предремонтного диагностирования назначаются рабочие места, специализация которых соответствует набору технологических операций, необходимых для восстановления его исправности. Автором предлагается модель и методика обоснования технологических процессов ремонта по техническому состоянию двигателей автомобильной техники, обеспечивающих снижение трудоемкости работ и затрат на ремонт.*

**Ключевые слова:** ремонт по техническому состоянию, сочетание неисправностей, предремонтное диагностирование, ошибки диагностирования.

Исследования, проведенные многими учеными, показали, что в капитальный ремонт (КР) поступают агрегаты, работоспособность и исправность которых в большинстве случаев может быть восстановлена в результате текущего ремонта (ТР) [1]. Практика авторемонтного производства показывает, что более половины агрегатов поступают в капитальный ремонт с недоиспользованным ресурсом от 40 до 70 % по значительному числу сопряжений [2].

При выполнении КР в одной сборочной единице могут оказаться новые детали, годные без ремонта, и восстановленные. На приработку обезличенных деталей теряется до 30 % их ресурса [2].

Индивидуальная оценка технического состояния агрегата и назначение ремонтных воздействий в соответствии с фактическим состоянием делают КР нерациональным.

Модель технологического процесса ремонта двигателей автомобильной техники, предложенная в работе [1] обосновывает совместную замену группы деталей, близких по ресурсу, при определенной наработке агрегатов. Применение предложенного технологического процесса может привести к значительному недоиспользованию ресурса сопряжения или к его отказу.

Альтернативой стратегии ремонта по наработке является стратегия ремонта по техническому состоянию, суть которой состоит в том, что для каждого агрегата по результатам предремонтного диагностирования назначаются ремонтные воздействия по замене изношенных (поврежденных) деталей и деталей, прогнозируемый ресурс которых меньше ресурса до следующего планового контроля технического состояния, или для доступа к которым необходимо выполнить разборочно-сборочные работы, затраты на которые превышают их остаточную стоимость [3].

Автором работы [4] разработаны организационно-технологические принципы и схема технологического процесса централизованного ремонта по техническому состоянию (ЦРТС) автомобильных двигателей. По аналогии с маршрутной технологией ремонта деталей, двигатель по результатам предремонтного диагностирования направляется на заранее разработанный технологический маршрут типового технологического процесса.

В работе [5] авторами обосновано включение ЦРТС в структуру ремонтных циклов двигателей автомобилей.

Исходным материалом для разработки технологических процессов централизованного ремонта по техническому состоянию являются сочетания дефектов двигателей, поступающих в ремонт. Каждому сочетанию дефектов можно поставить в соответствие сочетание работ по устранению этих дефектов [4].

Рациональная технология ремонта по техническому состоянию двигателей автомобилей может быть обеспечена в результате принятия решений о выполнении разборочно-

сборочных работ по результатам предремонтного диагностирования путем приведения в соответствие назначаемых технологических операций их потребности [6].

Моделирование технологических процессов ремонта по техническому состоянию двигателей автомобильной техники предусматривает учет вероятных ошибок диагностирования, дополнительной информации о техническом состоянии неработоспособных объектов, статистических данных о характеристиках ремонтного фонда [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Технологический процесс централизованного ремонта по техническому состоянию (ЦРТС) основан на принципах ремонтного производства с широким использованием типовых технологических процессов. Суть ЦРТС состоит в том, что по результатам предремонтного диагностирования каждому двигателю назначается комплекс разборочно-сборочных работ типового технологического процесса ремонта, обеспечивающего замену изношенной (поврежденной) детали. Диагностирование агрегата может производиться непосредственно на автомобиле или при приемке в ремонт на испытательном стенде [4, 14, 15, 16].

По аналогии с маршрутной технологией ремонта деталей и маршрутной технологией ремонта двигателей, агрегаты с определенным сочетанием неисправностей направляются на специализированные рабочие места, предусматривающие их устранение.

Анализ и обработка данных о выполняемых ремонтных работах двигателей ЗИЛ-5081.10, дополнительные работы, выполняемые по признакам функциональной взаимосвязи и близости ресурса заменяемых деталей, позволили объединить их в типовые сочетания, которые являются исходными данными для моделирования [17].

Предлагаемая аналитическая модель является уточненной моделью маршрутной технологии ремонта двигателей, построенная автором [4].

Уточненная модель и разработанная методика обоснования технологических процессов ЦРТС учитывают вероятность проявления типовых сочетаний неисправностей, предусматривают получение дополнительной информации о техническом состоянии составных частей двигателя по структурным параметрам с помощью инструментальной дефектации, назначение КР в случае выявления дефектов у базовой детали, позволяют определять специализацию рабочих мест ремонта.

В основу построения аналитической модели технологических процессов ЦРТС двигателей автомобильной техники положено формализованное описание затрат на выполнение набора технологических операций по устранению неисправностей, входящих в типовые сочетания, диагностирование, дефектацию и дополнительные затраты в случае ошибочного назначения ремонтных воздействий.

Назначение двигателям с различным сочетанием неисправностей единого технологического процесса приведет к производственным потерям, обусловленным выполнением излишнего объема ремонтных работ.

Назначение двигателям по результатам предремонтного и приремонтного диагностирования индивидуальных технологических процессов повлечет за собой производственные потери от увеличения ошибок диагностирования.

Переход от индивидуального количества технологических процессов, равного исходному количеству типовых сочетаний работ ( $K$ ), к меньшему их числу влечет за собой уменьшение производственных потерь, потерь от ошибок диагностирования и затрат на выполнение контрольно-диагностических операций.

Организация производства, качество и эффективность ремонтных работ будут зависеть от средств и методов технического диагностирования. При проведении предремонтного и приремонтного диагностирования возможны ошибки 1-го рода (ложная неисправность) или ошибки 2-го рода (пропуск неисправности) [18, 19].

Решение задачи обоснования технологических процессов ремонта на специализированных рабочих местах характеризуется значением целевой функции

$$C = C_{\Pi} + C_{K} + C_{D} + C_{ИД}, \quad (1)$$

где  $C$  – затраты на ремонт по техническому состоянию, руб.;

$C_{\Pi}$  – производственные потери от выполнения излишнего объема работ, руб.;



$C_K$  – производственные потери от ошибок диагностирования, руб.;

$C_D, C_{ИД}$  – затраты на диагностирование и инструментальную дефектацию, руб.

Оценка потерь от ошибок в назначении технологических процессов на специализированных рабочих местах определяется по формуле

$$C_K = N \sum_{j=1}^{K-1} \sum_{s=j+1}^K (c_{js} \cdot P_{js} \cdot P_{kj} + c_{sj} \cdot P_{sj} \cdot P_{ks}), \quad (2)$$

где  $N$  – годовая производственная программа предприятия, ед.;

$C_{js}, C_{sj}$  – общие потери от ошибочного назначения рабочего места  $j$ -й специализации вместо  $s$ -й и наоборот, руб.;

$P_{js}, P_{sj}$  – вероятности ошибочного назначения рабочего места  $j$ -й специализации вместо  $s$ -й и наоборот;

$P_{kj}, P_{ks}$  – вероятность проявления  $j$ -го и  $s$ -го сочетания неисправностей.

Для определения вероятностей ошибок диагностирования  $P_{js}, P_{sj}$  введены целочисленные переменные:

$$X_{il} = \begin{cases} 1, & \text{если при предремонтном диагностировании } i\text{-я неисправность двигателя оценивалась } l\text{-м параметром;} \\ 0 & \text{– в противном случае;} \end{cases}$$

$$X_{ih} = \begin{cases} 1, & \text{если в процессе приремонтного диагностирования } i\text{-я неисправность оценивалась } h\text{-м параметром;} \\ 0 & \text{– в противном случае;} \end{cases}$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я неисправность устраняется на рабочем месте } j\text{-й специализации;} \\ 0 & \text{– в противном случае;} \end{cases}$$

$$X_{is} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я неисправность устраняется на рабочем месте } s\text{-й специализации;} \\ 0 & \text{– в противном случае;} \end{cases}$$

$$X_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я неисправность требует выполнения капитального ремонта;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Модель предусматривает назначение технологического процесса КР в случае выявления дефектов у базовой детали.

В зависимости от сочетаний неисправностей  $K_j$  и  $K_s, K_k$ , устраняемых на рабочих местах  $j$ -й и  $s$ -й специализаций или капитальным ремонтом, возможны следующие комбинации:

1) на рабочем месте  $j$ -й специализации можно выполнить все работы по устранению  $j$ -го и  $s$ -го сочетания неисправностей;

2) на рабочем месте  $j$ -й специализации можно выполнить все работы по устранению  $j$ -го сочетания неисправностей и части  $s$ -го сочетания;

3) на рабочем месте  $j$ -й специализации нельзя устранить ни одной из неисправностей  $s$ -го сочетания;

4) на рабочих местах  $k$ -й специализации выполняется КР двигателя.

Обозначим через  $K_0$  общую часть сочетаний ремонтных работ по устранению  $j$ -го и  $s$ -го сочетаний неисправностей.

В первой ситуации  $K_0 = K_s$ , во второй –  $K_0 = K_j \cap K_s$ , в третьей –  $K_0 = \emptyset$ .

В четвертой ситуации выполняются работы, входящие во все сочетания, а базовая деталь восстанавливается (т.е. выполняется КР).

Для второй ситуации  $R_j$ -й технологический процесс будет ошибочно назначен вместо  $R_s$ -го, если одновременно произойдут независимые события:

- будет ошибочно обнаружена хотя бы одна неисправность в области  $K_j \setminus K_o$ , где область  $K_j \setminus K_o$  – это подмножество сочетаний неисправностей, устраняемых при назначении  $R_j$ -го технологического процесса за исключением сочетаний неисправностей, входящих в подмножество  $K_o$ ;

- будут ошибочно пропущены все неисправности в области  $K_s \setminus K_o$ .

Вероятность первого  $P_{1js}$ , и второго события –  $P_{2js}$  будут равны

$$P_{1js} = \sum_{i=1}^m X_{ij} (X_{ij} - X_{is}) \cdot [X_{ih} \cdot A_{ih} + X_{il} \cdot (1 - X_{ih}) \cdot A_{il}], \quad (3)$$

$$P_{2js} = 1 - \prod_{i=1}^m X_{is} \cdot (X_{is} - X_{ij}) \cdot \{1 - \{X_{ih} \cdot B_{ih} + X_{il} \cdot (1 - X_{ih}) \cdot B_{il}\}\}, \quad (4)$$

где  $A_{il}, B_{il}, A_{ih}, B_{ih}$  – вероятности ошибок 1-го и 2-го рода при определении  $i$ -й неисправности по  $l$ -му и  $h$ -му диагностическому параметру при предремонтном и приремонтном диагностировании.

Вероятности ошибочного назначения  $R_j$ -го технологического процесса вместо  $R_s$ -го и  $R_s$ -го вместо  $R_j$ -го равны

$$P_{js} = P_{1js} \cdot P_{2js}; \quad P_{sj} = P_{1sj} \cdot P_{2sj}. \quad (5)$$

Пусть исходное число технологических процессов равно числу сочетаний неисправностей ( $R=K$ ), т.е. каждому сочетанию неисправностей соответствует свой технологический процесс ЦРТС, а при выявлении дефектов блока цилиндров назначается технологический процесс КР.

Тогда при переходе от  $K$  сочетаний неисправностей к  $R$  технологическим процессам ЦРТС потери  $C_{II}$ , обусловленные неполным соответствием специализации рабочих мест фактическим сочетаниям неисправностей двигателей, поступающих на эти места ремонта или затраты в случае их КР, составят

$$C_{II} = N \sum_{j=1}^{K-1} \sum_{s=j+1}^K \sum_{i=1}^m \sum_{j+s}^{K+K_i} C_i [P_{kj} (X_{is} - X_{ij} X_{is}) + P_{ks} (X_{ij} - X_{ij} \cdot X_{is})] \cdot (1 - X_{ik}) + C_i P_{kk} (X_{ik} - X_{js}) \cdot (X_{ik} - X_{ij}), \quad (6)$$

где  $C_i$  – затраты на устранение  $i$ -й неисправности, руб.;

$P_{kk}$  – вероятность появления дефекта у базовой детали.

Для определения затрат на диагностические операции и выполнение инструментальной дефектации введем целочисленные переменные [20]

$$\begin{cases} 1, \text{ если при инструментальной дефектации } i\text{-я неисправность;} \\ X_{id} = \text{оценивается } d\text{-м структурным параметром;} \\ 0 - \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Затраты на выполнение диагностических операций  $C_D$  составят

$$C_D = \sum_{m=1}^m \left( \sum_{l=1}^L X_{il} C_l + \sum_{h=1}^H X_{ih} C_h \right), \quad (7)$$

где  $C_l$  и  $C_h$  – затраты на измерение  $l$ -го и  $h$ -го диагностических параметров, руб.

Затраты на выполнение инструментальной дефектации  $C_{ИД}$  составят

$$C_{ИД} = \sum_{d=1}^D X_{id} C_{ud}, \quad (8)$$

где  $C_{ud}$  – затраты на измерение  $d$ -го структурного параметра, руб.

Методика решения задачи основана на последовательном сокращении числа технологических процессов от их количества, равного исходному количеству типовых сочетаний ремонтных работ, до оптимального.

Результаты расчетов для двигателей ЗИЛ-5081.10 представленные на рисунке 1, привели к объединению исходных 22 типовых сочетаний работ в шесть технологических процессов ремонта:

- кривошипно-шатунного механизма;
- газораспределительного механизма;
- кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов;
- цилиндропоршневой группы;

- цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма;
- цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма.

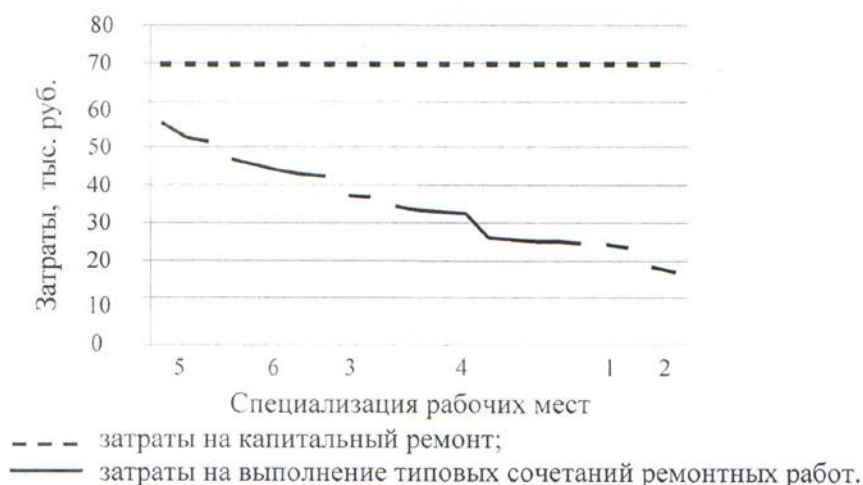


Рисунок 1 – Затраты на ремонт в зависимости от типовых сочетаний работ и на капитальный ремонт

Разработанные технологические процессы позволяют снизить трудоемкость работ в 1,5, а затраты на ремонт в 2 раза.

Полученные результаты являются исходными данными для имитационной модели технологических процессов ЦРТС в условиях среднесерийного производства, позволяющей обосновывать структуру, параметры производственных участков авторемонтных предприятий и обеспечить реализацию принципа одновременного использования обезличенного и необезличенного методов ремонта [21-24].

Включение разработанных технологических процессов в структуру ремонтных циклов обеспечит эффективное управление техническим состоянием автомобильной техники в течение срока службы.

Ремонт двигателей автомобилей по техническому состоянию принципиально изменит организацию и технологию производства, которая будет сопровождаться повышением производительности труда и качества ремонта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюмин, И.Е. Повышение эффективности ремонта автомобильных двигателей [Текст] / И.Е. Дюмин. – М.: Транспорт, 1987. - 175 с.
2. Дюмин, И.Е. Ремонт автомобилей [Текст] / И.Е. Дюмин, Г.Г. Трегуб. - М.: Транспорт, 1999. - 280 с.
3. Гунба, В.С. Методика обоснования стратегии замен деталей военной автомобильной техники [Текст] / В.С. Гунба // Вестник. – Омск: Сиб. отд. академ. воен. Наук. - 2012. - Вып. 15. - С. 53-55.
4. Карагодин, В.И. Методы обоснования структуры ремонтного цикла автомобилей и их составных частей [Текст] / В.И. Карагодин, Д.В. Карагодин. - М.: МАДИ, 2011. - 157 с.
5. Карагодин, В.И. Централизованный ремонт автомобильных двигателей по техническому состоянию [Текст] / В.И. Карагодин. - М.: МАДИ, 2011. - 94 с.
6. Гунба, В.С. Модель технологических процессов ремонта по техническому состоянию агрегатов автомобильной техники [Текст] / В.С. Гунба // Вестник – Рязань. - 2015. - Вып. 2 (26). - С. 42-47.
7. Гаскаров, Д. В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / Д.В. Гаскаров, Г.А. Голиковский, А.В. Мосгалевский. - М.: Советское радио, 1974. - 223 с.
8. Карагодин, В.И. Особенности оценки технического состояния двигателей при их разборке в условиях централизованного ремонта по техническому состоянию [Текст] / В.И. Карагодин, В.Н. Красовский // М.: МАДИ. - 1987. - С. 14-23.
9. Карагодин, В.И. Диагностирование и централизованный ремонт двигателей [Текст] / В.И. Карагодин, С.А. Скрипников // Автомобильный транспорт. - 1986. - № 6. - С. 43-45.
10. Гунба, В.С. Повышение эффективности ремонта двигателей военной автомобильной техники [Текст]: монография / В.С. Гунба. - Рязань:Ряз.воен.автомоб.ин-т., 2005. - 130 с.
11. Сергеев, А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобиля [Текст] / А.Г. Сергеев. - М.: Транспорт, 1980. - 188 с.
12. Гунба, В.С. Закономерности изменения технического состояния военной автомобильной техники [Текст] / В.С. Гунба, В.В., Ефремов, С.С. Кутовой. - Рязань: РВВДКУ, 2015. - 11 с. - Деп. в ЦСИФ МО РФ 23.03.2015, инв. № В7662.

13. Гунба, В.С. Характеристики ремонтного фонда дизелей КамАЗ [Текст] / В.С. Гунба, В.В., Ефремов, С.С. Кутовой. - Рязань: РВВДКУ, 2015. - 10 с. - Деп. в ЦСИФ МО РФ 23.03.2015, инв. № В7661.
14. Карагодин, В.И. Разработка правил назначения комплекса ремонтных работ при централизованном ремонте двигателей по техническому состоянию [Текст] / В.И. Карагодин, С.А. Скрипников // М.: МАДИ. - 1985. - С. 10-17.
15. Карагодин, В.И. Обоснование систем предремонтного диагностирования при централизованном ремонте агрегатов автомобилей по техническому состоянию [Текст] / В.И. Карагодин, С.А. Скрипников // М.: МАДИ. - 1984. - С. 14-21.
16. Кутовой, С.С. Модель технологических процессов ремонта двигателей военной автомобильной техники [Текст] / С.С. Кутовой, В.С. Гунба. - Рязань: РВВДКУ, 2014. - 16 с. - Деп. в ЦСИФ МО РФ 20.01.2014, № В7535.
17. Гунба, В.С. Методика выявления типовых сочетаний работ по обеспечению работоспособности агрегатов военной автомобильной техники [Текст] / В.С. Гунба. - Рязань: Воен. автомоб. ин-т. - 2002. - 9 с. - Деп. в ЦСИФ МО РФ 26.06.2002, инв. № Б 4859.
18. 15 Разработка контрольно-диагностической системы при ремонте агрегатов автомобилей [Текст] // Отчет о НИР/МАДИ; № 467/03 Г.Р 81059177. М., 1985. - 31с.
19. Карагодин, В.И. Формирование и теоретическое обоснование основных направлений эффективного развития фирменного ремонта автомобилей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / Карагодин Виктор Иванович. - М., 1997. - 547 с.
20. Гунба, В.С. Методика выбора диагностических параметров, средств предремонтного и приремонтного диагностирования [Текст]: сб. научн. тр. / В.С. Гунба // Рязань: Ряз. воен. автомоб. ин-т. - 2007. - Вып. 17. - С. 16-20.
21. Гунба, В.С. Моделирование организации и технологии ремонта по техническому состоянию дизелей КАМАЗ [Текст] / В.С. Гунба, А.О. Власов // Тула: Известия. - 2015. - Вып. 5. - С. 209-214.
22. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук (05.20.03) / Новиков Александр Николаевич; Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. - М., 1999. - 37 с.
23. Новиков, А.Н. Особенности применения порошковых красок при ремонте автомобилей [Текст] / А.Н. Новиков, А.С. Бодров // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2006. - № 7. - С. 32-33.
24. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. - Орел: ОГТУ, 2006. - 332 с.

**Гунба Валерий Сергеевич**

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт)  
Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. Генерала армии В. Ф. Маргелова, д. 1  
Канд. техн. наук, доцент, преподаватель кафедры «Автомобильная техника»  
E-mail: vs\_gunba@mail.ru

**Кутовой Сергей Степанович**

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт)  
Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. Генерала армии В. Ф. Маргелова, д. 1  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Автотехническое обеспечение»

---

V.S. GUNBA, S.S. KUTOVOI

## MODEL AND TECHNIQUES OF SUBSTANTIATING THE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF REPAIR ACCORDING TO THE TECHNICAL CONDITION OF MOTOR VEHICLE ENGINES

*The technology of restoring the serviceability of motor vehicle engines with selecting the life-length repair strategy neither takes into account the regularity of changes in their technical condition nor ensures an effective maintenance of vehicles in a state of readiness for proper use. The alternative of the life-length repair strategy is that of the technical condition repair the core of which is that in accordance with pre-repair diagnosis results for each engine work stations are specified the specialization of which conforms with a set of technological operations required to restore its serviceability. Proposed by the author are the model and techniques of substantiating the technological processes of repair according to the technical condition of motor vehicle engines ensuring the reduction of labour intensity and repair expenses.*

**Keywords:** repair in accordance with the technical condition, combination of derangements, pre-repair diagnosis, diagnosis errors.

### BIBLIOGRAPHY

1. Dyumin, I.E. Povyshenie effektivnosti remonta avtomobil'nykh dvigateley [Tekst] / I.E. Dyumin. - М.: Transport, 1987. - 175 s.
2. Dyumin, I.E. Remont avtomobiley [Tekst] / I.E. Dyumin, G.G. Tregub. - М.: Transport, 1999. - 280 s.
3. Gunba, V.S. Metodika obosnovaniya strategii zamen detaley voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V.S. Gunba // Vestnik. - Omsk: Sib. otd. akadem. voen. Nauk. - 2012. - Vyp. 15. - S. 53-55.

4. Karagodin, V.I. Metody obosnovaniya struktury remonnogo tsikla avtomobiley i ikh sostavnykh chastey [Tekst] / V.I. Karagodin, D.V. Karagodin. - M.: MADI, 2011. - 157 s.
5. Karagodin, V.I. Tsentralizovannyi remont avtomobil'nykh dvigateley po tekhnicheskomu sostoyaniyu [Tekst] / V.I. Karagodin. - M.: MADI, 2011. - 94 s.
6. Gunba, V.S. Model' tekhnologicheskikh protsessov remonta po tekhnicheskomu sostoyaniyu agregatov avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V.S. Gunba // Vestnik - Ryazan'. - 2015. - Vyp. 2 (26). - S. 42-47.
7. Gaskarov, D. V. Prognozirovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya i nadezhnosti radioelektronnoy apparatury [Tekst] / D.V. Gaskarov, G.A. Golikovskiy, A.V. Mosgalevskiy. - M.: Sovetskoe radio, 1974. - 223 s.
8. Karagodin, V.I. Osobennosti otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya dvigateley pri ikh razborke v usloviyakh tsentralizovannogo remonta po tekhnicheskomu sostoyaniyu [Tekst] / V.I. Karagodin, V.N. Krasovskiy // M.: MADI. - 1987. - S. 14-23.
9. Karagodin, V.I. Diagnostirovaniye i tsentralizovannyi remont dvigateley [Tekst] / V.I. Karagodin, S.A. Skripnikov // Avtomobil'nyy transport. - 1986. - № 6. - S. 43-45.
10. Gunba, V.S. Povysheniye effektivnosti remonta dvigateley voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst]: monografiya / V.S. Gunba. - Ryazan': Ryaz. voen. avtomob. in-t., 2005. - 130 s.
11. Sergeev, A.G. Tochnost' i dostovernost' diagnostiki avtomobilya [Tekst] / A.G. Sergeev. - M.: Transport, 1980. - 188 s.
12. Gunba, V.S. Zakonomernosti izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V.S. Gunba, V.V., Efremov, S.S. Kutovoy. - Ryazan': RVVDKU, 2015. - 11 s. - Dep. v TSSIF MO RF 23.03.2015, inv. № V7662.
13. Gunba, V.S. Harakteristiki remonnogo fonda dizeley KamAZ [Tekst] / V.S. Gunba, V.V., Efremov, S.S. Kutovoy. - Ryazan': RVVDKU, 2015. - 10 s. - Dep. v TSSIF MO RF 23.03.2015, inv. № V7661.
14. Karagodin, V.I. Razrabotka pravil naznacheniya kompleksa remontnykh rabot pri tsentralizovannom remonte dvigateley po tekhnicheskomu sostoyaniyu [Tekst] / V.I. Karagodin, S.A. Skripnikov // M.: MADI. - 1985. - S. 10-17.
15. Karagodin, V.I. Obosnovaniye sistem predremonnogo diagnostirovaniya pri tsentralizovannom re-monte agregatov avtomobiley po tekhnicheskomu sostoyaniyu [Tekst] / V.I. Karagodin, S.A. Skripnikov // M.: MADI. - 1984. - S. 14-21.
16. Kutovoy, S.S. Model' tekhnologicheskikh protsessov remonta dvigateley voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / S.S. Kutovoy, V.S. Gunba. - Ryazan': RVVDKU, 2014. - 16 s. - Dep. v TSSIF MO RF 20.01.2014, № V7535.
17. Gunba, V.S. Metodika vyyavleniya tipovykh sochetaniy rabot po obespecheniyu rabotosposobnosti agregatov voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V.S. Gunba. - Ryazan': Voен. avtomob. in-t. - 2002. - 9 s. - Dep. v TSSIF MO RF 26.06.2002, inv. № B 4859.
18. 15 Razrabotka kontrol'no-diaagnosticheskoy sistemy pri remonte agregatov avtomobiley [Tekst] // Otchet o NIR/MADI; № 467/03 G.R 81059177. M., 1985. - 31s.
19. Karagodin, V.I. Formirovaniye i teoreticheskoye obosnovaniye osnovnykh napravleniy effektivnogo razvitiya firmennogo remonta avtomobiley [Tekst]: dis. ... d-ra tekhn. nauk / Karagodin Viktor Ivanovich. - M., 1997. - 547 s.
20. Gunba, V.S. Metodika vybora diaagnosticheskikh parametrov, sredstv predremonnogo i priremontnogo diagnostirovaniya [Tekst]: sb. nauchn. tr. / V.S. Gunba // Ryazan': Ryaz. voen. avtomob. in-t. - 2007. - Vyp. 17. - S. 16-20.
21. Gunba, V.S. Modelirovaniye organizatsii i tekhnologii remonta po tekhnicheskomu sostoyaniyu dizeley KAMAZ [Tekst] / V.S. Gunba, A.O. Vlasov // Tula: Izvestiya. - 2015. - Vyp. 5. - S. 209-214.
22. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievyykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk (05.20.03) / Novikov Aleksandr Nikolaevich; Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenerskiy universitet imeni V.P. Goryachkina. -M., 1999. -37 s.
23. Novikov, A.N. Osobennosti primeneniya poroshkovyykh krasok pri remonte avtomobiley [Tekst] / A.N. Novikov, A.S. Bodrov // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2006. - № 7. - S. 32-33.
24. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochneniye detaley avtomobiley [Tekst]: uchebnoye posobie / A.N. Novikov, M.P. Stratulat, A.L. Sevost'yanov. - Orel: OGTU, 2006. - 332 s.

**Gunba Valery Sergeevich**

Ryazan Higher Airborne Command School (Military Institute)  
Address: 390031, Russia, Ryazan, pl. General of the Army VF Margelov, d. 1  
Kand. tehn. sciences, teacher of «Automotive Equipment»  
E-mail: vs\_gunba@mail.ru

**Kutovoi Sergei Stepanovich**

Ryazan Higher Airborne Command School (Military Institute)  
Address: 390031, Russia, Ryazan, pl. General of the Army VF Margelov, d. 1  
Dr. Sc., Professor of the Department «Autotechnical software»

УДК 681.587.5:752.2

В.И. ЧЕРНЫШЕВ, О.В. ФОМИНОВА

## ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ВИБРАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*В статье рассматриваются варианты оптимизационного синтеза эталонных моделей активных виброзащитных систем и базовых моделей виброзащитных систем с управляемыми параметрами упругодемпфирующего звена.*

**Ключевые слова:** виброзащитная система, оптимальное управление, динамика, упругодемпфирующее звено.

### ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Снижение уровней вибрации транспортных средств зависит от качества и функциональных возможностей применяемых для этих целей виброзащитных систем. Реализуемые способы пассивной виброзащиты, которые в основном связаны с рациональным выбором и оптимизацией упругодемпфирующих характеристик этих систем, не всегда позволяют обеспечить необходимые показатели вибрационной безопасности на рабочем месте человека-оператора и соответствующую динамику транспортного средства в целом, отдельных его агрегатов и перевозимых грузов.

Наиболее перспективными являются управляемые системы виброзащиты. Данные системы могут быть прямого действия (активные), когда управление непосредственно осуществляется с компенсационным воздействием, и непрямого действия, когда компенсационное воздействие формируется в результате управления параметрами упругодемпфирующих и инерционных звеньев. Управляемые системы виброзащиты относятся к существенно-нелинейным объектам, для исследования которых необходимо использовать компьютерные методы моделирования нелинейных динамических процессов и алгоритмы минимаксной процедуры нахождения оптимальных и субоптимальных управлений [1 – 10].

Ниже приведены результаты исследований эталонных моделей активных виброзащитных систем и базовых моделей виброзащитных систем с управляемыми параметрами упругодемпфирующего звена.

### ЭТАЛОННЫЕ МОДЕЛИ АКТИВНЫХ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ

1. *Случай кинематического возмущения.* Система дифференциальных уравнений с ограниченным по мощности оптимальным управлением  $u_0 \leq \tilde{u} \leq u_1$ , рассматривается как безразмерный аналог модели активной виброзащитной системы, представленной в форме Коши:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -\frac{\varepsilon}{\eta} (x_2 - \cos \tau) - \frac{1}{\eta^2} (x_1 - \sin \tau) + \left[ \tilde{u} = \begin{cases} u_1, & x_2 > 0, \\ u_0, & x_2 < 0. \end{cases} \right], \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x_1, x_2$  – фазовые координаты;

$\varepsilon$  – относительное демпфирование;

$\eta$  – относительная частота;

$\tau$  – безразмерное время;

$\tilde{u}$  – оптимальное управление.

Процесс колебаний системы исследовался при различных начальных условиях, параметрах упругодемпфирующего звена и ограничениях на управление. Оценка эффективности управления оценивалась посредством функционала

$$J = \int_0^T x_2^2 dt \rightarrow \min. \quad (2)$$

Основные результаты моделирования колебаний системы (1), представлены на рисунке 1 в виде графиков входных и выходных сигналов, а также управления.

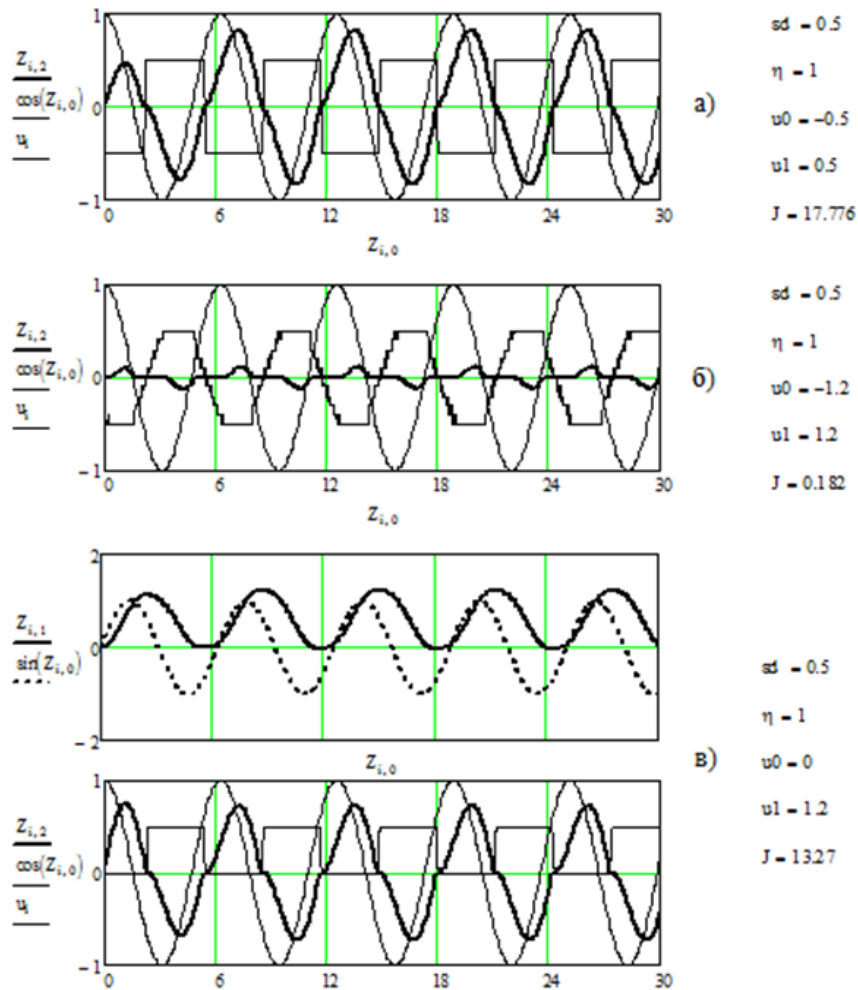


Рисунок 1 – Графики сигналов на входе и выходе активной системы виброзащиты и графики оптимальных управлений:  $Z_{i,0} \leftrightarrow t$ ,  $Z_{i,1} \leftrightarrow x_1$ ,  $Z_{i,2} \leftrightarrow x_2$

В случае симметричных ограничений, когда  $-0,5 \leq \tilde{u} \leq 0,5$  (рис. 1,а), управление изменяется по релейному закону с переключениями при смене знака скорости защищаемого объекта. Установлено, что резонансные явления не проявляются, если относительное демпфирование  $\varepsilon \geq 0,2$ . При этом минимальное значение функционала ( $\min J = 17,58$ ) достигается, когда  $\varepsilon \approx 0,6$ .

Очевидно, что для повышения эффективности виброзащиты необходимо увеличивать «энергоёмкость активного управления». Однако при этом процесс управления резко усложняется (рис. 1,б) – наблюдается сужение интервалов «чисто» релейных и появление скользящих режимов управления.

Нарушение симметрии при задании ограничений на управление приводит к тому, что колебания защищаемого объекта происходят не относительно положения статического равновесия, а относительно некоторого нового центра, смещенного в сторону действия наибольшего по абсолютной величине ограничения на управление (рис. 1,в).

Заметим, что в случае релейно-прерывистого управления интенсивность колебаний объекта, оцениваемая по критерию минимума принятого функционала, несколько ниже

( $\min J = 13,27$ ), чем при «чисто» релейном управлении, где ( $\min J = 17,58$ ). По всей видимости, это связано с тем, что затрачиваемая энергия и соответственно «силовой диапазон» ( $u_1 - u_0 = 1,2$ ) при релейно-прерывистом управлении несколько больше чем при релейном управлении ( $u_1 - u_0 = 1,0$ ).

В результате моделирования колебаний объекта при различных начальных условиях было установлено, что переходные процессы затухают в пределах одного периода кинематического возмущения. Это свойство активной виброзащитной системы можно обобщить в виде следующего утверждения: «один толчок основания – одно колебание объекта».

2. Случай силового возмущения.

Для динамической системы

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -x_1 - 0,1x_2 + \sin t + u \end{aligned} \quad (3)$$

требуется найти оптимальное управление  $\tilde{u}(t)$  и оптимальный вектор состояния  $\tilde{x}(t)$ , доставляющие минимум функционалу

$$J = \int_0^{2\pi} (x_2^2 + u^2) dt \rightarrow \min \quad (4)$$

и обеспечивающие периодичность движения системы на интервале  $0 \dots 2\pi$ , то есть равенство конечных условий:  $x_1(0) = x_1(2\pi) = x_s$ ,  $x_2(0) = x_2(2\pi) = x_v$ .

Заметим, что вибрационная безопасность системы оценивается функционалом (3) с учетом определенных ресурсных ограничений на управление. И в этой связи представляют интерес также субоптимальные (почти оптимальные) режимы управления, которые связаны с допустимыми ресурсными издержками.

Составим гамильтониан:

$$H = -(x_2^2 + u^2) + p_1 x_2 + p_2 (-x_1 - 0,5x_2 + \sin t + u) \quad (5)$$

Найдем структуру оптимального управления:

$$\frac{\partial H}{\partial u} = 0 \Rightarrow \tilde{u} = 0,5p_2. \quad (6)$$

Запишем присоединенные уравнения:

$$\dot{p}_1 = -\frac{\partial H}{\partial x_1} \Rightarrow \dot{p}_1 = p_2, \quad (7)$$

$$\dot{p}_2 = -\frac{\partial H}{\partial x_2} \Rightarrow \dot{p}_2 = -p_1 + 0,5p_2 + 2x_2. \quad (8)$$

Составим замкнутую систему уравнений, используя вектор  $y(y_0, y_1, y_2, y_3)$  с компонентами  $y_0 = x_1$ ,  $y_1 = x_2$ ,  $y_2 = p_1$ ,  $y_3 = p_2$ :

$$\begin{aligned} \dot{y}_0 &= y_1, \\ \dot{y}_1 &= -y_0 - 0,5y_1 + \sin t + 0,5y_3, \\ \dot{y}_2 &= y_3, \\ \dot{y}_3 &= -y_2 + 0,5y_3 + 2y_1. \end{aligned} \quad (9)$$

Численный эксперимент. Ниже на рисунке 2 представлена программа решения исходной задачи, как двухточечной краевой задачи, с использованием стандартных функций `sbval(y,t1,t2,D,Ld,Sd)`, `rkfixed(y,t1,t2,n,D)` [11, 12, 13].



Представленные графики фазовых координат  $x_1(t) \Leftrightarrow X^{<1>}$ ,  $x_2(t) \Leftrightarrow X^{<2>}$  и управления  $u \Leftrightarrow U^{<0>}$  соответствуют оптимальному режиму движения системы. Как видно, пролонгированное движение является периодическим, но негармоническим – максимальная и минимальная амплитуды управления не равны по абсолютной величине. Характерно, что оптимальное управление и фазовая скорость изменяются в противофазе.

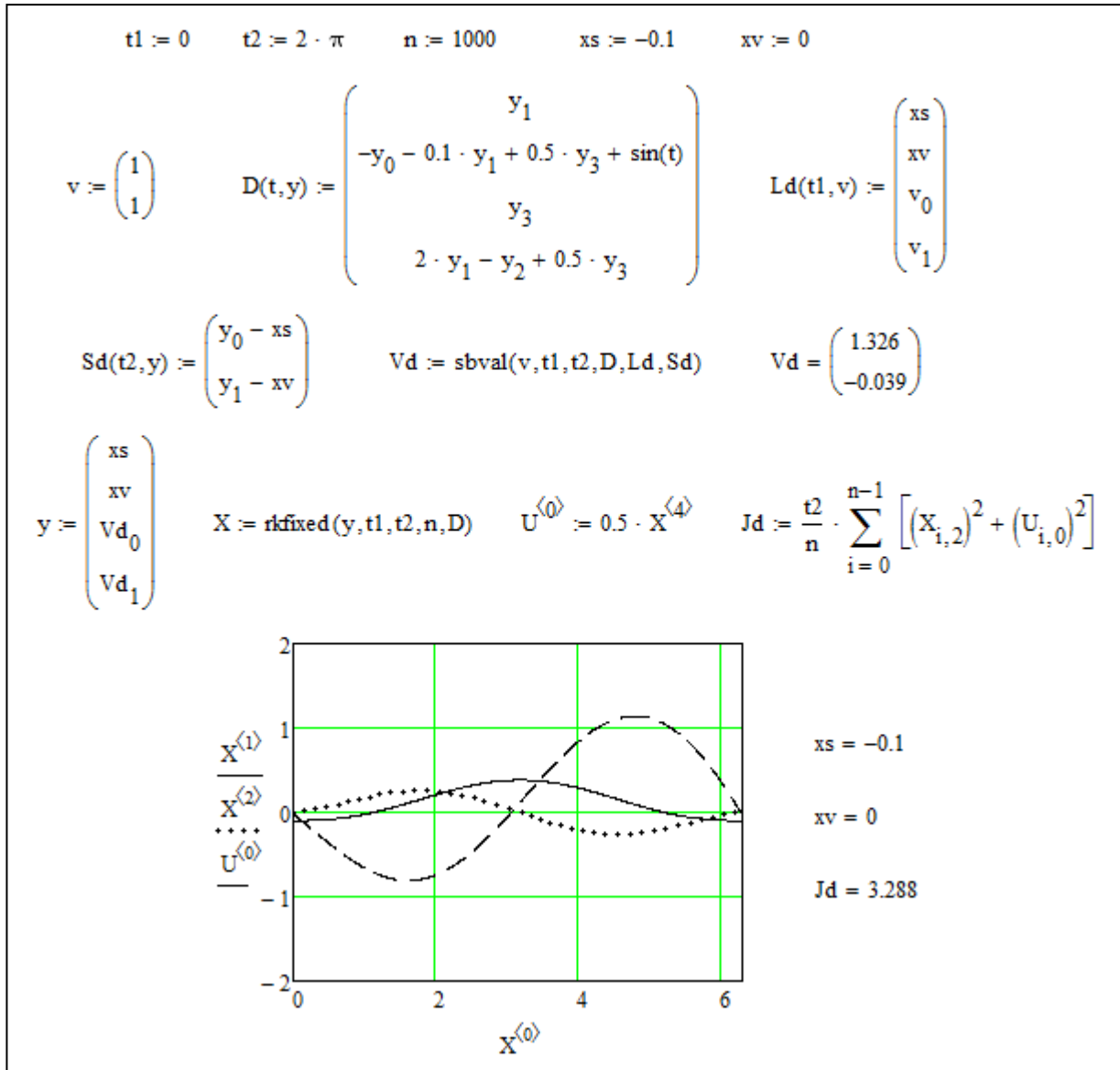


Рисунок 2 – Программа решения двухточечной краевой задачи

В результате моделирования субоптимальных управляемых динамических процессов выявлены начальные условия, при которых движение системы отвечает требованиям периодичности. Один из таких вариантов субоптимальной настройки исходной системы (при начальных условиях  $xs=-0,5$  и  $xv=0$ ) позволяет реализовать практически гармонические зависимости (рис. 3).

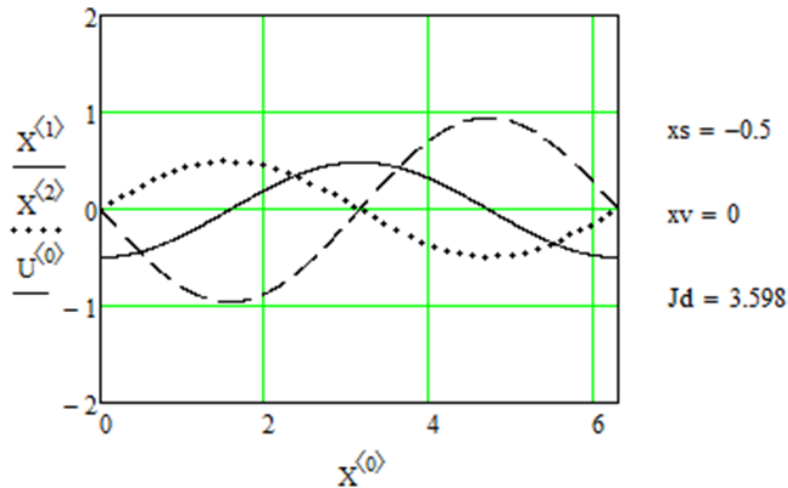


Рисунок 3 – Графики расчетных зависимостей

Как следствие, в данном случае для управления системой можно использовать динамический гаситель колебаний, настраиваемый на воспроизведение противофазного периодического закона изменения субоптимального управления [10].

### БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ С УПРАВЛЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ УПРУГО-ДЕМПФИРУЮЩИХ ЗВЕНЬЕВ

Определим процесс оптимального управления параметрами жесткости и демпфирования в нижеприведенных базовых моделях виброзащитных систем при кинематическом возмущении [14–20].

Первая базовая модель (БМ-1) – это модель с дополнительным упругим звеном:

$$\dot{x}_1 = x_2, \tag{10}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{u}{\eta^2} \int_0^\tau (x_2 - \cos \tau) dt - \frac{1}{\eta^2} (x_1 - \sin \tau).$$

В этой модели жесткость дополнительного упругого элемента отождествляется с управлением, а формируемое компенсационное воздействие зависит от относительного смещения и управления.

Вторая базовая модель (БМ-2) – это модель с демпфером вязкого сопротивления:

$$\dot{x}_1 = x_2, \tag{11}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{u}{\eta} (x_2 - \cos \tau) - \frac{1}{\eta^2} (x_1 - \sin \tau).$$

В этой модели вязкое сопротивление демпфирующего элемента отождествляется с управлением, а формируемое компенсационное воздействие зависит от относительной скорости.

Третья базовая модель (БМ-3) – это модель с фрикционным демпфером (демпером сухого трения):

$$\dot{x}_1 = x_2, \tag{12}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{u}{\eta^2} \text{sign}(x_2 - \cos \tau) - \frac{1}{\eta^2} (x_1 - \sin \tau).$$

В этой модели сила сухого трения, создаваемая фрикционным элементом демпфера, отождествляется с управлением, а формируемое компенсационное воздействие зависит от знаковой функции относительной скорости.

Компенсационные воздействия определяются из соотношений:

$$\text{(модель БМ-1)} \quad Q = \frac{u}{\eta^2} \int_0^\tau (x_2 - \cos \tau) dt, \quad (13)$$

$$\text{(модель БМ-2)} \quad Q = \frac{u}{\eta} (x_2 - \cos \tau), \quad (14)$$

$$\text{(модель БМ-3)} \quad Q = \frac{u}{\eta^2} \text{sign}(x_2 - \cos \tau). \quad (15)$$

Сформулируем общую для базовых моделей оптимизационную задачу.

Требуется найти оптимальное управление  $\tilde{u}$ , которое минимизирует функционал (2) при наличии ограничений ( $0 \leq u \leq u_1$ ) и внешних дифференциальных связей в виде принятых базовой модели.

Численный эксперимент по исследованию динамических свойств базовых моделей проводился в два этапа. На первом этапе посредством использования алгоритма минимаксной процедуры [2] находили оптимальную синтезирующую функцию управления. Вторым этапом – это воспроизведение посредством моделирования оптимальных динамических процессов, при которых функционал (2) принимает минимальное значение на временном интервале  $0 \dots \tau \dots T$ . При этом задавались различные начальные условия, ограничения на управление и частоты кинематического возмущения.

В результате применения минимаксной процедуры установлены оптимальные законы изменения параметров упругодемпфирующего звена базовых моделей. Общим признаком оптимальности для них является прерывистое изменение параметров жесткости и демпфирования. Причем дополнительный упругий элемент, демпфер вязкого и сухого трения включаются в работу в момент времени, когда скорость объекта становится больше скорости подвижного основания по абсолютной величине, и выключаются из работы в момент смены знака скорости объекта. Последнее условие реализуется только тогда, когда верхние ограничения управлений  $u_1$  не превышают номинальных (3,0; 2,4; 1,0), соответственно, для базовых моделей БМ-1, БМ-2, БМ-3. При выполнении данных ограничений оптимальные зависимости компенсационных воздействий воспроизводятся посредством синтезирующей функции управления релейно-прерывистого типа:

$$\tilde{u} = \begin{cases} u_1, & x_2(x_2 - \cos \tau) > 0, \\ 0, & x_2(x_2 - \cos \tau) < 0. \end{cases} \quad (16)$$

В случае, когда верхние значения ограничений превышают номинальные, то наблюдаются скользкие режимы управления. Аналогичные режимы управления характерны для активных систем виброзащиты (рис. 1,б).

Ниже, на рисунке 4, приведены выборочные результаты моделирования колебаний динамических систем (10) – (12) в «тяжелом» резонансном режиме кинематического возмущения, – представлены графики входных и выходных сигналов (графики скоростей защищаемого объекта и подвижного основания), а также графики оптимальных управлений и компенсационных воздействий.

Установлено, что при прочих равных условиях лучшие показатели эффективности виброзащиты обеспечивает базовая модель БМ-3. Минимальное значение функционала (2) у этой модели, соответственно, на 46% и 10% меньше чем у моделей БМ-1 и БМ-2. Это связано с тем, что модель БМ-3 реализует релейно-прерывистое компенсационное воздействие с основными признаками («чисто» релейного – эталонного) компенсационного воздействия активной системы (1).

Из приведенных на рисунке 4 данных следует, что с увеличением диапазона возможных изменений управлений эффективность виброзащиты объекта при кинематическом возмущении повышается.

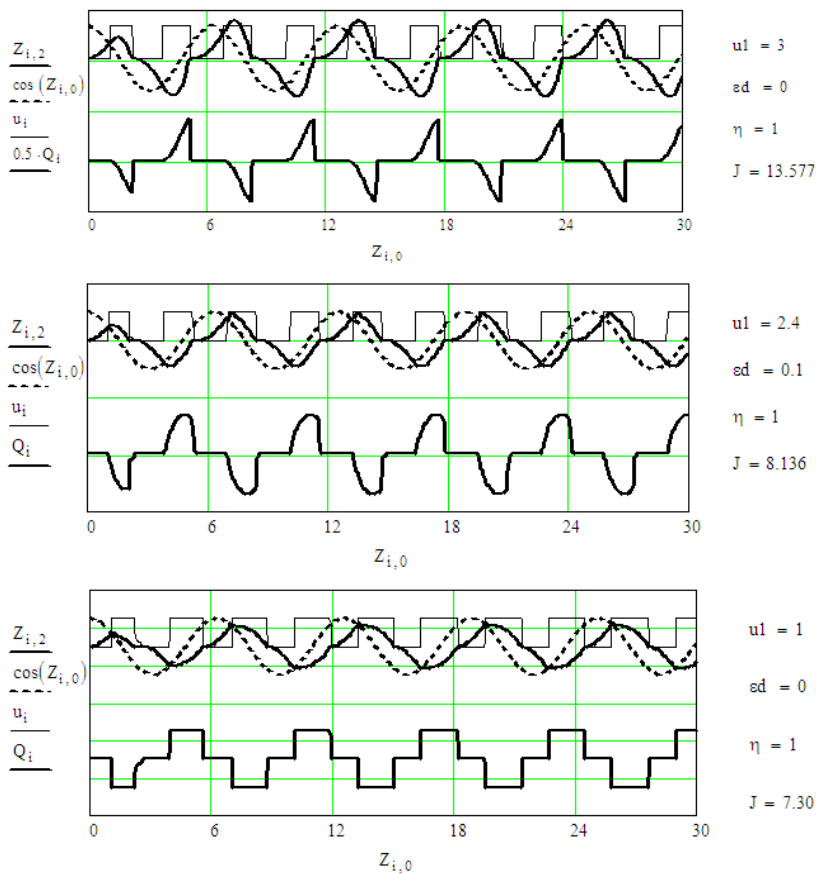


Рисунок 4 – Графики сигналов на входе и выходе базовых моделей, графики оптимальных управлений и компенсационных воздействий:  
 $ed$  – фоновое сопротивление среды,  
 $Z_{i0} \leftrightarrow t, Z_{i1} \leftrightarrow x_1, Z_{i2} \leftrightarrow x_2, u_i \leftrightarrow u/u1$ .

Приведем ряд соответствий.

Модель БМ-1 с дополнительным упругим элементом прерывистого действия:

$$\min J = 13,577 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 3; \quad \min J = 8,617 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 5; \quad \min J = 5,943 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 8.$$

Модель БМ-2 с гидравлическим демпфером прерывистого действия:

$$\min J = 8,136 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 2,4; \quad \min J = 5,161 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 4; \quad \min J = 3,393 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 8.$$

Модель БМ-3 с фрикционным демпфером прерывистого действия:

$$\min J = 7,302 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 1; \quad \min J = 3,006 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 1,25; \quad \min J = 1,952 \leftrightarrow 0 \leq u \leq 1,5.$$

То обстоятельство, что прерывистые компенсационные воздействия, формируемые дополнительным упругим элементом и демпфером вязкого сопротивления, имеют характерные наклоны и «пики» (экстремумы) приводит к определенному повышению интенсивности силовых взаимодействий между объектом и подвижным основанием. Очевидно, используя элементы силового позиционирования при формировании данных компенсационных воздействий (приближая их к «чисто» релейному типу), можно обеспечить не только снижение интенсивности силовых взаимодействий, но и существенно улучшить динамические свойства моделей БМ-1 и БМ-2, как систем виброзащиты.

Кроме того, если в моделях БМ-2 и БМ-3 процесс диссипации – это процесс перевода кинетической энергии в тепловую энергию, которая безвозвратно рассеивается в окружающую среду, то модель БМ-1 допускает принципиальную возможность организовать циклический процесс накопления потенциальной энергии деформации упругого элемента и парциального возвращения этой энергии в систему с положительным эффектом. В данном циклическом процессе используется эффект рекуперации энергии. Очевидно, что при соответствующей модернизации модели БМ-1, путем введения в ее состав рекуператора потенциальной энергии, ее динамические свойства существенно улучшатся. Данное утверждение основано на том, что рекупе-

ратор, как периодически подзаряжаемый источник энергии, позволяет формировать компенсационное воздействие, которое может быть приближено к «чисто» релейному – эталонному типу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомина, О.В. Экстремальные задачи и оптимизация: введение в теорию непрямого импульсного управления процессами колебаний [Текст] / О.В. Фомина, Ю.С. Степанов, В.И. Чернышев. – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 218 с.
2. Фомина, О.В. Прерывистое демпфирование в системах виброзащиты: основы теории, приложения [Текст] / О.В. Фомина – М.: Машиностроение-1, 2005. – 256 с.
3. Чернышев, В.И. Разработка основ классификации виброзащитных систем с импульсным управлением [Текст] / В.И. Чернышев // Известия Вузов. – Машиностроение. – 1988. – №4. – С. 11-13.
4. Чернышев, В.И. Ударное демпфирование колебаний при непрямом импульсном управлении [Текст] / В.И. Чернышев // Известия Вузов. Машиностроение. – 1997. – №7-9. – С. 5-10.
5. Чураков, Е.П. Оптимальные и адаптивные системы [Текст] / Е.П. Чураков. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.
6. Чернышев, В.И. Проявление локального эффекта в методе динамического программирования и оптимальное управление виброзащитных систем [Текст] / В.И. Чернышев // Известия Вузов. Приборостроение. – 1993. – №5. – С. 55-59.
7. Цирлин, А.М. Оптимальные циклы и циклические режимы [Текст] / А.М. Цирлин. – М.: Энергоиздат, 1985. – 264 с.
8. Фомина, О.В. Управление процессом демпфирования виброзащитных систем [Текст] / О.В. Фомина, В.И. Чернышев // Известия ОрелГТУ. Серия «Естественные науки». – 2004. – № 5-6. – С. 139-146
9. Дыхта, В.А. Оптимальное импульсное управление с приложениями [Текст] / В.А. Дыхта, О.Н. Самсонок. – М.: Физматлит, 2003. – 256 с.
10. Чернышев, В.И. Теоретические аспекты формирования оптимальных управляемых процессов виброзащиты [Текст] / В.И. Чернышев, Л.А. Савин, О.В. Фомина // Известия ЮЗГУ. Серия Техника и технологии. – 2013. - №3. - С.44-50.
11. Очков, В.Ф. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов [Текст] / В.Ф. Очков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.
12. Ивановский, Р.И. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем Mathcad Pro [Текст]: учебное пособие для вузов / Р.И. Ивановский. – М.: Высшая школа, 2003. – 431 с.
13. Дьяконов, В.П. MATHCAD 8/2001: специальный справочник [Текст] / В.П. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 832 с.
14. Чернышев, В.И. Определение параметров установившихся колебаний виброзащитной системы с управляемым динамическим гасителем методом гармонического баланса [Текст] / В.И. Чернышев, О.В. Фомина, Т.А. Барбашова // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. - № 1. – С. 23-30.
15. Чернышев, В.И. Систематизация виброзащитных систем с дополнительным упругодемпфирующим звеном прерывистого действия [Текст] / В.И. Чернышев, О.В. Фомина, Е.М. Гнеушева // Справочник. Инженерный журнал. – 2004. - №9. – С. 31-35.
16. Фомина, О.В. К определению параметров прерывистого демпфирования виброзащитной системы с сухим трением [Текст] / О.В. Фомина, В.И. Чернышев // Известия ОрелГТУ. - 2000. – №1. – С. 73–77.
17. Чернышев, В.И. Динамические свойства виброзащитных систем с дополнительным упругодемпфирующим звеном прерывистого действия [Текст] / В.И. Чернышев, О.В. Фомина, Е.М. Гнеушева // Справочник. Инженерный Журнал. – №5. - 2006. – 12 с.
18. Новиков, А.Н. Проблемы эксплуатации шаровых опор легковых автомобилей [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 3 (30). - С. 42-45.
19. 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.
20. Новиков, А.Н. 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.

### **Чернышев Владимир Иванович**

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

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

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»

E-mail: chernyshev\_46@mail.ru

### **Фомина Ольга Владимировна**

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»

V. I. CHERNYSHEV, O. V. FOMINOVA

## THE OPTIMIZATION PROBLEM OF CONTROL VIBRATING SYSTEMS SECURITY

*The paper discusses options of optimization synthesis of the reference models of active vibration isolation systems and the baseline models of vibration protection systems with controllable parameters of elastic-damping element.*

**Keywords:** vibration isolation system; optimal control; dynamic, elastic-damping element.

### BIBLIOGRAPHY

1. Fominova, O.V. Ekstremal`nye zadachi i optimizatsiya: vvedenie v teoriyu nepryamogo impul`snogo upravleniya protsessami kolebaniy [Tekst] / O.V. Fominova, YU.S. Stepanov, V.I. Chernyshev. - M.: Izdatel'skiy dom «Spektr», 2011. - 218 s.
2. Fominova, O.V. Preryvistoe dempfirovanie v sistemakh vibrozashchity: osnovy teorii, prilozheniya [Tekst] / O.V. Fominova - M.: Mashinostroenie-1, 2005. - 256 s.
3. Chernyshev, V.I. Razrabotka osnov klassifikatsii vibrozashchitnykh sistem s impul`snym upravleniem [Tekst] / V.I. Chernyshev // Izvestiya Vuzov. - Mashinostroenie. - 1988. - №4. - S. 11-13.
4. Chernyshev, V.I. Udarnoe dempfirovanie kolebaniy pri nepryamom impul`snom upravlenii [Tekst] / V.I. Chernyshev // Izvestiya Vuzov. Mashinostroenie. - 1997. - №7-9. - S. 5-10.
5. Churakov, E.P. Optimal`nye i adaptivnye sistemy [Tekst] / E.P. Churakov. - M.: Energoatomizdat, 1987. - 256 s.
6. Chernyshev, V.I. Proyavlenie lokal'nogo effekta v metode dinamicheskogo programmirovaniya i optimal'noe upravlenie vibrozashchitnykh sistem [Tekst] / V.I. Chernyshev // Izvestiya Vuzov. Priborostroenie. - 1993. - №5. - S. 55-59.
7. Tsirlin, A.M. Optimal`nye tsikly i tsiklicheskie rezhimy [Tekst] / A.M. Tsirlin. - M.: Energoizdat, 1985. - 264 s.
8. Fominova, O.V. Upravlenie protsessom dempfirovaniya vibrozashchitnykh sistem [Tekst] / O.V. Fominova, V.I. Chernyshev // Izvestiya OrelGTU. Seriya "Estestvennye nauki". - 2004. - № 5-6. - S. 139-146
9. Dykhata, V.A. Optimal'noe impul'snoe upravlenie s prilozheniyami [Tekst] / V.A. Dykhata, O.N. Samsornyuk. - M.: Fizmatlit, 2003. - 256 s.
10. Chernyshev, V.I. Teoreticheskie aspekty formirovaniya optimal'nykh upravlyaemykh protsessov vibrozashchity [Tekst] / V.I. Chernyshev, L.A. Savin, O.V. Fominova // Izvestiya YUZGU. Seriya Tekhnika i tekhnologii. - 2013. - №3. - S.44-50.
11. Ochkov, V.F. Mathcad 14 dlya studentov, inzhenerov i konstruktorov [Tekst] / V.F. Ochkov. - SPb.: BHV-Peterburg, 2007. - 368 s.
12. Ivanovskiy, R.I. Komp'yuternye tekhnologii v nauke i obrazovanii. Praktika primeneniya sistem Mathcad Pro [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / R.I. Ivanovskiy. - M.: Vysshaya shkola, 2003. - 431 s.
13. D'yakonov, V.P. MATHCAD 8/2001: spetsial'nyy spravochnik [Tekst] / V.P. D'yakonov. - SPb.: Piter, 2002. - 832 s.
14. Chernyshev, V.I. Opredelenie parametrov ustanovivshikhsya kolebaniy vibrozashchitnoy sistemy s upravlyaemym dinamicheskim gasitelem metodom garmonicheskogo balansa [Tekst] / V.I. Chernyshev, O.V. Fominova, T.A. Barbashova // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2015. - № 1. - S. 23-30.
15. Chernyshev, V.I. Sistematizatsiya vibrozashchitnykh sistem s dopolnitel'nym uprugodemfiruyushchim zvenom preryvistogo deystviya [Tekst] / V.I. Chernyshev, O.V. Fominova, E.M. Gneusheva // Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal. - 2004. - №9. - S. 31-35.
16. Fominova, O.V. K opredeleniyu parametrov preryvistogo dempfirovaniya vibrozashchitnoy sistemy s sukhim treniem [Tekst] / O.V. Fominova, V.I. Chernyshev // Izvestiya OrelGTU. - 2000. - №1. - S. 73-77.
17. Chernyshev, V.I. Dinamicheskie svoystva vibrozashchitnykh sistem s dopolnitel'nym uprugodemfiruyushchim zvenom preryvistogo deystviya [Tekst] / V.I. Chernyshev, O.V. Fominova, E.M. Gneusheva // Spravochnik. Inzhenernyy ZHurnal. - №5. - 2006. - 12 s.
18. Novikov, A.N. Problemy ekspluatatsii sharovykh opor legkovykh avtomobiley [Tekst] / A.N. Novikov, A.A. Katunin, M.D. Tebekin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 3 (30). - S. 42-45.
19. Novikov, A.N. Sovremennye 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.
20. Novikov, A.N. 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.

#### **Chernyshev Vladimir Ivanovich**

FGBOU VO «Oryol State University of name I.S. Turgeneva»

Doctor of Technical Sciences, Professor «International Mechatronics and Engineering»

E-mail: chernyshev\_46@mail.ru

#### **Fominova Olga Vladimirovna**

FGBOU VO «Oryol State University of name I.S. Turgeneva»

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor «Technical Mechanics and Engineering Graphics»

УДК 621.541

М.Ю. ЕЛАГИН, Е.М. СИДОРОВ

## ПРИБЛИЖЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОТАЦИОННЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Приведена методика приближенного проектирования пневматического двигателя с радиальными лопатками.*

**Ключевые слова:** пневматический двигатель, методика, приближенное проектирование.

При использовании разработанных математических моделей ротационных пневматических двигателей высокого уровня [11-18], в целях оптимального проектирования, необходимо задать начальную точку, то есть ряд начальных (независимых) конструктивных параметров, в дальнейшем оптимизируемых [2-5, 7].

Такие параметры, в принципе может задать проектировщик, однако чтобы избежать субъективных ошибок, лучше использовать алгоритмы приближенного проектирования пневматических двигателей и аналогичных объектов, в которых используется многолетний опыт по их созданию [6, 8-10].

1. Исходными данными для проектирования являются:

- необходимая эффективная мощность –  $N$ , кВт;
- число лопаток двигателя -  $z$ ;
- частота вращения вала двигателя -  $n$ , мин<sup>-1</sup>;
- давление на входе двигателя –  $p_1$ , ат;
- температура воздуха на входе в двигатель –  $T_0$ ;
- давление на выходе двигателя –  $p_2$ , ат.

2. Ниже представлен алгоритм приближенного проектирования.

2.1. Адиабатная работа, получаемая при расширении 1 кг рабочего тела.

$$l_{ad} = \frac{RT_0}{1-k} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right],$$

где  $R$  – газовая постоянная,  $k$  – показатель адиабаты ( $k=1,4$ ),  $p_2$  – давление на выходе,  $p_1$  – давление на входе двигателя.

2.2. Массовый расход рабочего тела

$$G_a = \frac{N}{\eta_e l_{ad}},$$

где  $N$  – требуемая мощность двигателя;

$\eta_e$  – эффективный КПД пневматического двигателя (0,1...0,3).

2.3. Теоретический объемный расход

$$V_m = \frac{G_a}{\rho_1},$$

где  $\rho_1 = \frac{p_1}{RT_1}$ .

2.4. Радиус цилиндра двигателя

$$R_u = \sqrt[3]{\frac{V_m}{C e \ln}},$$

где  $C$  – коэффициент зависящий в основном от числа пластин [19] (табл. 1);

$\bar{e} = \frac{e}{R_{\psi}}$  - относительный эксцентриситет (0,1... 0,15);

$\bar{l} = \frac{l}{R_{\psi}}$  - относительная длина ротора (2,2... 3,6).

Таблица 1 - Коэффициент, учитывающий влияние числа пластин

|     |      |      |      |       |       |      |      |      |       |
|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| $z$ | 2    | 3    | 4    | 5     | 6     | 8    | 10   | 12   | >12   |
| $C$ | 9,90 | 11,3 | 11,8 | 12,10 | 12,20 | 12,3 | 12,4 | 12,5 | 12,57 |

$\frac{h}{e} = 3,5... 4$  ( $h$  – высота пластины),  $\frac{h}{r} = 0,5... 0,65$  ( $r$  – радиус ротора).

При проектировании необходимо выдержать важный параметр – среднюю окружную скорость скольжения пластины по цилиндру ( $u_{cp}$ ), которая влияет на потерю энергии на трение и износ пластин в прямой зависимости и на габаритные размеры цилиндра – в обратной [19].

$$u_{cp} = \pi R_{\psi} n (2 + \bar{e}).$$

Неметаллические лопатки из текстолита при наличии смазывания допускают среднюю окружную скорость 10...16 м/с. Толщина неметаллических лопаток  $\Delta = 3...12$  мм.

Для металлических лопаток  $u_{cp} \leq 8$  м/с. Толщина стальных лопаток  $\Delta = 1,5...3$  мм [19-23].

Результаты приближенного проектирования рассмотрим на следующих примерах.

I. Определить основные конструктивные параметры двигателя с требуемой мощностью  $N = 1800$  Вт;  $n = 4000$  об/мин;  $z = 6$ ;  $p_1 = 5$  ат;  $T_o = 293$  К;  $p_2 = 1$  ат. (Прототипы: сверлильная машина РС-32, горное сверло СР-3 [1]).

$$l_{ad} = \frac{RT_o}{1-k} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{287 \cdot 293}{1-1,4} \left[ \left( \frac{1,0}{5,0} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = 77554 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

$$G_a = \frac{N}{\eta_e l_{ad}} = \frac{1800}{0,3 \cdot 77554} = 0,0774 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$V_m = \frac{G_a}{\rho_1} = \frac{G_a}{p_1} \cdot RT_o = \frac{0,0774}{5,0 \cdot 98100} \cdot 287 \cdot 293 = 0,0133 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

$$R_{\psi} = \sqrt[3]{\frac{V_m}{C e \ln}} = \sqrt[3]{\frac{0,0133 \cdot 60}{12,2 \cdot 0,15 \cdot 2,3 \cdot 4000}} = 0,036 \text{ м}.$$

$$e = \bar{e} R_{\psi} = 0,15 \cdot 0,036 = 0,0054 \text{ м}.$$

$$l = \bar{l} R_{\psi} = 2,3 \cdot 0,036 = 0,083 \text{ м}.$$

$$h = 4 \cdot e = 4 \cdot 0,0054 = 0,022 \text{ м}.$$

$$h = (0,5...0,65) \cdot r = (0,5...0,65) \cdot (R_{\psi} - e) = 0,65 \cdot (0,036 - 0,0054) = 0,020 \text{ м}.$$



$$\Delta = 4 \text{ мм}.$$

$$u_{cp} = \pi R_y n (2 + \bar{e}) = 3,1415 \cdot 0,036 \cdot \frac{4000}{60} (2 + 0,15) = 16,0 \frac{\text{м}}{\text{с}} \left( \leq 16 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

В таблице 2 приведены результаты приближенного проектирования по основным геометрическим параметрам ротационного пневматического двигателя.

Таблица 2 - Результаты приближенного проектирования

| Параметры  | Расчет | Сверлильная машина РС-32, горное сверло СР-3 [1] |
|--|--------|--|
| Количество лопаток, $z$  | 6      | 6  |
| Число оборотов $n$ , об/мин  | 4000   | 4000   |
| Эксцентриситет $e$ , мм  | 5,4    | 6  |
| Радиус цилиндра $R_y$ , мм   | 36     | 36   |
| Длина ротора $l$ , мм  | 83     | 85   |
| Высота лопатки $h$ , мм  | 22     | 25   |
| Средняя окружная скорость скольжения пластины по цилиндру $u_{cp}$ , м/с | 16     | $\leq 16$  |

Точность полученных результатов находится в пределах 10 %.

II. Определить основные конструктивные параметры двигателя с требуемой мощностью  $N = 600$  Вт;  $n = 4000$  об/мин;  $z = 6$ ;  $p_1 = 6,5$  ат;  $T_o = 293$  К;  $p_2 = 1$  ат. (Прототип - ударный пневмогайковерт RP7431 [20]).

$$l_{ад} = \frac{RT_o}{1-k} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = \frac{287 \cdot 293}{1-1,4} \left[ \left( \frac{1}{6,5} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = 87145 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

$$G_a = \frac{N}{\eta_e l_{ад}} = \frac{600}{0,3 \cdot 87145} = 0,023 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$V_m = \frac{G_a}{\rho_1} = \frac{G_a}{p_1} \cdot RT_o = \frac{0,023}{6,5 \cdot 98100} \cdot 287 \cdot 293 = 0,003 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

$$R_y = \sqrt[3]{\frac{V_m}{C e \ln}} = \sqrt[3]{\frac{0,003 \cdot 60}{12,2 \cdot 0,15 \cdot 2,3 \cdot 4000}} = 0,022 \text{ м}.$$

$$e = \bar{e} R_y = 0,15 \cdot 0,022 = 0,0033 \text{ м}.$$

$$l = \bar{l} R_y = 2,3 \cdot 0,022 = 0,0506 \text{ м}.$$

$$h = 4 \cdot e = 4 \cdot 0,0033 = 0,0132 \text{ м}.$$

$$h = (0,5 \dots 0,65) \cdot r = (0,5 \dots 0,65) \cdot (R_y - e) = 0,65 \cdot (0,022 - 0,0033) = 0,0122 \text{ м}.$$

$$\Delta = 3 \text{ мм}.$$

$$u_{cp} = \pi R_{ц} n (2 + \bar{e}) = 3,1415 \cdot 0,022 \cdot \frac{4000}{60} (2 + 0,15) = 9,9 \frac{м}{с} \left( < 16 \frac{м}{с} \right).$$

В таблице 3 приведены результаты приближенного проектирования.

Таблица 3 - Результаты приближенного проектирования

| Параметры  | Расчет | Ударный пневмогай-коверт RP7431 [20] |
|--|--------|--------------------------------------|
| Количество лопаток, $z$  | 6      | 6                                    |
| Число оборотов $n$ , об/мин  | 4000   | 4000                                 |
| Эксцентриситет $e$ , мм  | 3,3    | 3,2                                  |
| Радиус цилиндра $R_{ц}$ , мм   | 22     | 22,5                                 |
| Длина ротора $l$ , мм  | 50,6   | 38,4                                 |
| Высота лопатки $h$ , мм  | 13,2   | 13,5                                 |
| Средняя окружная скорость скольжения пластины по цилиндру $u_{cp}$ , м/с | 9,9    | $\leq 16$                            |

За исключением длины ротора точность полученных результатов находится в пределах 3 %. Следует отметить, что гайковерт RP7431 иностранного производства и при его проектировании, возможно, использовались иные, чем в РФ соотношения между основными конструктивными параметрами.

Тем не менее, анализируя полученные результаты можно сделать вывод о возможном использовании разработанной методики при приближенном проектировании пневматических двигателей различного назначения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленецкий, С.Б. Ротационные пневматические двигатели [Текст] / С. Б. Зеленецкий, Е.Д. Рябков, А.Г. Микеров. – Ленинград: Машиностроение, 1976. - 240 с.
2. Елагин, М.Ю. Термодинамика открытых систем [Текст] / М.Ю. Елагин. – Тула: ТулГУ, 2011. – 310с. – Библиогр.: С. 236 - 242. – ISBN 978-5-7679-1890-4.
3. Елагин, М.Ю. Термодинамика открытых систем [Текст] / М.Ю. Елагин. – Тула: ТулГУ, 2013. – 400 с. - Библиогр.: С. 300 - 308. - 500 экз. – ISBN 978-5-7679-2451-6.
4. Елагин, М.Ю. Определение механических потерь в ротационном двухкамерном пластинчатом компрессоре [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Чуканова // Известия ТулГУ. Серия автомобильный транспорт. - Тула. - 2002. - Вып. 6. – С. 31-34.
5. Елагин, М.Ю. Математическое моделирование рабочих процессов аксиальных поршневых компрессоров [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Чуканова // Известия ТулГУ. Серия автомобильный транспорт.– Тула. - 2002. - Вып. 6. - С. 102-108.
6. Елагин, М.Ю. Приближенное проектирование компрессоров для систем кондиционирования автомобилей [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Чуканова // Известия ТулГУ. Серия автомобильный транспорт. – Тула. - 2002. - Вып. 6. – С. 37-42.
7. Елагин, М.Ю. Оптимальное проектирование компрессоров для систем кондиционирования автомобилей [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Чуканова // Известия ТулГУ. Серия автомобильный транспорт. – Тула. - 2002. - Вып. 6. – С. 35-37.
8. Елагин, М.Ю. Алгоритмы приближенного проектирования компрессоров систем кондиционирования автомобилей [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Чуканова // Использование динамических характеристик рабочих процессов тепловых двигателей для проектирования, эксплуатации, диагностики и ремонта. - Казань: КГСА. - 2004. - С. 101-107.
9. Елагин, М.Ю. Приближенное проектирование роторно-поршневого двигателя [Текст] / М.Ю. Елагин, С.В. Федотов // Известия ТулГУ. Серия автомобильный транспорт. – Тула: 2004. - Вып. 8. - С. 139-143.
10. Елагин, М.Ю. Приближенное проектирование роторно-поршневого двигателя эпитрохoidalных и гипотрохoidalных схем [Текст] / М.Ю. Елагин, В.С. Кузин // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей. – Владимир. - 2008. - С. 196-200.
11. Елагин, М.Ю. Математическая модель ротационного пневматического двигателя [Текст] // III Международная науч.-техн. конф. - Курск: Юго-Зап. гос. ун-т. – 2011. - С. 43-48.
12. Елагин, М.Ю. Расчет механических потерь в ротационном пневматическом двигателе [Текст] / М.Ю. Елагин // III Международная науч.-техн. конф., Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: 2011. - С. 48-53.

13. Елагин, М.Ю. Определение протечек газа в ротационных пневматических двигателях [Текст] / М.Ю. Елагин // III Международная науч.-техн. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т. - 2011. - С. 54-59.
14. Елагин, М.Ю. Моделирование рабочего процесса ротационного пневматического двигателя с радиальными лопатками [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Сидоров // Известия ТулГУ. Серия: Технич. науки. - Тула. - 2014. - Вып. 6. – С. 88-96.
15. Елагин, М.Ю. Расчет рабочих процессов ротационных пневматических двигателей [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Сидоров // Известия ТулГУ. Серия: Технич. науки. – Тула. – 2014. - Вып. 6. - С. 97-102.
16. Елагин, М.Ю. Определение минимальной частоты вращения ротора пневматического гайковерта [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Сидоров // Сборка в машиностроении. – Москва: Машиностроение. – 2014. - №9. С. 11-12.
17. Елагин, М.Ю. Моделирование рабочего процесса ротационного пневматического двигателя с тангенциальными лопатками [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Сидоров // Известия ТулГУ. Серия: Технич. науки. – Тула. - 2015. - Вып. 12. - Ч.1. - С. 170-178.
18. Елагин, М.Ю. К расчету механических потерь ротационных пневматических двигателей [Текст] / М.Ю. Елагин, Е.М. Сидоров // Известия ТулГУ. Серия: Технич. науки. – Тула. - 2015. - Вып. 11. - Ч.1. - С. 180-186.
19. Холодильные машины [Текст]: учебн. для втузов / Н.Н. Кошкин, И.А. Сакун, Е.М. Бамбушек и др.; под общ. ред. И.А. Сакуна. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 510 с.
20. [http://ru.made-in-china.com/co\\_ericnie/product\\_Rongpeng-Professional-Air-Impact-Wrench- RP7431L\\_euygryiyg.html](http://ru.made-in-china.com/co_ericnie/product_Rongpeng-Professional-Air-Impact-Wrench- RP7431L_euygryiyg.html).
21. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Сборник докладов международной научно-технической конференции «Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин». – Тюмень, 2006. - С. 146-148.
22. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - № 4. - 2007. - С. 90-97.
23. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппови др. - Орел: ОрелГТУ, 2010. - 254 с.

**Елагин Михаил Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Адрес: Россия, 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

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

E-mail: elaginmy@rambler.ru

**Сидоров Евгений Михайлович**

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»

Адрес: Россия, 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

Аспирант кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»

E-mail: sidorov@klax.tula.ru

---

M.YU. ELAGIN, E.M. SIDOROV

## THE APPROXIMATE DESIGN OF ROTARY PNEUMATIC ENGINES

*The methods of approximate design of pneumatic motor with radial blades.*

**Keywords:** *pneumatic engine, the method, an approximate design.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Zeleneckij S. B. Rotacionnye pnevmaticheskie dvigateli [Tekst]/ S. B. Zeleneckij, E. D. Rjabkov, A. G. Mikerov – Leningrad: Mashinostroenie, 1976. - 240 s.
2. Elagin M. Ju. Termodinamika otkrytyh system [Tekst]/M. Ju. Elagin – Tula: TulGU, 2011. – 310s. - Bibliogr.: С. 236-242.- 500 ekz. – ISBN 978-5-7679-1890-4.
3. Elagin M. Ju. Termodinamika otkrytyh system [Tekst]/M. Ju. Elagin – Tula: TulGU, 2013. – 400s. Bibliogr.: С. 236-242. - 500 ekz. – ISBN 978-5-7679-2451-6.
4. Elagin M. Ju., Opredelenie mehanicheskikh poter' v rotacionnom dvuhkamernom plastinchatom kompressore [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Chukanova // Izvestija TulGU. Serija avtomobil'nyi transport, Vyp. 6. – Tula: 2002. S. 31-34.
5. Elagin M. Ju. Matematicheskoe modelirovanie rabochih processov aksial'nyh porshnevnyh kompressorov [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Chukanova // Izvestija TulGU. Serija avtomobil'nyi transport, Vyp. 6/ - Tula: 2002. S. 102-108.

6. Elagin M. Ju. Priblizhennoe proektirovanie kompressorov dlja sistem kondicionirovanija avtomobilej [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Chukanova // Izvestija TulGU. Serija avtomobil'nyi transport, Vyp. 6. Tula: 2002. S. 37-42.
7. Elagin M. Ju. Optimal'noe proektirovanie kompressorov dlja sistem kondicionirovanija avtomobilej [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Chukanova // Izvestija TulGU. Serija avtomobil'nyi transport, Vyp. 6. – Tula. 2002. S. 35-37.
8. Elagin M. Ju. Algoritmi priblizhennogo proektirovanija kompressorov sistem kondicionirovanija avtomobilej [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Chukanova // Ispol'zovanie dinamicheskikh karakteristik rabochih processov teplovyh dvigatelej dlja proektirovanija, ecspluatacii, diagnostiki i remonta. - Kazan', KGSA, 2004. S. 101-107.
9. Elagin M. Ju. Priblizhennoe proektirovanie rotorno-porshneвого dviatelja [Tekst]/ M. Ju., Elagin, S. V. Fedotov // Izvestija TulGU. Serija avtomobil'nyi transport, Vyp. 8. – Tula. 2004. S. 139-143.
10. Elagin M. Ju., Kuzin V. S. Priblizhennoe proektirovanie rotorno-porshneвого dviatelja epitrohidnyh и gipotrohidnyh shem [Tekst]/ M. Ju. Elagin, V. S. Kuzin// Fundamental'nye i prikladnye problemy sovershenctvovanija porshnevnyh dvigatelej. – Vladimir: 2008. S. 196-200.
11. Elagin M. Ju. Matematicheskaja model' rotacionnogo pnevmaticheskogo dviatelja [Tekst] // III Mezhdunarodnaja nauch.-tehn. konf., Jugo-Zap. gos. un-t. – Kursk: 2011. S. 43-48.
12. Elagin M. Ju. Rascet mehanicheskikh poter' v rotacionnom pnevmaticheskom dviatеле [Tekst]// III Mezhdunarodnaja nauch.-tehn. konf., Jugo-Zap. gos. un-t. – Kursk: 2011. S. 48-53.
13. Elagin M. Ju. Opredelenie proteчек газа v rotacionnyh pnevmaticheskikh dviateljah [Tekst]// III Mezhdunarodnaja nauch.-tehn. konf., Jugo-Zap. gos. un-t. – Kursk: 2011. S. 54-59.
14. Elagin M. Ju. Modelirovanie rabocheго processa rotacionnogo pnevmaticheskogo dviatelja s radial'nymi lopatkami [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Sidorov// Izvestija TulGU. Serija: Tehnich. nauki. Vyp. 6. – Tula, 2014. S. 88-96.
15. Elagin M. Ju. Raschet rabochih processov rotacionnyh pnevmaticheskikh dvigatelej [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Sidorov // Izvestija TulGU. Serija: Tehnich. nauki. Vyp. 6. – Tula, 2014. S. 97-102.
16. Elagin M. Ju. Opredelenie minimal'noj chastoty vrashhenija rotora pnevmaticheskogo gajkoverta [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Sidorov // Sbornik v mashinostroenii. – M.: Mashinostroenie. – 2014. - № 9. S. 11-12.
17. Elagin M. Ju. Modelirovanie rabocheго processa rotacionnogo pnevmaticheskogo dviatelja s tangencial'nymi lopatkami [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Sidorov // Izvestija TulGU. Serija: Tehnich. nauki. Vyp. 12. Ch.1. – Tula, 2015. S. 170-178.
18. Elagin M. Ju. K raschetu mehanicheskikh poter' rotacionnyh pnevmaticheskikh dvigatelej [Tekst]/ M. Ju. Elagin, E. M. Sidorov // Izvestija TulGU. Serija: Tehnich. nauki. Vyp. 11. Ch.1. – Tula, 2015. S. 180-186.
19. Holodil'nye mashiny [Tekst]: Uchebn. dlja vtuzov [Tekst]/ N. N. Koshkin, I. A. Sakun, E. M. Bambushek i dr.; Pod obshh. red. I. A. Sakuna. – Leningrad: Mashinostroenie, 1985. – 510s.
20. [http://ru.made-in-china.com/co\\_ericnie/product\\_Rongpeng-Professional-Air-Impact-Wrench- RP7431L\\_eygrriyg.html](http://ru.made-in-china.com/co_ericnie/product_Rongpeng-Professional-Air-Impact-Wrench- RP7431L_eygrriyg.html).
21. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Sbornik dokladov mezhdunarodnoy na-uchno-tehnicheskoy konferentsii "Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tehnologicheskikh ma-shin". - Tyumen', 2006. - S. 146-148.
22. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta (MADI). - № 4. - 2007. - S. 90-97.
23. Ekologicheskaya bezopasnost' avtomobil'nogo transporta [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / E.V. Bondarenko, A.N. Novikov, A.A. Filippovi dr. - Orel: OrelGTU, 2010. - 254 s.

**Elagin Mikhail Yur'evich**

FGBOU VO «Tula State University»

Address: Russia, 300012, g. Tula, pr. Lenina, 92

Dr. of Technical Science, professor Department «The Automobile and Automobile Economy»

E-mail: elaginmy@rambler.ru

**Sidorov Evgeni Mikhailovich**

FGBOU VO «Tula State University»

Address: Russia, 300012, g. Tula, pr. Lenina, 92

Aspirant Department «The Automobile and Automobile Economy»

E-mail: sidorov@klax.tula.ru

УДК 621.9

Г.В. БАРСУКОВ, Т.А. ЖУРАВЛЕВА, О.Г. КОЖУС

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО АБРАЗИВА ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНОГО РЕЗАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВА АВТОМОБИЛЕЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

*Авторами статьи получены экспериментальные зависимости расслоения стеклопластика, используемого для изготовления элементов кузова автомобилей при резании гидроабразивной струей наномодифицированным абразивом, что позволило улучшить качество обработанных поверхностей.*

**Ключевые слова:** гидроабразивное резание, многослойные материалы, стеклопластик, модификация поверхности, абразив

Одним из перспективных материалов для автомобильной промышленности является стеклопластик. Кроме несущих элементов стеклопластик нашел широкое применение для изготовления различных элементов кузова автомобиля, подкрылков, накладок, кабин и элементов внутреннего интерьера.

В конструкции этих деталей, как правило, содержится большое количество сквозных элементов (отверстий, окон и пазов различной конфигурации), получение которых не обходится без применения дополнительных операций обработки различными методами.

В настоящее время наиболее широко распространенным методом обработки элементов кузова автомобилей из стеклопластиков является механическая обработка. Однако применение этого метода обработки, для рассматриваемых материалов связана с рядом трудностей и недостатков.

Эти трудности заключаются в быстром затуплении режущего инструмента, большом шуме и запыленности рабочего места и объясняются, в основном, особенностями физико-механических свойств, строения и структуры материала, высокими абразивными качествами наполнителя, их высокой механической анизотропией и неоднородностью составных частей. Интенсивное затупление режущей части инструмента связано с большим количеством переточек и быстрым выходом инструмента из строя, что усложняет общую технологию процесса [1].

Поэтому при исследованиях процесса механической обработки кузовов автомобилей из стеклопластиков основное внимание уделяется вопросу стойкости режущего инструмента, так как все остальные факторы механической обработки являются производными от нее.

Основными путями повышения стойкости инструмента является изыскание и создание новых материалов для изготовления режущего инструмента, поиск оптимальной геометрии заточки инструмента и оптимальных режимов резания, применение различных методов дополнительной обработки рабочих поверхностей инструмента, применение в процессе резания различных методов охлаждения, внесение изменений в конструкцию инструмента [1].

Все эти меры, если и повышают стойкость инструмента, но не решают полностью вопроса стойкости.

Одной из важнейших задач отрасли машиностроения, определяющей технический прогресс в промышленности, является дальнейшее ее развитие по пути переоснащения предприятий высокопроизводительными технологиями обработки и современным оборудованием, позволяющими значительно сократить производственный цикл изготовления деталей при обеспечении заданной точности и качества обработки.

К числу таких перспективных процессов разделения материалов следует отнести гидроабразивное резание (ГАР), основанное на процессах разрушения под действием сверхзвукового потока жидкости и абразива [1-8].

Основной проблемой обработки стеклопластиков методом ГАР является возникновение расслоений различной величины (до 70... 80 мм) в местах прошивки материала гидроабразивной струей.

При большом количестве работ, посвященным ГАР, отсутствуют практически применимые методы исключения расслоения материала, а также рекомендации и расчетные модели по выбору режимов прошивки стеклопластиков, позволяющие исключить возникновение расслоений материала.

Исходя из сказанного, изучение процесса прошивки стеклопластиков и разработка технологических рекомендаций по их обработке методом ГАР является актуальной научно-технической задачей.

Так как основной проблемой использования данного высокоэффективного метода при обработке элементов кузова автомобиля из стеклопластиков является возникновение расслоений в материале при его начальной прошивке абразивно-жидкостной струей, то за основной критерий качества обработки принимается отсутствие расслоений на поверхности готовой детали.

Производственный опыт по резке элементов кузова автомобиля из стеклопластика выявил проблему образования расслоений различной величины от 1...5 мм до 70...80 мм в местах начальной прошивки материала (рисунок 1). Причина возникновения расслоений при прошивке заключается в следующем: при воздействии скоростного потока жидкости на слоистый материал струя, внедряясь на некоторую глубину и отражаясь от плоскости воздействия, оказывает гидродинамическое давление на боковые стенки реза, частично разрушает их и под действием гидроклина проникает по микротрещинам и микродефектам между слоями наполнителя, расслаивает материал и образует вздутия в прилегающей к резу зоне.

При дальнейшем резании стеклопластиков струей расслоения в материале не образуются.

В связи с отсутствием практически применимых рекомендаций и расчетных моделей по выбору режимов начальной прошивки материала (имеющиеся расчетные зависимости основаны на моделировании самого процесса резания), были проведены экспериментальные исследования по прошивке стеклопластика с целью выявить технологические параметры и эффекты их взаимодействия, оказывающие наиболее существенное, доминирующее влияние на величину расслоений.

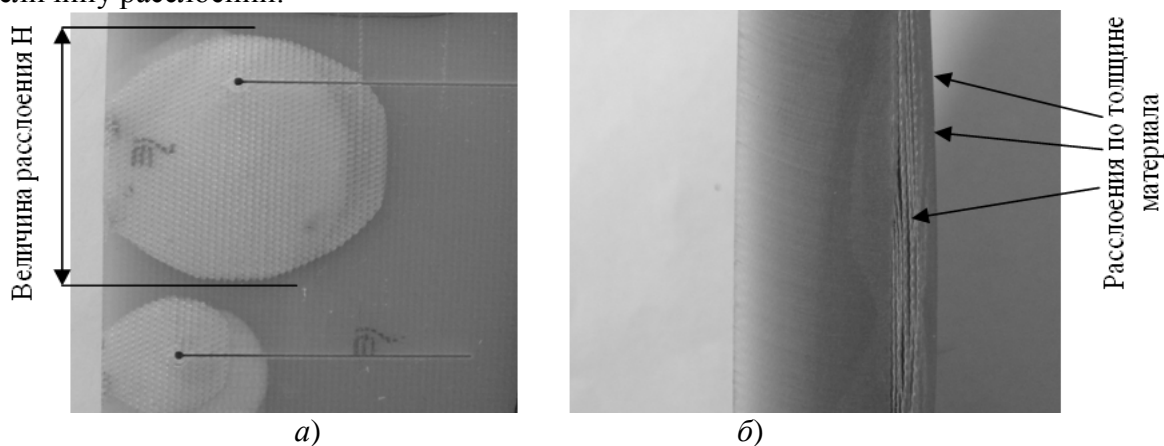


Рисунок 1 – Экспериментальные образцы:  
а - вид сверху, б – вид слева (торец заготовки)

Основными технологическими параметрами при начальной прошивке материала являются [9]:

- траектория движения фокусирующей трубки при прошивке (с движением фокусирующей трубки по окружности или с неподвижной фокусирующей трубкой);
- давление истечения гидроабразивной струи;
- расход абразивного материала;
- зернистость и тип абразивного материала.

Экспериментально получены зависимости величины расслоения материала от технологических режимов и характера движения фокусирующей трубки при прошивке.

Выяснено, что для обработки слоистых стеклопластиков предпочтительнее выбирать прошивку с движением фокусирующей трубки по окружности, если оборудование позволяет его производить. Это связано с лучшим отводом отработанной абразивно-жидкостной смеси из зоны резания.

На величину расслоения также значительно влияет давление при прошивке материала. С ростом давления увеличивается размер расслоения материала.

При прошивке с движением фокусирующей трубки по окружности на величину расслоения существенно (до 10%) оказывают средний размер абразивного зерна и диаметр выходного отверстия фокусирующей трубки.

Установлено, что с увеличением размера абразивного зерна увеличивается величина расслоения (рис. 2).

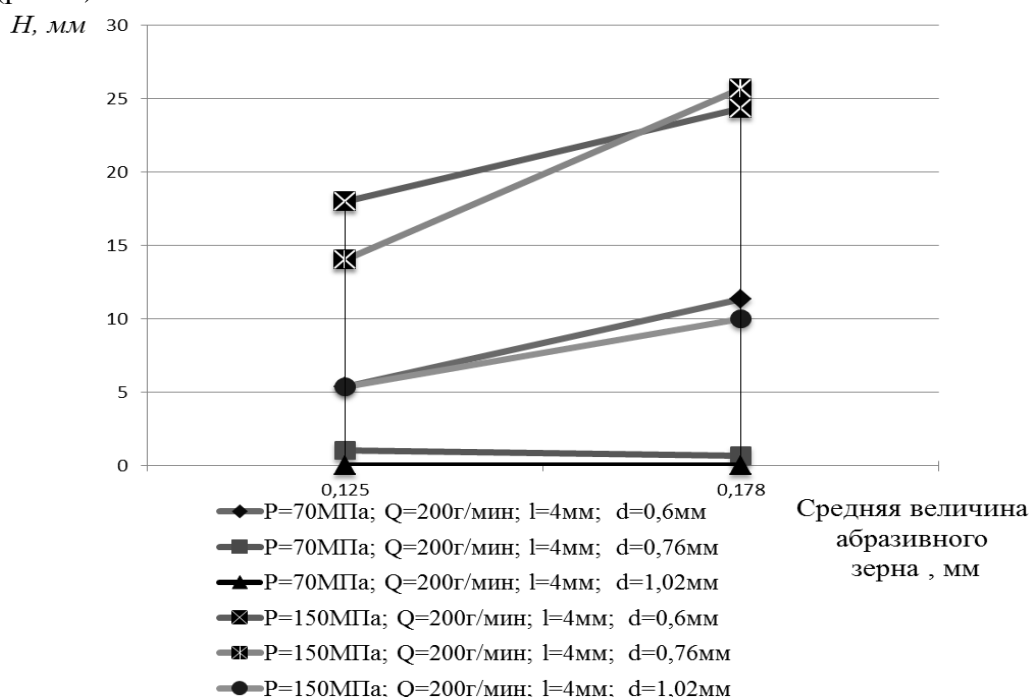


Рисунок 2 - Влияние величины абразивного зерна на величину расслоения материала

Предпочтительнее использование для гидроабразивной резки элементов кузова автомобиля из стеклопластика абразив зернистостью 120 mesh.

Обычно в качестве абразивов используется гранат. Известно, что эффективность резания гидроабразивной струей увеличивается с ростом твердости абразивных частиц по отношению к твердости разрезаемого материала.

Использование сверхтвердых абразивов типа электрокорунда и карбида кремния оказалось непрактичным, потому что они оказывают влияние на быстрый износ сопла (фокусирующей трубки). Даже, когда фокусирующая трубка изготовлена из сверхтвердого материала на основе соединений карбида, срок ее службы может составлять несколько минут.

Исходя из этого, используют абразив типа граната, позволяющий резать металлы и или хрупкие материалы. Гранат имеет приемлемую твердость для резания большинства металлов и причиняет меньший износ соплу по сравнению с электрокорундом и карбидом кремния. Однако, использование граната для процесса резания гидроабразивной струей связано с финансовыми затратами, потому что это - относительно редкий минерал, а процесс его очистки дорогостоящ.

Поэтому возникает потребность в разработке для процесса резания элементов кузова автомобиля из стеклопластиков гидроабразивной струей новых вариантов абразивов, сопоставимых гранату, но менее дорогостоящих, что позволит расширить область применения данного процесса [10].

Для получения материалов сопоставимых гранатовому абразиву выбираем дешевые абразивные материалы с последующей модификацией – вторичные техногенные материалы (техногенные побочные продукты промышленности) при обработке которых формируются новые свойства материала.

Абразивные материалы на основе побочных продуктов являются результатом производственных процессов. Среди них шлак, получаемый при выплавке металла или при производстве электроэнергии.

Главными компонентами шлаков производства железа и стали являются оксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ), оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), оксид кальция ( $\text{CaO}$ ) и оксид магния ( $\text{MgO}$ ), содержание которых в составе этих шлаков достигает 95%. К неосновным компонентам состава этих шлаков относятся оксиды марганца и железа, соединения серы с металлами, а также следовые количества некоторых других веществ. Физические свойства, такие как плотность, пористость и размеры частиц, зависят от скорости охлаждения шлака и его химического состава.

Химический состав доменных шлаков представлен в основном четырьмя оксидами:  $\text{CaO}$  (29 - 30%),  $\text{MgO}$  (0-18%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (5-23%) и  $\text{SiO}_2$  (30-40%). В небольшом количестве в них содержатся оксиды железа (0,2-0,6%) и марганца (0,3-1%), а также сера (0,5-3,1%). Сталеплавильные шлаки характеризуются более высоким содержанием оксидов железа (до 20%) и марганца (до 10%).

Химический состав значительно влияет на физические свойства шлаковых расплавов, структуру и свойства затвердевших шлаков. Так, увеличение содержания оксида кальция в шлаках обуславливает повышение температуры их плавления и понижение текучести.

Для шлаков цветной металлургии характерны пониженное содержание  $\text{CaO}+\text{MgO}$  (7-13%) и высокое содержание  $\text{FeO}$  (21-61%). Кроме основных компонентов шлаки цветной металлургии могут содержать в небольших количествах неизвлеченные металлы — медь, цинк, свинец, никель и др. [11-15].

Задачей модификации вторичных техногенных абразивных материалов является повышение твердости абразивного материала. Модифицирование поверхностного слоя материала может обеспечить прочностные характеристики абразивного материала при одновременном увеличении их пластичности. Одним из методов создания таких материалов является образование покрытия, образуемого при химико-термической обработке поверхности абразивного зерна в результате диффузии в поверхностные слои неметаллов или металлов из внешней активной среды при высокой температуре. Процесс диффузионного насыщения изменяет фазовый состав и структуру поверхности абразива.

При нанесении покрытий этого типа на поверхности абразивного материала создают слой, либо полностью состоящий из тугоплавкого соединения, либо с высоким содержанием тугоплавких фаз, что достигается насыщением поверхности бором, углеродом, азотом, кремнием и другими металлами и неметаллами. Такое насыщение, как правило, сопровождается реакционной диффузией, то есть образованием в поверхностном слое абразива простых и сложных тугоплавких химически стойких индивидуальных фаз.

Процесс формирования покрытия в этом случае определяется доставкой насыщающего материала к насыщаемой поверхности, его реакционной диффузией в поверхностный слой, а также теми изменениями основы, которые происходят при температурах, необходимых для доставки материала и реакционного насыщения. Таким образом, в данном случае существенное значение имеет технология насыщения, а также глубокие изменения поверхностного слоя основы, происходящие при насыщении.

Свойства насыщенной поверхности определяются структурой, физико-химическими характеристиками, коррозионной стойкостью образующихся при насыщении фаз, поэтому в общем случае может быть произведен достаточно уверенный выбор основного насыщающего агента (бора, углерода, азота, кремния, хрома и др.) для обеспечения образования тех или иных фаз на насыщаемой поверхности. Для получения диффузионных покрытий вторичные техногенные материалы помещают в выбранную насыщающую среду и нагревают, как пра-



вило, без доступа воздуха, до высоких температур (1200–1700 К), при которых могут протекать фазовые и структурные изменения. Кроме температуры, являющейся основным параметром любого термического и химико-термического процесса, на скорость диффузионного насыщения в определённых условиях влияют такие параметры как давление, концентрация насыщающего элемента в рабочем пространстве, агрегатное состояние и степень активности этого элемента. В замкнутом пространстве при получении диффузионных покрытий можно выделить процессы, протекающие: 1) в веществе– носителе диффундирующего элемента и на его поверхности; 2) в объеме рабочего пространства; 3) на поверхности и в поверхностном слое насыщаемой основы.

Нашей задачей было получение карбидов в поверхностном слое абразивного материала, в промышленных условиях карбид кремния SiC получают из кремнезема SiO<sub>2</sub> и кокса С путем нагревания в электропечах Ачессона до температуры 2000-2200°С. В печи протекают сложные реакции, сводящиеся к уравнению:



Сущность процесса образования карбида кремния сводится к тому, что в результате взаимодействия двух исходных твёрдых продуктов SiO<sub>2</sub> и С образуется фаза SiC. Химическая реакция сопровождается перестройкой одной структуры в другую.

Реакция (1) протекает в 2 фазы:



Взаимодействие кварца с углеродом начинается уже около 1000°С, при 1600°С оно становится заметным и ускоряется с дальнейшим повышением температуры.

После получения опытных образцов модифицированного абразивного материала провели рентгенофазовые исследования этих материалов, которые подтвердили наличие карбидов, упрочняющие данные материалы, как следствие увеличение твёрдости данных абразивных материалов (рис. 3), после чего провели лабораторные исследования абразивных свойств новых материалов.

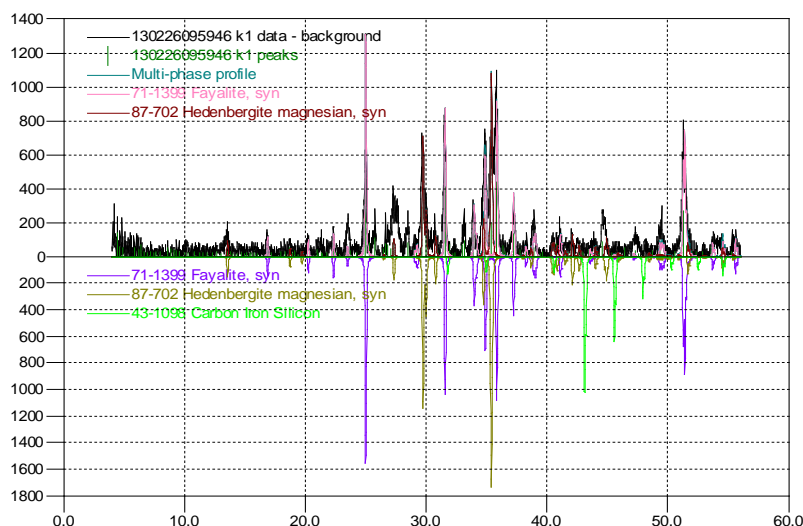


Рисунок 3 - Рентгенофлуоресцентный анализ образцов модифицированного абразивного материала

Исследование абразивных свойств полученных образцов абразивных материалов осуществляли на установке гидроабразивной резки BuJet4030 (Bystronic, Швейцария).

Рассмотрим результаты и проведем анализ влияния упрочненного абразивного материала на величину расслоения элементов кузова автомобиля из стеклопластика при прошивке.

На всем диапазоне исследуемых толщин от 1,0 до 50 мм с увеличением давления при прошивке увеличивается размер расслоения материала. Это связано с тем, что с увеличением давления прошивки возрастает уровень касательных напряжений в материале, способствующих расслоению материала.

Установлено, что минимальная величина расслоения наблюдается при использовании наномодифицированного абразива по предложенной технологии зернистостью 120 mesh в зависимости от толщины обрабатываемого материала. Это связано с высокой абразивной способностью, превышающей гранатовый песок за счет более острых углов и наличия мягкой сердцевинки зерна, обеспечивающей устойчивость к хрупкому разрушению в процессе резки (рис. 4).

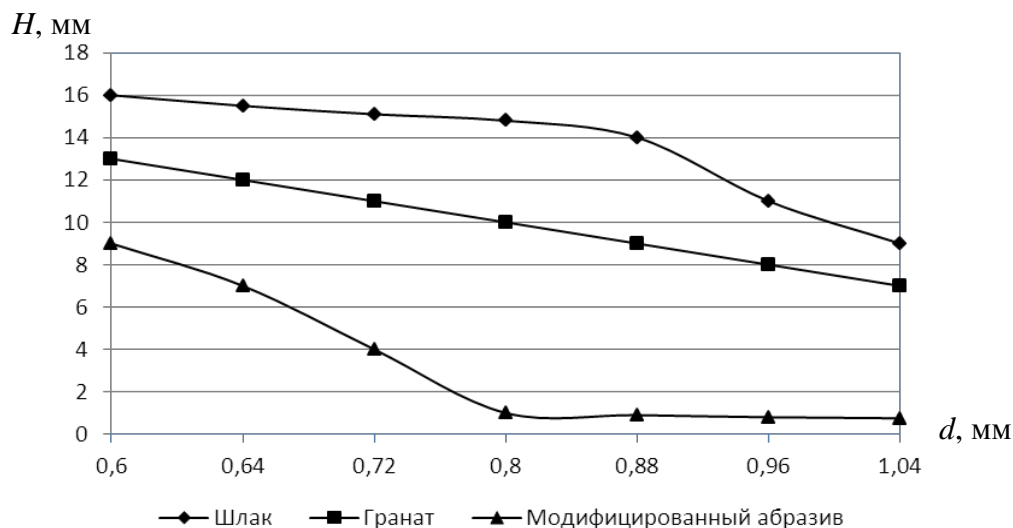


Рисунок 4 - Влияние типа абразивного материала и диаметра фокусирующей трубки  $d$  на величину расслоения стеклопластика  $H$

Установлено, что при низких значениях давления прошивки (62-68 МПа) и использовании фокусирующих трубок диаметром 0,76мм в сочетании с абразивом с размером зерна 0,178 мм наблюдается засорение фокусирующих трубок.

Отмечается, что с увеличением диаметра фокусирующей трубки наблюдается снижение величины расслоения. Это связано с тем, что с увеличением диаметра фокусирующей трубки снижается удельное давление на обрабатываемый материал, что способствует более «мягкому» воздействию и несколько снижает значения касательных напряжений, создаваемых в материале во время его прошивки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихомиров, Р.А. Резание струями жидкости высокого давления. Механическая обработка пластмасс [Текст] / Р.А. Тихомиров, В.И. Николаев. - М.: Машиностроение, 1975. - 120 с.
2. Степанов, Ю.С. Современные технологии гидро- и гидроабразивной обработки заготовок [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков, Е.Г. Алюшин // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2012. – № 6. – С. 15- 20.
3. Степанов, Ю.С. Формирование качества поверхностного слоя деталей при резании сверхзвуковой струей жидкости [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков // СТИИ. - 2003. - № 10. - С. 15–17.
4. Барсуков, Г.В. Определение производительности гидроабразивного резания с учетом характеристик абразивного зерна [Текст]: справочник / Г.В. Барсуков, А.В. Михеев // Инженерный журнал. - 2008. - № 1. - С. 9–14.
5. Барсуков, Г.В. Влияние параметров течения сверхзвуковой гидроабразивной струи на геометрическую форму поверхности разрушения преграды [Текст] / Г.В. Барсуков Ю.С. Степанов, А.В. Михеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – № 2 -5. С. 53–63.

6. Степанов, Ю.С. Моделирование разрушения многослойной преграды с газовым зазором под действием сверхзвукового струйного потока свободных абразивных частиц [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков, А.В. Михеев // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2010. - № 4-2. – С. 65–70.
7. Барсуков, Г.В. Моделирование напряженного состояния слоистого материала под действием сверхзвуковой гидроабразивной струи [Текст] / Г.В. Барсуков, А.В. Михеев, Т.А. Журавлева // *Интернет-журнал «Мир Науки»*. – 2014. - Выпуск 4 (6). - С. 52–62.
8. Барсуков, Г.В. Оптимизация энергетических затрат технологии резания материалов гидроабразивной струей [Текст] / Г.В. Барсуков, А.В. Михеев, А.А. Александров // *Наука и мир*. – 2013. - № 2. – С. 46–49.
9. Журавлева, Т.А. Разработка технологических рекомендаций по гидроабразивному резанию стекло-текстолита [Текст] / Т.А. Журавлева, Г.В. Барсуков, О.А. Короткий, В.Б. Сидоров // *Радиопромышленность*. – 2014. – №4.
10. Степанов, Ю.С. Математическое моделирование процессов сверхзвукового удара и проникания тел в металлические преграды [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков, А.В. Михеев. – Орел: Издательский дом «Орлик», 2012. – 160 с.
11. Полубелова, А.С. Производство абразивных материалов [Текст] / А.С. Полубелова, В.Н. Крылов, В.В. Карлин; под ред. В.Н. Крылова. – Л.: Машиностроение, 1968. – 180 с.
12. Новиков, А.Н. Окраска автомобилей при ремонте [Текст]: монография / А.Н. Новиков, А.С. Бодров. - Орел: ОрелГТУ, 2008. – 127 с.
13. 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.
14. Новиков, А.Н. Ремонт деталей из алюминия и его сплавов [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков. - Орел: ОГСХА, 1997. - 57 с.
15. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук. - М., 1999. - 270 с.

**Барсуков Геннадий Валерьевич**

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

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

E-mail: awj@list.ru

**Журавлева Татьяна Александровна**

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

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Аспирант

E-mail: awj@list.ru

**Кожус Ольга Геннадьевна**

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

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Аспирант

E-mail: okozhus@mail.ru

---

G.V. BARSUKOV, T.A. ZHURAVLEVA, O.G. KOZHUS

**APPLICATION NANOMODIFIED ABRASIVES WATERJET CUTTING CELL STRUCTURE CAR FIBERGLASS**

*The authors obtained experimental dependence fiberglass bundles used for the manufacture of car body parts in cutting waterjet abrasive jet nanomodified, thus improving the quality of the machined surfaces.*

**Keywords:** *hydroabrasive cutting, laminates, fiberglass, Katsiya-Modifying the surface, abrasive.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Tikhomirov, R.A. Rezanie struyami zhidkosti vysokogo davleniya. Mekhanicheskaya obrabotka plastmass [Tekst] / R.A. Tikhomirov, V.I. Nikolaev. - M.: Mashinostroenie, 1975. - 120 s.
2. Stepanov, YU.S. Sovremennye tekhnologii gidro- i gidroabrazivnoy obrabotki zagotovok [Tekst] / YU.S. Stepanov, G.V. Barsukov, E.G. Alyushin // Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii. - 2012. - № 6. - S. 15-20.
3. Stepanov, YU.S. Formirovanie kachestva poverkhnostnogo sloya detaley pri rezanii sverkhzvukovoy struey zhidkosti [Tekst] / YU.S. Stepanov, G.V. Barsukov // STIN. - 2003. - № 10. - S. 15-17.
4. Barsukov, G.V. Opredelenie proizvoditel'nosti gidroabrazivnogo rezaniya s uchetom kharakteristik abrazivnogo zerna [Tekst]: spravochnik / G.V. Barsukov, A.V. Mikheev // Inzhenernyy zhurnal. - 2008. - № 1. - S. 9-14.
5. Barsukov, G.V. Vliyanie parametrov techeniya sverkhzvukovoy gidroabrazivnoy strui na geometrichesku formu poverkhnosti razrusheniya pregrady [Tekst] / G.V. Barsukov YU.S. Stepanov, A.V. Mikheev // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2012. - № 2 -5. S. 53-63.
6. Stepanov, YU.S. Modelirovanie razrusheniya mnogoslonoynoy pregrady s gazovym zazorom pod deystviem sverkhzvukovogo struynogo potoka svobodnykh abrazivnykh chastits [Tekst] / YU.S. Stepanov, G.V. Barsukov, A.V. Mikheev // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2010. - № 4-2. - S. 65-70.
7. Barsukov, G.V. Modelirovanie napryazhennogo sostoyaniya sloistogo materiala pod deystviem sverkh-zvukovoy gidroabrazivnoy strui [Tekst] / G.V. Barsukov, A.V. Mikheev, T.A. Zhuravleva // Internet-zhurnal «Mir Nauki». - 2014. - Vypusk 4 (6). - S. 52-62.
8. Barsukov, G.V. Optimizatsiya energeticheskikh zatrat tekhnologii rezaniya materialov gidroabrazivnoy struey [Tekst] / G.V. Barsukov, A.V. Mikheev, A.A. Aleksandrov // Nauka i mir. - 2013. - № 2. - S. 46-49.
9. Zhuravleva, T.A. Razrabotka tekhnologicheskikh rekomendatsiy po gidroabrazivnomu rezaniyu steklo-tekstolita [Tekst] / T.A. Zhuravleva, G.V. Barsukov, O.A. Korotkiy, V.B. Sidorov // Radiopromyshlennost'. - 2014. - №4.
10. Stepanov, YU.S. Matematicheskoe modelirovanie protsessov sverkhzvukovogo udara i pronika-niya tel v metallicheskie pregrady [Tekst] / YU.S. Stepanov, G.V. Barsukov, A.V. Mikheev. - Orel: Izdatel'skiy dom «Orlik», 2012. - 160 s.
11. Polubelova, A.S. Proizvodstvo abrazivnykh materialov [Tekst] / A.S. Polubelova, V.N. Krylov, V.V. Karlin; pod red. V.N. Krylova. - L.: Mashinostroenie, 1968. - 180 s.
12. Novikov, A.N. Okraska avtomobiley pri remonte [Tekst]: monografiya / A.N. Novikov, A.S. Bodrov. - Orel: OrelGTU, 2008. - 127 s.
13. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtomobiley [Tekst]: uchebnoe posobie / A.N. Novikov, M.P. Stratulat, A.L. Sevost'yanov. - Orel: OrelGTU, 2006. - 332 s.
14. Novikov, A.N. Remont detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst]: uchebnoe posobie / A.N. Novikov. - Orel: OGSMA, 1997. - 57 s.
15. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystven-noy tekhniki iz alyuminievnykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami [Tekst]: dis. ... d-ra tekhn. nauk. - M., 1999. - 270 s.

### **Barsukov Gennadiy Valerevich**

FGBOU VO «Oryol State University of name I.S. Turgeneva»

Address: 302030, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head. the department "Design and technological support of machine-building production»

E-mail: awj@list.ru

### **Zhuravleva Tatiana Aleksandrovna**

FGBOU VO «Oryol State University of name I.S. Turgeneva»

Address: 302030, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Graduate student

E-mail: awj@list.ru

### **Kozhus Olga Genadivna**

FGBOU VO «Oryol State University of name I.S. Turgeneva»

Address: 302030, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Graduate student

E-mail: okozhus@mail.ru

УДК 621.357.77

Е.В. АГЕЕВ, Е.А. ВОРОБЬЕВ, А.Ю. АЛТУХОВ

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740 ПЛАЗМЕННО-Порошковой НАПЛАВКИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ порошковых ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Представлены результаты получения и исследование свойств электроэрозионных порошковых материалов из отходов быстрорежущих сталей, а также результаты применения этих материалов при восстановлении и упрочнении изношенных шеек коленчатых валов двигателя КамАЗ-740.*

**Ключевые слова:** отходы быстрорежущих сталей, электроэрозионное диспергирование, порошковые материалы, плазменно-порошковая наплавка, коленчатый вал, двигатель внутреннего сгорания.

Автомобили КамАЗ на дорогах нашей страны появились 40 лет назад, на их долю приходится значительный объем грузовых перевозок. При массовом увеличении выпуска автомобилей семейства КамАЗ и двигателей КамАЗ-740 возрастает нагрузка на ремонтников. При длительной эксплуатации машин их детали изнашиваются, рабочие характеристики агрегатов, систем и узлов изменяются, возникают отказы в работе. Устранение неисправностей в автомобилях осуществляется проведением комплекса ремонтных работ [1-6].

При организации ремонта современных автомобилей КамАЗ и их агрегатов, имеющих сложную конструкцию и новые дополнительные системы, потребовалось на основе анализа неисправностей и дефектов деталей, узлов и агрегатов на авторемонтных предприятиях изменить существовавший технологический процесс ремонта двигателей и агрегатов; внедрить передовые методы ремонта; приобрести и изготовить дополнительное оборудование, оснастку, приспособления, съемники и инструмент, а также обучить рабочих особенностям ремонта новых марок машин.

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

Качественный капитальный ремонт агрегатов автомобилей имеет большое экономическое и, следовательно, народнохозяйственное значение. Основным фактором повышения экономической эффективности капитального ремонта агрегатов автомобилей является использование остаточного ресурса деталей. Около 75 % деталей после разборки агрегатов, поступивших в капитальный ремонт, имеют большой остаточный ресурс и могут быть использованы повторно без восстановления или после восстановления с затратами, не превышающими 40...60 % стоимости новых деталей. Все это в полной мере относится к коленчатым валам двигателей внутреннего сгорания (ДВС) КамАЗ-740 (рис. 1).

Коленчатый вал ДВС КамАЗ-740 изготовлен горячей штамповкой из стали 42ХМФА-Ш, упрочен азотированием и закалкой токами высокой частоты шатунных и коренных шеек. Он имеет пять коренных опор и четыре шатунные шейки. В шатунных шейках имеются закрытые заглушки и внутренние полости для центробежной очистки масла. На носке коленчатого вала установлена шестерня привода масляного насоса, на хвостовике — распределительная шестерня в сборе с маслоотражателем. От осевых смещений вал фиксируется четырьмя сталеалюминиевыми полукольцами, которые устанавливаются в выточке задней коренной опоры. Хвостовик коленчатого вала уплотняется резиновым самоподвижным сальником.

Коленчатый вал ДВС при работе подвергается периодически действующим нагрузкам от давления газов и сил инерции возвратно-движущихся и вращающихся частей. Особенности кинематики кривошипно-шатунного механизма и условий его работы вызывают неравномерность нагрузки, действующей на шейки вала, что приводит к искажению их геометрической формы и к износу шатунных и коренных шеек. Причем шатунные шейки по сравне-

нию с коренными имеют более высокие показатели износа. Износ шатунных шеек больше износа коренных шеек на 30 ... 40 % и более. Основной причиной износа шеек является абразивное действие механических частиц, которые не выносятся из подшипника и под действием больших давлений внедряются в мягкую основу антифрикционного слоя, постоянно царапая и изнашивая шейки. В зоне выхода масла из отверстия на вкладыше образуется как бы кольцевой нарост из абразивных частиц, под действием которого на шейке вырабатывается кольцевая канавка.



Рисунок 1 – Коленчатый вал двигателя КамАЗ-740 (общий вид)

Для уменьшения попадания механических частиц в масляный зазор и с целью повышения долговечности в выпускаемых в настоящее время двигателях устраиваются грязеуловители, закрываемые пробками, масло к поверхности шеек поступает через отверстие. Характерным в износе коренных шеек является наличие неизношенного кольцевого пояса от масляной канавки во вкладышах.

Долговечность коленчатых валов определяется износом шатунных шеек. Для уменьшения трения к подшипникам (вкладышам) коренных и шатунных шеек осуществляется подвод масла под давлением от масляного насоса ДВС. Коленчатый вал (коренные и шатунные шейки) и подшипники (вкладыши) работают преимущественно при жидкостном трении. Но при неблагоприятных условиях (плохой фильтрации масла и загрязнении различными посторонними частицами, обычно пылью воздуха) трение этих деталей переходит в граничное. В эти моменты возникают высокие местные усилия, под действием которых происходит углубление поверхностных микротрещин и износ. При этом поверхностно-активные вещества, находящиеся в микротрещинах, облегчают разрушение и пластическое деформирование трущихся поверхностей – эффект академика П.А. Ребиндера. Расширение и углубление поверхностных трещин под влиянием поверхностно-активных веществ усиливается благодаря расклинивающему действию смазочной прослойки, расположенной внутри трещины. Заполняя поверхностные трещины трущихся тел, смазывающая жидкость проявляет расклинивающее действие на стенки трещин, стремится их расширить и тем самым облегчает разрушение твердого тела. Под действием больших нагрузок, которые испытывает коленчатый вал и проявлении эффекта П.А. Ребиндера повышается отрицательное влияние поверхностно-активных молекул на действие смазочной прослойки, расположенной между поверхностями трущихся тел.

Таким образом, процесс постепенного изменения размеров, т. е. изнашивание трущихся поверхностей коленчатого вала ДВС является нежелательным, но неизбежным. При этом основным видом изнашивания коленчатого вала является абразивное, которое получается в результате режущего и царапающего действия посторонних частиц.

Один из основных и хорошо проработанных способов восстановления деталей, а также коленчатого вала это восстановление до следующего ремонтного размера методом снятия металла. Для коленчатого вала имеются свои ремонтные размеры до предела которых может производиться механическая обработка.

Восстановление деталей за счет снятия металла с их поверхностей осуществляется механической обработкой.

При достижении предела, при котором шлифовка не возможна, а также при появлении на валу трещин, вал может быть восстановлен с помощью наплавки слоя металла. Этот способ достаточно дорогостоящий, вследствие специальных установок и материалов, необходимых для наплавки, а также для его применения необходимы специальные навыки. Недостаточность

изучения данного метода с практической точки зрения, привело к его запуску.

Способов наплавки несколько и каждый имеет свои преимущества и недостатки.

Наиболее перспективным является плазменно-порошковая наплавка (ППН), которая обладает своими достоинствами, а именно:

- высокое качество наплавляемого металла;
- малая глубина проплавления основного металла при высокой прочности сцепления;
- возможность наплавки тонких слоёв;
- высокая культура производства.

В качестве материала при ППН деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания, используются порошковые наплавочные материалы, в структуре которых содержатся высокотвёрдые фазы и относительно пластичная матрица. Таким материалом является порошковая быстрорежущая сталь.

Одним из наиболее перспективных методов получения порошковых материалов из отходов металлических сплавов является электроэрозионное диспергирование (ЭЭД) [7-26].

Целью настоящей работы являлось совершенствование технологии восстановления коленчатого вала двигателя КамАЗ-740 плазменно-порошковой наплавки путем применения порошковых материалов, полученных электроэрозионным диспергированием отходов быстрорежущих сталей.

В соответствии с поставленной целью решались соответствующие задачи:

- получение и исследование свойств порошковых материалов из отходов быстрорежущих сталей;
- применение порошковых электроэрозионных материалов при восстановлении и упрочнении изношенных шеек коленчатых валов КамАЗ-740.

Для выполнения намеченных исследований были выбраны отходы наиболее распространенных в машиностроении марок быстрорежущих сталей – Р6М5. Электроэрозионное диспергирование отходов Р6М5 проводили при следующих параметрах установки: напряжение 200 В, емкость разрядных конденсаторов 55 мкФ и частота следования импульсов 100 Гц.

Результаты исследования свойств порошков представлены на рисунках 2 и 3.

Экспериментально установлено, что средний размер частиц порошка, полученного в керосине осветительном, составляет 26,72 мкм.

Также установлено, что удельная площадь поверхности размер частиц порошка, полученного в керосине осветительном составляет  $6725.95 \text{ см}^2/\text{см}^3$ .

Видно, что в порошке, полученном электроэрозионным диспергированием отходов стали Р6М5 в керосине, присутствуют частицы, имеющие правильную сферическую, эллиптическую форму и агломераты.

При постановке экспериментов по плазменно-порошковой наплавке коленчатых валов ДВС КамАЗ-740 использовалась установка УД-209 на основе переделанного токарного станка для наплавки, выпрямитель сварочный ВДУ-506 (рисунок 1). В качестве плазмообразующего, транспортирующего и защитного газа использовался аргон по ГОСТ 10157 – 79. Плазменная головка охлаждалась магистральной водой по ГОСТ 2844 – 82.

В установке применяется питатель барабанного типа для подачи присадочного порошка в головку, который при достаточной текучести порошка надежен и удобен в работе.

При промышленном опробовании твердосплавных порошков использовалась технология плазменной твердосплавной порошковой наплавки для шеек коленчатых валов КамАЗ-740, вышедших из последних ремонтных размеров, представленная в таблицах 1 и 2.

В качестве порошкового наплавочного материала использовалась композиция порошков, полученных ЭЭД отходов быстрорежущих сталей.

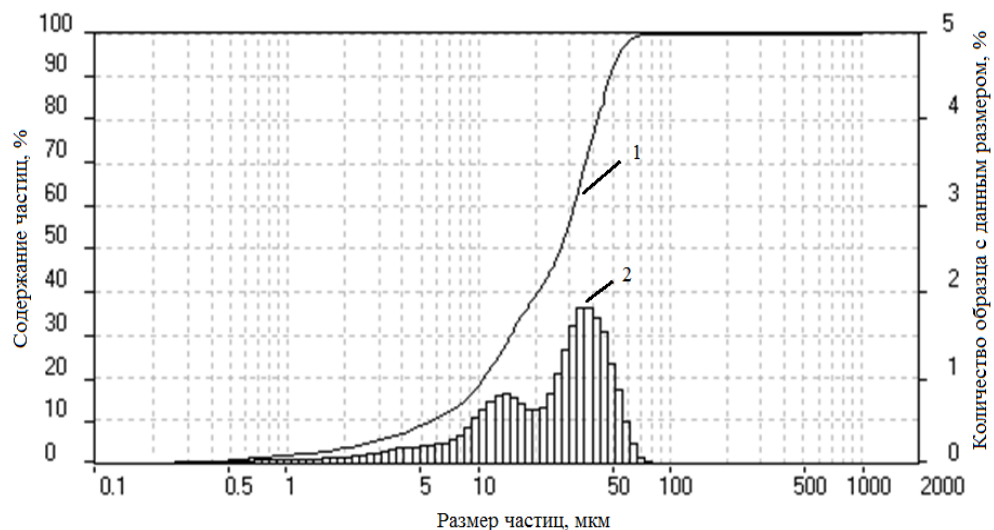


Рисунок 2 – Интегральная кривая (1) и гистограмма (2) распределения по размерам частиц порошка, полученного ЭЭД отходов БРС в керосине

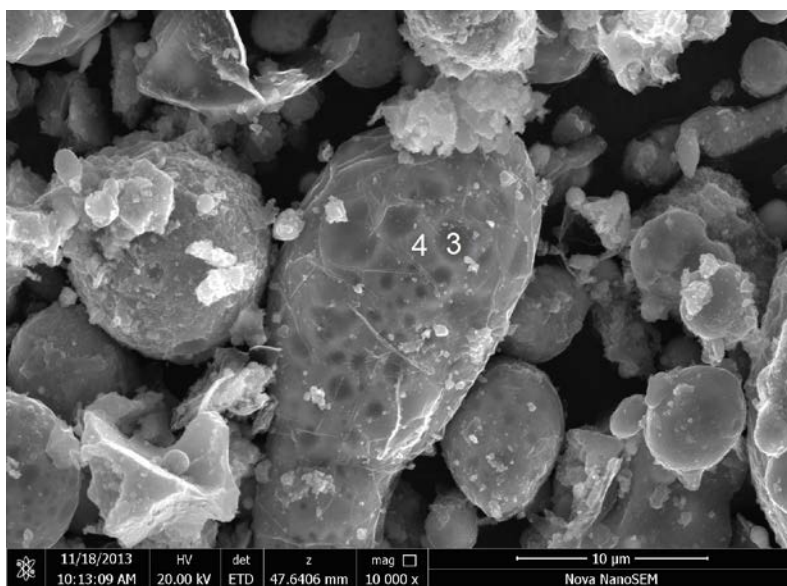


Рисунок 3– Снимок частиц электроэрозионного порошка с растрового электронного микроскопа



Рисунок 4 – Установка для плазменно-порошковой наплавки (общий вид)



Таблица 1 – Порядок операций наплавочных работ по коленчатому валу КамАЗ-740

| Номер операции | Наименование операции  | Оборудование и приспособления   | Инструменты и материалы  |
|----------------|--|---|--|
| 1              | Зачистить коренную шейку до металлического блеска                      | Верстак слесарный   | Щетка металлическая, шкурка шлифовальная   |
| 2              | Заглушить отверстия масляных каналов, зачистить поверхность            | Верстак слесарный   | Асбестоцементная смесь, молоток слесарный, шкурка шлифовальная                                 |
| 3              | Подогреть коренную шейку до 200 °С плазменной дугой без подачи порошка | Установка для плазменно-порошковой наплавки УД-209, выпрямитель сварочный ВДУ-506 | Аргон ГОСТ 10157-79; магистральная вода ГОСТ 2844 – 82   |
| 4              | Наплавить коренную шейку   | Установка для плазменно-порошковой наплавки УД-209, выпрямитель сварочный ВДУ-506 | Аргон ГОСТ 10157-79; магистральная вода ГОСТ 2844 – 82; порошковые электроэрозионные материалы |

*Примечание:* наплавку шатунных шеек коленчатого вала выполнить в той же последовательности, что и шатунных

Таблица 2 – Технологический процесс восстановления коленчатых валов двигателя КамАЗ-740 плазменно-порошковой наплавкой

| № операции | Наименование операции | Оборудование и приспособления   | Инструменты и материалы   |
|------------|-----------------------|---|---|
| 1          | 2                     | 3   | 4   |
| 005        | моечная               | установка для мойки коленчатых валов МД-2   | МС-6;МС-8; ЛАБОМИД-102; ветошь обтирочная ГОСТ 5354-79  |
| 010        | дефектовочная         | стол дефектовщика ПМД-70  | суспензия ТУ 6-14-1009-74; индикатор ИЧ-10кл. ГОСТ 577-68; микрометры по ГОСТ 4381-80; МК50-75        |
| 015        | шлифовальная          | станок круглошлифовальный 3А423   | круг шлифовальный ПП 90-50-305  |
| 020        | контрольная           | стол дефектовщика ПМД-70  | микрометр МК 75-100 ГОСТ4381-80   |
| 025        | термическая           | электропечь камерная СН 36х12х4/10Н/  | -   |
| 030        | слесарная             | молоток слесарный ГОСТ 2310-77  | графитовый стержень 3908-0092 ГОСТ6070-80 или асбестоцементная смесь; уайт-спирит 50 гр. ГОСТ 3134-78 |
| 035        | наплавочная           | установка для плазменно-порошковой наплавки УД-209, выпрямитель сварочный ВДУ-506 | вольфрамовый стержень, порошковые электроэрозионные материалы   |
| 040        | контрольная операция  | стол дефектовщика ПМД-70  | суспензия ТУ 6-14-1009-74, индикатор ИЧ-10КЛ ГОСТ 577-68; МК75-100 ГОСТ 4381-80                       |

Окончание таблицы 2

| 1    | 2             | 3   | 4   |
|------|---------------|---|---|
| 5045 | транспортная  | кран-балка  | -   |
| 050  | шлифовальная  | станок круглошлифовальный 3А423                               | ПП-90-32-305<br>92А40СМ7К5 кл2 ГОСТ2424-83  |
| 055  | контрольная   | стол дефектовщика ПМД-70                                      | индикатор ИЧ-10КЛ ГОСТ 577-68;<br>микрометр МК 50-75  |
| 060  | шлифовальная  | станок круглошлифовальный 3А423                               | ПП-90-32-305 92А40СМ7К5 кл2<br>ГОСТ2424-83; карандаш 3908-0092<br>ГОСТ 6070-80                      |
| 065  | контрольная   | стол дефектовщика ПМД-70                                      | микрометры по ГОСТ 4381-80;<br>МК50-75  |
| 070  | слесарная     | приспособление для накатки галтелей, шлифования, зенкерования | сверло твердосплавное $\Phi=7$ мм<br>ГОСТ6647-86; зенковка коническая<br>$\Phi=10$ мм ГОСТ 14953-79 |
| 075  | транспортная  | кран-балка  | -   |
| 080  | полировальная | приспособление для полирования                                | паста ГОИ   |
| 085  | контрольная   | стол дефектовщика ПМД-70                                      | микрометры по ГОСТ 4381-80;<br>МК50-75; МК 75-100   |
| 090  | слесарная     | стол слесарный  | ветошь, компрессор  |
| 095  | консервация   | -   | консервант  |
| 100  | транспортная  | кран-балка  | -   |

На изношенные шейки коленчатого вала, подлежащие восстановлению методом плазменно-порошковой наплавки, накладывается ряд требований:

1. Коленчатые валы с кольцевыми трещинами, продольными трещинами в виде волосянок, трещинами выходящими на галтели подлежат выбраковке.

2. На восстановление плазменно-порошковой наплавкой принимаются валы с биением по средней шейке не более 0,5 мм.

3. Повторное восстановление плазменно-порошковой наплавкой допускается после шлифовки до основного материала.

4. Не допускается наличия трещин на поверхностях восстановленного вала.

Таким образом, использование порошковых материалов, полученных из отходов быстрорежущих сталей электроэрозионным диспергированием, а не промышленно выпускаемых (достаточно дорогих), для плазменно-порошковой наплавки позволит улучшить качество плазменных покрытий с минимумом затрат на порошковые материалы.

**Работа выполнена по теме гранта Президента Российской Федерации № МК-3224.2015.8.**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Петров, А.А. Технологические факторы, влияющие на повышенный износ гильз цилиндров двигателя КамАЗ [Текст] / А.А. Перов, Д.А. Соцков // Вестник машиностроения. - 2011. - № 1. - С. 22-24.
- Лянденбургский, В.В. Совершенствование встроенной системы диагностирования автомобилей КамАЗ-4308 с двигателем CUMMINS [Текст] / В.В. Лянденбургский, С.А. Кривобок, Л.А. Рыбакова // Грузовик. - 2013. - № 7. - С. 26-27.
- Агеев, Е.В. Повышение эксплуатационных показателей восстановленных деталей автомобилей на основе научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, материалов и устройств [Текст] / Е.В. Агеев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 1. - С. 32-41.

4. Мухаметдинов, Э.М.К вопросу о формализации данных информационной системы дилерско-сервисного центра КамАЗ [Текст] / Э.М.Мухаметдинов, Р.А.Козадаев, А.И.Беляев, Э.И.Беляев // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 1 (28). - С. 015-021.
5. Агеев, Е.В. Восстановление и упрочнение деталей машин композиционными гальваническими покрытиями [Текст]: монография / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский, Б.А. Семенихин и др. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2011. – 75 с.
6. Лянденбургский, В.В. Анализ удельных затрат и эффективности применения вероятностно-логического метода поиска неисправностей для автомобилей КамАЗ [Текст] / В.В.Лянденбургский, И.Е.Долганов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 3 (42). - С. 3-7.
7. Агеев, Е.В. Состав и свойства порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов [Текст]: монография / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, Семенихин Б.А. и др.; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. – 123 с.
8. 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.
9. Ageeva, E. V. Morphology of Copper Powder Produced by Electrospark Dispersion from Waste [Text] / E. V. Ageeva, N. M. Horyakova, E. V. Ageev // Russian Engineering Research. – 2014. – Vol. 34. – № 11. pp. 694-696.
10. Ageeva, E. V. Morphology and Composition of Copper Electrospark Powder Suitable for Sintering [Text] / E. V. Ageeva, E. V. Ageev, N. M. Horyakova // Russian Engineering Research, 2015, Vol. 35, No. 1, pp. 33–35.
11. Агеев, Е.В. Особенности технологии получения порошковых наплавочных материалов методом электроэрозионного диспергирования отходов твердых сплавов для наплавки шеек коленчатых валов [Текст] / Е.В. Агеев, М.Е. Сальков // Технология металлов. – 2008. – № 5. – С. 34–37.
12. Агеев, Е.В. Форма и морфология поверхности частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердых сплавов, содержащих вольфрам [Текст] / Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2011. – № 7. – С. 30–32.
13. Агеев, Е.В. Получение износостойких порошков из отходов твердых сплавов [Текст] / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Б.А. Семенихин и др. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2010. – № 12. – С. 39–44.
14. Агеев, Е.В. Рентгеноструктурный анализ порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава [Текст] / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Б.А. Семенихин и др. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2011. – № 2. – С. 42–44.
15. Агеев, Е.В. Рентгеноспектральный микроанализ частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава [Текст] / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Б.А. Семенихин и др. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 2. – С. 13–16.
16. Агеев, Е.В. Изучение физико-механических свойств твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов [Текст] / Е.В. Агеев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 6. – С. 8–14.
17. Агеев, Е.В. Получение порошков из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования [Текст] / Е.В. Агеев // Электрометаллургия. – 2011. – № 10. – С. 24–27.
18. Агеев, Е.В. Исследование микротвердости порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава и используемых при восстановлении и упрочнении деталей автотракторной техники [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. – 2011. – Вып. № 1. – С. 78–80.
19. Агеев, Е.В. Выбор метода получения порошковых материалов из отходов спеченных твердых сплавов [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: Изд-во Самарского науч. ц-ра РАН. – 2009. – Спец. вып.: Актуальные проблемы машиностроения. – С. 12–15.
20. Агеев, Е.В. Получение нанопорошка на основе карбида вольфрама и применение для восстановления и упрочнения деталей машин [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: Изд-во Самарского науч. ц-ра РАН. – 2010. – т. 12 (33), № 1 (2). – С. 273–276.
21. Агеев, Е.В. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов [Текст] / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов и др. // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: Изд-во Самарского науч. ц-ра РАН. – 2009. – т. 11 (31), № 5 (2). – С. 234–237.
22. Пат. 2449859 РФ, МПК С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов [Текст] / Агеев Е.В (RU). № 2010104316/02; Заявлено 08.02.2010; Опубл. 10.05.2012. Бюл. №12.
23. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков, М.П. Стратулат, А.Л. Севостьянов. – Орел: ОГТУ, 2006. - 332 с.
24. Пат. 2119420 Российская Федерация, МПК 6В 23Р 6/00 А. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов [Текст] / Новиков А.Н.; заявитель и патентообладатель Орловская государственная сельскохозяйственная академия. -№ 96100566/02; заявл. 10.01.96; опубл. 27.09.98.
25. Новиков, А.Н. Ремонт деталей из алюминия и его сплавов [Текст]: учебное пособие / А.Н. Новиков. - Орел: ОГСХА, 1997. - 57 с.
26. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен.

степ. д-ра техн. наук (05.20.03) / Новиков Александр Николаевич; Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. -М., 1999. -37 с.

**Агеев Евгений Викторович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов

E-mail: ageev\_ev@mail.ru

**Воробьев Евгений Александрович**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Аспирант

E-mail: evg.vorob91@yandex.ru

**Алтухов Александр Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов

E-mail: alt997@yandex.ru

---

E.V. AGEEV, E.A. VOROB'EV, A.Yu. ALTUKHOV

**PERFECTION OF TECHNOLOGY OF RESTORATION  
THE CRANKSHAFT OF THE ENGINE KAMAZ-740 OF PLASMA-POWDER  
SURFACING BY APPLYING ON-ROSHKOVYCH SPARK EROSION  
OF MATERIALS**

*Presents the results of obtaining and studying the properties of electrical discharge of powder materials from the waste high-speed steels, as well as the results of application of these materials in the rebuilding and hardfacing of worn crankshafts of the engine KAMAZ-740.*

**Keywords:** waste high-speed steels, electroerosion dispersion, powder materials, plasma-powder surfacing, crankshaft, internal combustion engine.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Petrov, A.A. Teknologicheskie faktory, vliyayushhie na povyshennyj iznos gilz cilindrov dvigatelya KamAZ [Tekst] / A.A. Perov, D.A. Sockov // Vestnik mashinostroeniya. 2011. № 1. S. 22-24.
2. Lyandenburskij, V.V. Sovershenstvovanie vstroennoj sistemy diagnostirovaniya avtomobilej KamAZ-4308 s dvigatelem CUMMINS [Tekst] / V.V. Lyandenburskij, S.A. Krivobok, L.A. Rybakova // Gruzovik. 2013. № 7. S. 26-27.
3. Ageev, E.V. Povyshenie ekspluatacionnyx pokazatelej vosstanovlennyx detalej avtomobilej na osnove nauchno obosnovannyx resursoberegayushhix tehnologij, materialov i ustrojstv [Tekst] / E.V. Ageev // Mir transporta i texnologicheskix mashin. – 2012. – № 1. – S. 32–41.
4. Muxametdinov, E.M. K voprosu o formalizacii dannyx informacionnoj sistemy dilersko-servisnogo centra KamAZ [Tekst] / E.M. Muxametdinov, R.A. Kozadaev, A.I. Belyaev, E.I. Belyaev // Mir transporta i texnologicheskix mashin. 2010. № 1 (28). S. 015-021.
5. Ageev, E.V. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej mashin kompozicionnymi galvanicheskimi pokrytiami [Tekst]: monografiya / E.V. Ageev, V.I. Serebrovskij, B.A. Semenixin [i dr.] – Kursk: Izd-vo Kursk. gos. s.-x. ak., 2011. – 75 s.
6. Lyandenburskij, V.V. Analiz udelnyx zatrat i effektivnosti primeneniya vero-yatnostno-logicheskogo metoda poiska neispravnostej dlya avtomobilej KamAZ [Tekst] / V.V. Lyandenburskij, I.E. Dolganov // Mir transporta i texnologicheskix mashin. 2013. № 3 (42). S. 3-7.
7. Ageev, E.V. Sostav i svojstva poroshkov, poluchennyx elektroerozionnym dispergirovaniem otkodov tverdyx splavov [Tekst]: monografiya / E.V. Ageev, R.A. Latypov, Semenixin B.A. i dr.; Yugo-Zap. gos. un-t. Kursk, 2011. – 123 s.
8. Gadalov, V.N. Metallografiya metallov, poroshkovyx materialov i pokrytij, poluchennyx elektroiskrovnyimi sposobami [Tekst]: monografiya / V.N. Gadalov, V.G. Salnikov, E.V. Ageev [idr.] – M.: INFRA-M, 2011. – 468 s.
9. Ageeva, E. V. Morphology of Copper Powder Produced by Electrospark Dispersion from Waste [Text] / E.V. Ageeva, N.M. Horyakova, E.V. Ageev // Russian Engineering Research. – 2014. – Vol. 34. – №. 11. pp. 694-696.
10. Ageeva, E.V. Morphology and Composition of Copper Electrospark Powder Suitable for Sintering [Text] / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, N.M. Horyakova // Russian Engineering Research, 2015, Vol. 35, No. 1, pp. 33–35.

11. Ageev, E.V. Osobennosti tekhnologii polucheniya poroshkovyx naplavochnykh materialov metodom elektroerozionnogo dispergirovaniya otkodov tverdykh splavov dlya naplavki sheek kolenchatyx valov [Tekst] / E.V. Ageev, M.E. Salkov // Tekhnologiya metal-lov. – 2008. – № 5. – S. 34–37.
12. Ageev, E.V. Forma i morfologiya poverxnosti chastic poroshkov, poluchennykh elektro-erozionnym dispergirovaniem tverdykh splavov, sodержashhix volfram [Tekst] / E.V. Ageev // Tekhnologiya metallov. – 2011. – № 7. – S. 30–32.
13. Ageev, E.V. Poluchenie iznosostojkix poroshkov iz otkodov tverdykh splavov [Tekst] / E.V. Ageev, V.N. Gadalov, B.A. Semenixin [i dr.] // Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii. – 2010. – № 12. – S. 39–44.
14. Ageev, E.V. Rentgenostrukturnyj analiz poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava [Tekst] / E.V. Ageev, V.N. Gadalov, B.A. Semenixin [i dr.] // Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii. – 2011. – № 2. – S. 42–44.
15. Ageev, E.V. Rentgenospektralnyj mikroanaliz chastic poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovanie tverdogo splava [Tekst] / E.V. Ageev, V.N. Gadalov, B.A. Semenixin [i dr.] // Uprochnyayushhie tekhnologii i pokrytiya. – 2011. – № 2. – S. 13–16.
16. Ageev, E.V. Izuchenie fiziko-mexanicheskix svoystv tverdosplavnnykh poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem otkodov [Tekst] / E.V. Ageev // Uprochnyayushhie tekhnologii i pokrytiya. – 2011. – № 6. – S. 8–14.
17. Ageev, E.V. Poluchenie poroshkov iz otkodov tverdykh splavov metodom elektroerozi-onnogo dispergirovaniya [Tekst] / E.V. Ageev // Elektrometallurgiya. – 2011. – № 10. – S. 24–27.
18. Ageev, E.V. Issledovanie mikrotverdosti poroshkov, poluchennykh elektro-erozionnym dispergirovaniem tverdogo splava i ispolzuemykh pri vosstanovlenii i uprochnenii detalej avtotraktornoj texniki [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenixin, R.A. Latypov // Vestnik FGOU VPO MGAU. Agrozhenneriya. – 2011. – Vyp. № 1. – S. 78–80.
19. Ageev, E.V. Vybor metoda polucheniya poroshkovyx materialov iz otkodov spechennykh tverdykh splavov [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenixin // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – Samara: Izd-vo Samarskogo nauch. c-ra RAN. – 2009. – Spec. vyp.: Aktualnye problemy mashinostroeniya. – S. 12–15.
20. Ageev, E.V. Poluchenie nanoporoshka na osnove karbida volframa i primeneniye dlya vosstanovleniya i uprochneniya detalej mashin [Tekst] / E.V. Ageev, B.A. Semenixin, R.A. Latypov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – Samara: Izd-vo Samarskogo nauch. c-ra RAN. – 2010. – t. 12 (33), № 1 (2). – S. 273–276.
21. Ageev, E.V. Razrabotka ustanovki dlya polucheniya poroshkov iz tokoprovodyashhix materialov [Tekst] / E.V. Ageev, R.A. Latypov i [dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. – Samara: Izd-vo Samarskogo nauch. c-ra RAN. – 2009. – t. 11 (31), № 5 (2). – S. 234–237.
22. Pat. 2449859 RF, MPK C2, B22F9/14. Ustanovka dlya polucheniya nanodispersnykh poroshkov iz tokoprovodyashhix materialov [Tekst] / Ageev E.V. (RU). № 2010104316/02; Zayavleno 08.02.2010; Opubl. 10.05.2012. Byul. №12.
23. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley avtomobiley [Tekst]: uchebnoye posobie / A.N. Novikov, M.P. Stratulat, A.L. Sevost'yanov. - Orel: OGTU, 2006. - 332 s.
24. Pat. 2119420 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 6B 23P 6/00 A. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst] / Novikov A.N.; zayavitel' i patentoobladatel' Orlovskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. - № 96100566/02; zayavl. 10.01.96; opubl. 27.09.98.
25. Novikov, A.N. Remont detaley iz alyuminiya i ego splavov [Tekst]: uchebnoye posobie / A.N. Novikov. - Orel: OGSFA, 1997. - 57 s.
26. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievyykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk (05.20.03) / Novikov Aleksandr Nikolaevich; Moskovskiy gosudarstvennyy agrozhenner-nyy universitet imeni V.P. Goryachkina. -M., 1999. -37 s.

**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

**Vorob'ev Evgenii Aleksandrovich**

Federal state budgetary educational institution of higher professional education «South-West state University»  
Graduate  
E-mail: evg.vorob91@yandex.ru

**Altuhov Aleksandr Yurievich**

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: alt997@yandex.ru

УДК 62-831.2

А.А. ПУГАЧЕВ

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОБМОТКИ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

*Представлены упрощенные эквивалентные тепловые схемы замещения асинхронного двигателя. Приведены методика и результаты определения тепловых сопротивлений обмотки статора асинхронного двигателя по результатам экспериментальных исследований при различных моментах сопротивления.*

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, тепловая схема, мощность потерь, тепловое сопротивление.

Для обеспечения защиты асинхронного двигателя от перегрева обмоток, последующих повреждений конструкций статора и ротора, продления ресурса службы двигателя, необходимо предусматривать непрерывный контроль температуры обмоток двигателя во время его эксплуатации. Анализ влияния температуры асинхронного двигателя на его режимы работы, проведенный в работе [1], показал, что значительное количество повреждений прямо или косвенно связано или вызвано с повышенным нагревом тех или иных частей электрической машины. Кроме этого, в современных системах управления необходимо учитывать влияние температуры обмоток на процессы, протекающие в силовой и управляющей системах, т.к. неверное определение температуры обмотки статора может привести к потере устойчивости систем векторного управления [2].

В настоящее время с учетом развития микропроцессорных и цифровых систем наиболее целесообразным представляется работа автоматических систем регулирования температуры, систем управления двигателями или систем релейной защиты по данным математической модели тепловых процессов, рассчитываемой на основе известных (измеряемых) электрических параметров и конструктивных параметров асинхронной машины. Однако точное определение параметров тепловой модели затруднительно, т.к. требует слишком большого объема информации, касающейся геометрии отдельных узлов двигателя и материалов, из которых эти узлы изготовлены.

В данной работе предложено использование упрощенной модели тепловых процессов в асинхронном двигателе, построенной с применением метода эквивалентных тепловых схем, и изложена методика экспериментального определения параметров, относящихся к обмотке статора, в установившемся режиме работы. Тепловое состояние обмотки статора играет ключевую роль, т.к. наиболее уязвимым элементом двигателя является изоляция обмотки статора.

Использование метода эквивалентных тепловых схем основано на замене основных элементов электрической машины узлами с соответствующими тепловыделениями в них, осредненными по объему элемента. Связи между узлами устанавливаются на основе анализа возможных путей тепловых потоков. Эти связи представляют собой тепловые сопротивления. Таким образом, в этом методе аналогично электрической цепи составляется тепловая цепь из тепловых сопротивлений, по которым протекает тепловой поток, и из источников тепла.

Исходными данными для создания тепловой схемы являются: номинальные данные асинхронного двигателя; геометрические размеры статора и ротора; обмоточные данные статора; размеры пазов, замыкающих колец и тип короткозамкнутой обмотки ротора; характеристики материалов статора, ротора, беличьей клетки и обмотки статора.

В общем случае тепловая схема, соответствующая нестационарным тепловым процессам (рис. 1, а), может быть описана следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} C_1 \frac{d\theta_1}{dt} = \Delta P_1 - a_{12}(\theta_1 - \theta_2) - \dots - a_{1n}(\theta_1 - \theta_n), \\ C_2 \frac{d\theta_2}{dt} = \Delta P_2 - a_{21}(\theta_2 - \theta_1) - \dots - a_{2n}(\theta_2 - \theta_n), \\ C_n \frac{d\theta_n}{dt} = \Delta P_n - a_{n1}(\theta_n - \theta_1) - \dots - a_{n(n-1)}(\theta_n - \theta_{n-1}), \end{cases} \quad (1)$$

где  $C_i$  – тепловая емкость  $i$ -го узла тепловой схемы;  
 $\theta_i$  – превышение температуры  $i$ -го узла над температурой окружающей среды;  
 $\Delta P_i$  – мощность потерь энергии в  $i$ -м узле;  
 $a_{ij}$  – теплопроводность между  $i$ -м и  $j$ -м узлами схемы.

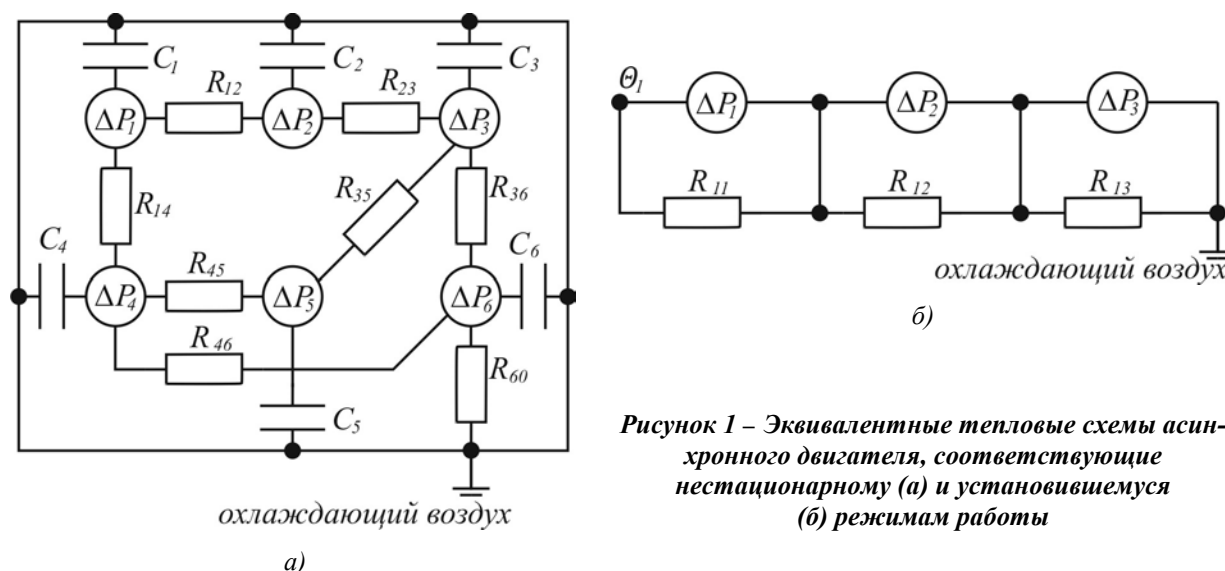


Рисунок 1 – Эквивалентные тепловые схемы асинхронного двигателя, соответствующие нестационарному (а) и установившемуся (б) режимам работы

На рисунке 1,а приняты следующие обозначения индексов: 1 относится к лобовым частям обмотки статора, 2 – к пазовой части обмотки статора, 3 – к магнитопроводу статора, 4 – к воздуху внутри двигателя, 5 – к ротору, 6 – к корпусу двигателя

Тепловые емкости статора и ротора асинхронной машины определяются при изготовлении электрической машины и остаются неизменными во время эксплуатации. Тепловые сопротивления, наоборот, в сильной степени зависят от условий эксплуатации и режимов работы электропривода. При уменьшении теплоотдачи тепловые сопротивления меняются, отражая тем самым изменения в тепловых характеристиках статора и ротора.

Корпус машины работает как теплоотвод с большой тепловой емкостью. Поэтому, несмотря на то, что значительные части как статора так и ротора состоят из стального массива одинаковой длины, тепловая емкость обмотки статора часто больше, чем емкость ротора благодаря наличию корпуса. Кроме того, вылет обмотки статора обеспечивает более высокое значение тепловой емкости. В установившемся режиме работы изменение температуры во времени  $d\theta_i/dt = 0$ . Это приводит к упрощению уравнений (1), которые после несложных преобразований примут вид:

$$\begin{cases} \theta_1 = R_{11}\Delta P_1 + R_{12}\Delta P_2 + \dots + R_{1n}\Delta P_n, \\ \theta_2 = R_{21}\Delta P_1 + R_{22}\Delta P_2 + \dots + R_{2n}\Delta P_n, \\ \theta_n = R_{n1}\Delta P_1 + R_{n2}\Delta P_2 + \dots + R_{nn}\Delta P_n, \end{cases} \quad (2)$$

где  $R_{ij}$  – тепловое сопротивление между  $i$ -м и  $j$ -м узлами;

$R_{ij} = \Delta_{ij}/\Delta$ ,  $\Delta$  – определитель матрицы  $|a_{ij}|$ ;

$\Delta_{ij}$  – коэффициенты матрицы  $|a_{ij}|^{-1}$ .

Упростим тепловую схему асинхронного двигателя, приняв во внимание три наиболее главных вида потерь: потери в обмотке статора ( $\Delta P_1$ ), потери в стержнях и кольцах ротора

( $\Delta P_2$ ) и потери в магнитопроводе статора ( $\Delta P_3$ ). Предложенная схема приведена на рисунке 1, б. Таким образом, система уравнений (2) может быть упрощена до трех уравнений для определения превышения температур обмотки статора  $\theta_1$ , стержней и колец ротора  $\theta_2$  и магнитопровода статора  $\theta_3$  над температурой окружающей среды.

Уравнение превышения температуры обмотки статора, чье тепловое состояние наиболее критично для работы замкнутых электроприводов:

$$\Theta_1 = R_{11}\Delta P_1 + R_{12}\Delta P_2 + R_{13}\Delta P_3$$

Анализ работ [3, 4], показывает, что  $R_{12} \approx R_{13}$ , поэтому для определения параметров тепловой схемы обмотки статора в установившемся режиме необходимо найти значения сопротивлений  $R_{11}$  и  $R_{12}$ .

Вычисление значений искомых сопротивлений можно осуществить на основании двух экспериментов, проводимых на одной и той же частоте вращения, но с разными значениями момента сопротивления и, как следствие, с разными значениями токов асинхронного двигателя и мощности потерь. Уравнения тепловых процессов:

$$\begin{cases} \Theta_{11} = R_{11}\Delta P_{11} + R_{12}(\Delta P_{21} + \Delta P_{31}), \\ \Theta_{12} = R_{11}\Delta P_{12} + R_{12}(\Delta P_{22} + \Delta P_{32}), \end{cases} \quad (3)$$

где  $\Delta P_{1n}$ ,  $\Delta P_{2n}$ ,  $\Delta P_{3n}$  – мощности потерь энергии в соответствующих узлах двигателя, полученные в результате  $n$ -го эксперимента;

$\theta_{1n}$  – превышение температуры обмотки статора над температурой окружающей среды, полученное в результате  $n$ -го эксперимента.

Для определения неизвестных параметров системы уравнений (3) были проведены два эксперимента с разными моментами сопротивления при одной и той же частоте тока статора. Эксперименты были повторены при различных частотах тока статора и, как следствие, различных частотах вращения вала ротора. В стенде применяется асинхронный двигатель АО-63-4 (механическая мощность  $P_{\text{мех}} = 14$  кВт, частота вращения магнитного поля статора  $n_0 = 1500$  об/мин), нагрузкой которого является двигатель постоянного тока независимого возбуждения. В асинхронном двигателе, в том числе на обмотке статора, установлены термомпары. Стенд для проведения экспериментальных исследований, его информационно-измерительная база и методика проведения отдельных измерений подробно описаны в работах [5, 6, 21-22].

Выражение для определения потерь в обмотке статора при ее питании от источника переменного тока:

$$\Delta P_{11} = 3I_1^2 R_s,$$

где  $I_1$  – ток статора;

$R_s$  – сопротивление одной фазы обмотки статора, измеренное при установившемся превышении температуры  $\theta_1$ .

Выражение для суммы потерь в роторе и магнитопроводе статора:

$$\Delta P_2 + \Delta P_3 = P_1 - \Delta P_1 - P_{\text{мех}},$$

где  $P_1$  – мощность электроэнергии, потребляемой обмоткой статора;

$P_{\text{мех}}$  – механическая мощность на валу ротора асинхронного двигателя (вала якоря двигателя постоянного тока):

$$P_{\text{мех}} = U_d(I_d - I_{d0}) - (I_d^2 - I_{d0}^2)R_a,$$

где  $U_d$ ,  $I_d$  – напряжение и ток обмотки якоря двигателя постоянного тока;

$I_{d0}$  – ток холостого хода;

$R_a$  – сопротивление обмотки якоря.



Таблица 1 - Основные результаты экспериментальных исследований

| $n_0$ ,<br>об/мин | Опыт № 1             |   |                       | Опыт № 2                |   |                    | $R_{11}$ ,<br>°C/Вт | $R_{12}$ ,<br>°C/Вт |
|-------------------|----------------------|---|-----------------------|-------------------------|---|--------------------|---------------------|---------------------|
|                   | $\Delta P_{11}$ , Вт | $\Delta P_{21} + \Delta P_{31}$ ,<br>Вт | $\theta_{11}$ ,<br>°C | $\Delta P_{12}$ ,<br>Вт | $\Delta P_{22} + \Delta P_{32}$ ,<br>Вт | $\theta_{12}$ , °C |                     |                     |
| 1500              | 662                  | 601                                     | 98                    | 450                     | 445                                     | 67                 | 0,095               | 0,058               |
| 1200              | 560                  | 484                                     | 89                    | 381                     | 370                                     | 63                 | 0,103               | 0,063               |
| 900               | 490                  | 265                                     | 76                    | 293                     | 252                                     | 52                 | 0,114               | 0,074               |
| 600               | 482                  | 162                                     | 79                    | 271                     | 231                                     | 59                 | 0,130               | 0,099               |
| 300               | 412                  | 199                                     | 92                    | 275                     | 220                                     | 73                 | 0,163               | 0,126               |

Анализ результатов исследований показывает зависимость тепловых сопротивлений от частоты вращения вала ротора, что отражает основную физическую сущность процессов, протекающих в асинхронном двигателе во время его работы. Очевидно, что уменьшение частоты вращения вала машин с самовентиляцией приводит к повышению температуры его узлов и элементов при той же самой нагрузке. Это отражается в увеличении значений тепловых сопротивлений. Данное явление, в том числе, предопределило использование в тяговых электроприводах двигателей с принудительной вентиляцией.

Таким образом, применение методики определения тепловых сопротивлений обмотки статора асинхронного двигателя требует наличия датчика температуры обмотки статора, омметра, датчиков тока и напряжения. Использование значений тепловых сопротивлений, найденных по предложенной методике, при известных потерях в машинах позволит вычислять температуру обмотки статора асинхронного двигателя в установившихся режимах его работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Космодамианский, А.С. Влияние температуры тягового асинхронного двигателя на его режимы работы [Текст] / А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, А.А. Пугачев // Электротехника. - 2011. - № 8. - С. 50-54.
2. Пугачев, А.А. Система управления тяговым асинхронным двигателем с минимизацией мощности потерь [Текст] / А. А. Пугачев, В. И. Воробьев, А. С. Космодамианский // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2015. – № 2 (46). – С. 55–61.
3. Пугачев, А.А. Результаты экспериментальных исследований тепловых процессов в асинхронном двигателе [Текст] / А.А. Пугачев, Д.А. Бондаренко // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2015. – № 3 (47). – С. 77–82.
4. Смирнов, В.П. Непрерывный контроль температуры предельно нагруженного оборудования электровоза [Текст]: дисс... д-ра. техн. наук / В.П. Смирнов. – Иркутск, 2005. – 355 с.
5. Пугачев, А.А. Энергетические показатели качества электропривода вспомогательных систем тягового подвижного состава [Текст] / А. А. Пугачев, В. И. Воробьев, Г. С. Михальченко и др. // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 1(48) – С. 58–66.
6. Пугачев, А.А. Минимизация мощности потерь в электроприводе со скалярной системой управления асинхронным двигателем [Текст] / А. А. Пугачев // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2015. – № 3 (64). – С. 32–37.
7. Космодамианский, А.С. Система управления тягового электропривода с контролем температуры теплонагруженных элементов [Текст] / А.С. Космодамианский, Л.М. Клячко, В.И. Воробьев и др. // Электротехника. - 2014. - № 8. - С. 38–43.
8. Космодамианский, А.С. Влияние теплового состояния тягового асинхронного двигателя на характер его отказов и механических характеристик [Текст] / А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, А.А. Пугачев и др. // Наука и техника транспорта. - М. - 2011. - № 3. – С. 56–61.
9. Космодамианский, А.С. Прямое управление моментом асинхронных двигателей при их питании от одного преобразователя частоты [Текст] / А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, А.А. Пугачев // Электротехника. – 2015. – № 9. – С. 29 – 35.
10. Козярук, А.Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов [Текст] / А.Е. Козярук, В.В. Рудаков; под ред. А.Г. Народицкого. – СПб.: С.-Петербург. электротехн. компания, 2004. - 128 с.
11. Воробьев, В.И. Математическая модель установившихся тепловых процессов в асинхронном двигателе [Текст] / В.И. Воробьев, А.А. Пугачев, А. Бондаренко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. - № 5–2(313). – С. 221–226.

12. Pugachev, A.A. Automatic temperature regulation system of locomotive traction induction motors with power losses minimization [Текст] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorobiev, A.A. Pugachev // Journal of Information Technology and Applications. – 2015. – pp. 13–24.
13. Самотканов, А.В. Снижение мощности потерь электропривода вентилятора охлаждения на тяговом подвижном составе [Текст] / А.В. Самотканов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. - № 1 (309) – С. 81–85.
14. Космодамианский, А.С. Моделирование электропривода с асинхронным двигателем в режиме минимума мощности потерь [Текст] / А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, А.А. Пугачев // Электротехника. - 2012. - № 12. - С. 26–31
15. Космодамианский, А.С. Применение метода анализа размерностей к исследованию электромеханических характеристик тяговых асинхронных двигателей [Текст] / А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, А.А. Пугачев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - № 3–2. – 2012. – С. 3–11.
16. Пугачев, А.А. Анализ и систематизация методов и результатов определения температуры теплонагруженных узлов асинхронного тягового двигателя железнодорожного транспорта [Текст] / А.А. Пугачев // Мир транспорта и технологических машин. - № 3. – 2012. – С. 39–49.
17. Zhang, P. Active stator winding thermal protection for AC motors [Текст] / P. Zhang, B. Lu T.G. Habetler // 2009 IEEE IAS pulp & paper industry conference in Birmingham, p. 11 – 19.
18. Mellor, P.H. Lumped parameter thermal model for electrical machines of TEFC design [Текст] / P. H. Mellor, D. Roberts, and D. R. Turner // IEE Proc. - Electr. Power Appl., vol. 138, pp. 205–218, 1991.
19. Космодамианский, А.С. Экспериментальная установка для исследования и регулирования процессов нагрева и охлаждения асинхронного двигателя [Текст] / А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, А.А. Пугачев // Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения. Новочеркасск. - 2011. - № 2 (62). – С. 65–76.
20. Пугачев, А.А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины на лабораторной установке [Текст] / А.А. Пугачев, В.И. Воробьев, А.С. Космодамианский // Электрические аппараты и электротехнические комплексы и системы: сб. статей. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. - Т. 2.– С. 204–206.
21. Новиков, А.Н. Технология ремонта машин [Текст]: учебное пособие по курсовому проектированию / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева, А.В. Коломейченко. - Орел: ОрелГТУ, 2003. - 59 с.
22. Пат. 2190045 Российская Федерация, МПК 7С 25Д 11/02 А. Устройство для микродугового окисления поджимной и подшипниковой обойм шестеренного насоса [Текст] / А.В. Коломейченко, А.Н. Новиков, Н.В. Зуева; заявитель и патентообладатель Орловский государственный аграрный университет. - № 2000129935/02; заявл. 30.11.00; опубл. 27.09.02.

**Пугачев Александр Анатольевич**

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Адрес: 241035, Россия, г. Брянск, бульвар 50-летия Октября, д. 7

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы»

E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

---

A.A. PUGACHEV

## **DETERMINATION THERMAL RESISTANCE STATOR WINDING ASYNCHRONOUS MOTORS**

*The simplified equivalent thermal circuits of an induction motor are represented. The technique and results of an induction motor stator winding thermal resistances investigation by using of experimental researches under different loads are shown.*

**Key words:** induction motor, thermal circuit, power losses, thermal resistance.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Kosmodamianskiy, A.S. Vliyanie temperatury tyagovogo asinkhronnogo dvigatelya na ego rezhimy raboty [Текст] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorob`ev, A.A. Pugachev // Elektrotekhnik. - 2011. - № 8. - С. 50–54.
2. Pugachev, A.A. Sistema upravleniya tyagovym asinkhronnym dvigatelem s minimizatsiey moshchnosti poter` [Текст] / А. А. Пугачев, V. I. Vorob`ev, A. S. Kosmodamianskiy // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2015. - № 2 (46). - S. 55?61.
3. Pugachev, A.A. Rezul`taty eksperimental`nykh issledovaniy teplovykh protsessov v asinkhronnom dvigatele [Текст] / А.А. Пугачев, D.A. Bondarenko // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2015. - № 3 (47). - S. 77?82.
4. Smirnov, V.P. Nepreryvnyy kontrol` temperatury predel`no nagruzhennogo oborudovaniya elektro-voza [Текст]: diss... dokt. tekhn. nauk / V.P. Smirnov. - Irkutsk, 2005. - 355 s.

5. Pugachev, A.A. Energeticheskie pokazateli kachestva elektroprivoda vspomogatel'nykh sistem tyagovogo podvizhnogo sostava [Tekst] / A. A. Pugachev, V. I. Vorob'ev, G. S. Mikhal'chenko i dr. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - № 1(48) - S. 58-66.
6. Pugachev, A.A. Minimizatsiya moshchnosti poter` v elektroprivode so skalyarnoy sistemoy upravleniya asinkhronnym dvigatelem [Tekst] / A. A. Pugachev // Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2015. - № 3 (64). - S. 32-37.
7. Kosmodamianskiy, A.S. Sistema upravleniya tyagovogo elektroprivoda s kontrolem temperatury teplo-nagruzhennykh elementov [Tekst] / A.S. Kosmodamianskiy, L.M. Klyachko, V.I. Vorob'ev i dr. // Elektrotehnika. - 2014. - № 8. - C. 38-43.
8. Kosmodamianskiy, A.S. Vliyanie teplovogo sostoyaniya tyagovogo asinkhronnogo dvigatelya na kharakter ego otkazov i mekhanicheskikh kharakteristik [Tekst] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorob'ev, A.A. Pugachev i dr. // Nauka i tekhnika transporta. M., 2011. № 3. - S. 56-61.
9. Kosmodamianskiy, A.S. Pryamoe upravlenie momentom asinkhronnykh dvigateley pri ikh pitanii ot odnogo preobrazovatelya chastoty [Tekst] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorob'ev, A.A. Pugachev // Elektrotehnika. - 2015. - № 9. - S. 29 - 35.
10. Kozyaruk, A.E. Sovremennoe i perspektivnoe algoritmicheskoe obespechenie chastotno-reguliruemyykh elektroprivodov [Tekst] / A.E. Kozyaruk, V.V. Rudakov; pod red. A.G. Naroditskogo. - SPb.: S.-Peterb. elektro-tekhn. kompaniya, 2004. - 128 s.
11. Vorob'ev, V.I. Matematicheskaya model` ustanovivshikhsya teplovykh protsessov v asinkhronnom dvigatele [Tekst] / V.I. Vorob'ev, A.A. Pugachev, A. Bondarenko // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - № 5-2(313). - 2015. - S. 221-226.
12. Pugachev, A.A. Automatic temperature regulation system of locomotive traction induction motors with power losses minimization [Tekst] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorobiev, A.A. Pugachev // Journal of Information Technology and Applications. - 2015. - pp. 13-24.
13. Samotkanov, A.V. Snizhenie moshchnosti poter` elektroprivoda ventilyatora okhlazhdeniya na tyagovom podvizhnom sostave [Tekst] / A.V. Samotkanov // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2015. - № 1 (309) - S. 81-85.
14. Kosmodamianskiy, A.S. Modelirovanie elektroprivoda s asinkhronnym dvigatelem v rezhime mini-muma moshchnosti poter` [Tekst] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorob'ev, A.A. Pugachev // Elektrotehnika. - 2012. - № 12. - C. 26-31
15. Kosmodamianskiy, A.S. Primenenie metoda analiza razmernostey k issledovaniyu elektromekhanicheskikh kharakteristik tyagovykh asinkhronnykh dvigateley [Tekst] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorob'ev, A.A. Pugachev // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - № 3-2. - 2012. - S. 3-11.
16. Pugachev, A.A. Analiz i sistematizatsiya metodov i rezul'tatov opredeleniya temperatury teplo-nagruzhennykh uzlov asinkhronnogo tyagovogo dvigatelya zheleznodorozhnogo transporta [Tekst] / A.A. Pugachev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - № 3. - 2012. - S. 39-49.
17. Zhang , R. Active stator winding thermal protection for AC motors [Tekst] / P. Zhang , B. Lu T.G. Habetler // 2009 IEEE IAS pulp & paper industry conference in Birmingham, p. 11 - 19.
18. Mellor, P.H. Lumped parameter thermal model for electrical machines of TEFC design [Tekst] / P. H. Mellor, D. Roberts, and D. R. Turner // IEE Proc. - Electr. Power Appl., vol. 138, pp. 205-218, 1991.
19. Kosmodamianskiy, A.S. Eksperimental'naya ustanovka dlya issledovaniya i regulirovaniya protsessov nagraeva i okhlazhdeniya asinkhronnogo dvigatelya [Tekst] / A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorob'ev, A.A. Pugachev // Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta elektrovozostroeniya. Novocherkassk. - 2011. - № 2 (62). - S. 65-76.
20. Pugachev, A.A. Opredelenie parametrov skhemy zameshcheniya asinkhronnoy mashiny na laboratornoy ustanovke [Tekst] / A.A. Pugachev, V.I. Vorob'ev, A.S. Kosmodamianskiy // Elektricheskie apparaty i elektrotekhnicheskie komplekсы i sistemy: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. - Ul'yanovsk: UIGTU. - T. 2. - 2012. - S. 204-206.
21. Novikov, A.N. Tekhnologiya remonta mashin [Tekst]: uchebnoe posobie po kursovomu proektirovaniyu / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva, A.V. Kolomeychenko. - Orel: OreIGTU, 2003. - 59 s.
22. Pat. 2190045 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 7C 25D 11/02 A. Ustroystvo dlya mikrodogovogo oksidirovaniya podzhimnoy i podshipnikovoy oboym shesterennogo nasosa [Tekst] / A.V. Kolomeychenko, A.N. Novikov, N.V. Zueva; zayavitel' i patentoobladatel' Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. - № 2000129935/02; zayavl. 30.11.00; opubl. 27.09.02.

**Pugachev Alexander Anatol'evich**

FGBOU VO «Bryansk State Technical University»

Adress: 241035, Rossia, Bryansk, Boulevard 50 years of October Str. 7

Kand. tehn. professor of «Electric, electronic and electrotechnical systems»

E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ**

УДК 656.131.2

Н.Н. НИКОЛАЕВ, С.К. ФИЛАТОВ

### **АНАЛИЗ РАБОТЫ СЛУЖБЫ ТАКСИ В РОССИЙСКОМ МАЛОМ ГОРОДЕ**

*Опубликованные данные о таксомоторных перевозках относятся к крупным городам, где ритм жизни и подвижность населения значительно отличаются от малых городов. Целью статьи является анализ работы и определение параметров работы таксомоторного предприятия в типичном районном центре. Нами были получены данные о заказах такси по первичным документам – журналам фиксации заказов. Была проведена их статистическая обработка, выявлены законы их распределения. Установлены изменения числа заказов по дням недели, месяцам года, часам суток и выявлены пиковые периоды. Данные о количестве заказов в час аппроксимированы распределением Пуассона. В ходе исследований установлено, что для оптимизации системы таксомоторных перевозок рационально применять математический аппарат системы массового обслуживания.*

**Ключевые слова:** такси, клиент, районный центр, заказ, распределение, вероятность, качество обслуживания.

#### **Переменные и функции:**

$\lambda$  – интенсивность поступления заказов на таксомоторные перевозки, 1/ч;

$\mu$  – интенсивность обслуживания клиентов, 1/ч;

$n$  – количество клиентов, одновременно обслуживаемых и ожидающих обслуживания;

$s$  – количество автомобилей в системе;

$\lambda/\mu$  – коэффициент загрузки системы;

$p_0$  – вероятность простоя системы;

$p_c$  – вероятность занятости всех автомобилей;

$L_q$  – количество клиентов в очереди;

$L_s$  – количество клиентов в системе;

$W_q$  – среднее время ожидания клиента в очереди, ч;

$W_s$  – среднее время пребывания клиента в системе (ожидание и обслуживание), ч.

#### **Аббревиатуры:**

СМО – система массового обслуживания.

В последние годы предприятия таксомоторных перевозок интенсивно развиваются вместе с увеличением подвижности населения. При этом развитие происходит как в крупных городах, где предприятия таксомоторных перевозок были всегда, так и в небольших городах, где ранее они не существовали вообще [1, 2, 3]. Целью данной статьи является анализ результатов работы предприятия таксомоторных перевозок в небольшом городе, и поиск на его основе путей совершенствования системы таксомоторных перевозок.

Анализ проведен на примере таксомоторных перевозок в городе Зернограде Ростовской области (Российская Федерация). Этот город является типичным районным центром с населением 30 тысяч человек [4]. Наиболее крупным предприятием в сфере таксомоторных перевозок здесь является служба такси «Тройка» ИП Игнатенко М.Г. Перевозки осуществляются 16 легковыми автомобилями, работающими на основании официальных разрешений. Заказ на таксомоторные перевозки в данном предприятии осуществляется исключительно по телефону (стационарному или мобильному), заказ принимает диспетчер, каждый заказ фиксируется в специальном журнале.

Интернет-приложения по заказу поездок типа Uber, Gettaxi, «Яндекс» в городе не действуют из-за небольшого числа жителей, кроме того такие мобильные сервисы с точки зрения российского законодательства не вполне законны [5].

Предприятие «Тройка» работает в две смены. В дневную смену (с 7:00 до 19:00) перевозки осуществляются 12 автомобилями, а в ночную (с 19:00 до 7:00) – 8 автомобилями.

Анализ распределения заказов на таксомоторные перевозки проведен нами на основе обработки первичной документации – журнала заказов.

Мы получили данные о среднем количестве заказов по дням недели, по месяцам года. Результаты представлены в виде лепестковых диаграмм количества заказов по каждому дню, разделенные по месяцам и кварталам года (рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис. 4).

На каждой диаграмме месяцу года соответствует определенный тип линии и можно отследить изменение спроса на услуги такси не только по месяцам, но и по отдельным дням месяца. При этом выявлены характерные всплески спроса в отдельные дни.

Особенно заметен рост числа поездок в официальные праздничные дни: предновогодние дни и первый день нового года, православное Рождество, 8 марта (Международный женский день), 23 февраля (День защитника отечества) (рис. 1). Вместе с тем, например, 4 ноября (День национального единства) повышение спроса не заметно (рис. 4). Это отражает популярность или непопулярность праздников у населения. Кроме того, заметно повышение спроса в неофициальные праздничные даты или ближайшие к ним выходные дни, такие как 31 октября (Хэллоуин) (рис. 4) и 14 февраля (Валентинов день). Рост заказов заметен 15 и 16 февраля – субботу и воскресенье (рис. 1).

Январь отличается очень неравномерным спросом на перевозки в результате чередования праздников (официальных, церковных и неофициальных), продолжительных выходных дней с рабочими днями в течение всего месяца (рис. 1).

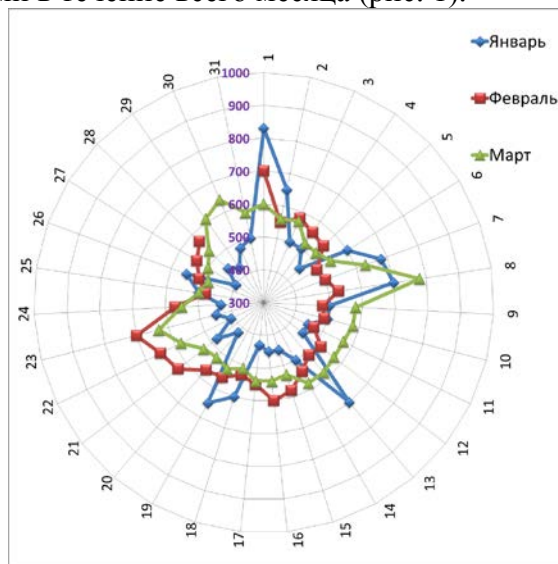


Рисунок 1 – Распределение заказов по датам в первом квартале года

Такие результаты представляют интерес для специалистов транспорта и социологов [6, 7, 8].

Рост числа заказов заметен в осенние месяцы, что объясняется ухудшением погодных условий (например, начало и конец сентября на рисунке 3), а также окончанием отпусков и каникул (рис. 3, 4). Наименьшее число поездок приходится на июль, что связано с ежегодными отпусками и летними каникулами у учащихся (рис. 3).

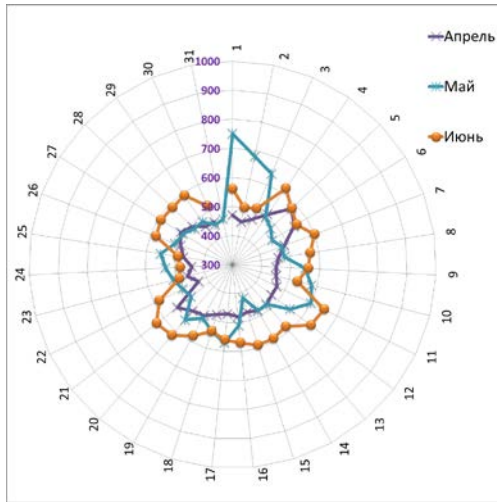


Рисунок 2 – Распределение заказов по датам во втором квартале года

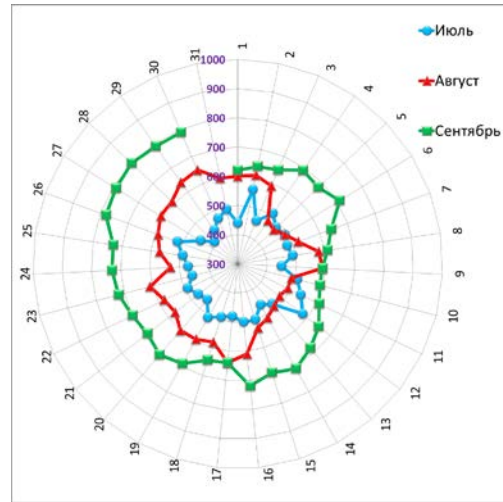


Рисунок 3 – Распределение заказов по датам в третьем квартале года

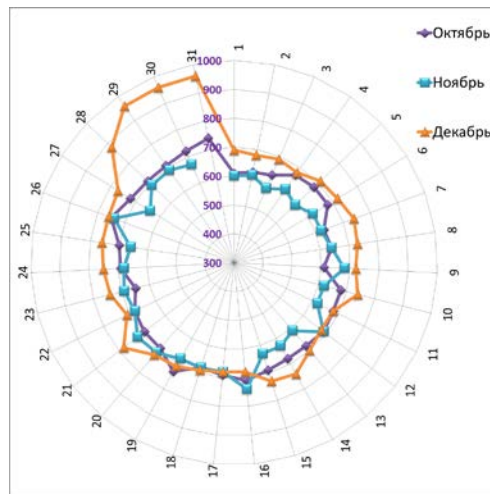


Рисунок 4 – Распределение заказов по датам в четвертом квартале года

На рисунке 5 представлены результаты анализа среднего количества заказов на таксомоторные перевозки по часам суток с разделением на будни и выходные дни (для большинства населения).

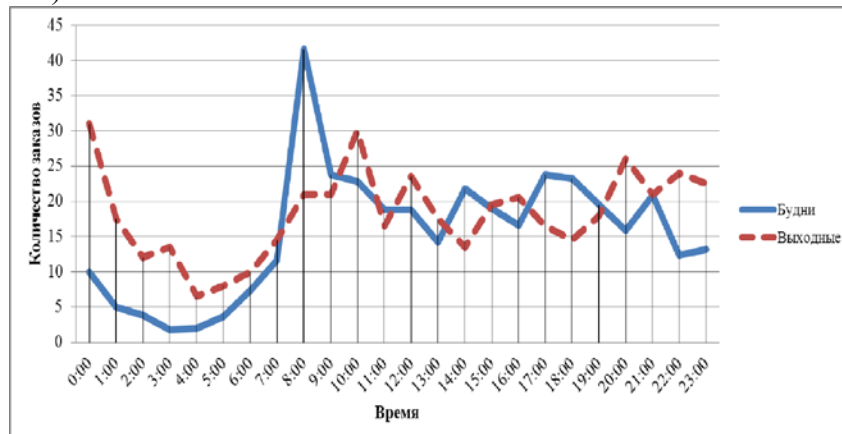


Рисунок 5 – Распределение заказов на таксомоторные перевозки по часам суток (в среднем) в будни и выходные

В будние дни заметен резкий всплеск числа заказов утром около 8:00, что объясняется движением населения на работу и учебу, и плавное снижение числа заказов после 23:00 с постепенным ростом после 4:00.

В выходные дни имеется всплеск утром, он смещается к 10:00, наблюдается значительный рост числа заказов после 19:00 (начало ночной смены), а затем снижается после 00:00, с плавным приростом в 3:00 и заметным ростом после 4:00. Поведение кривой числа заказов в ночное время (особенно в выходные дни) объясняется режимом работы культурно-развлекательных учреждений в районном центре (до 2:00 – 4:00).

Имеющиеся исследования [9, 10, 11] дают характер изменения спроса на таксомоторные перевозки по часам суток, значительно отличающийся от наших данных: в будни и выходные дни максимальный спрос приходится на период от 19:00 до 20:00, несколько меньший спрос приходится на период с 11:00 до 12:00, в выходные дни отсутствует рост заказов в ночное время и т.п. Это объясняется тем, что анализ проводился для достаточно больших городов, имеющих другой уклад жизни.

Данные были сгруппированы по дням недели и времени суток. Таким образом, можно получить 4 группы данных: будни-день, будни-ночь, выходные-день, выходные-ночь.

Но такое разделение уменьшает объем каждой выборки, что может негативно сказаться на выборе закона распределения заказов такси. Поэтому мы проверили возможность объединения групп данных на базе гипотезы о равенстве средних попарно взятых данных выборок [12, 13].

На рисунке 6 представлена диаграмма Бокса-Вискера, представляющая графически все 4 выборки данных, а также их квартили, размах и средние значения.

Для сравнения средних в двух выборках используют критерии Sign test (критерий знаков) и Wilcoxon test (Вилкоксона).

На основе применения данных критериев выборки «выходные-ночь» и «выходные-день» мы объединили в одну выборку «выходные», а выборки «будни-ночь» и «будни-день» обрабатывали отдельно.

Мы определили закон распределения моментов поступления заказов на таксомоторные перевозки, используя критерии согласия Колмогорова-Смирнова и Пирсона [12, 13].

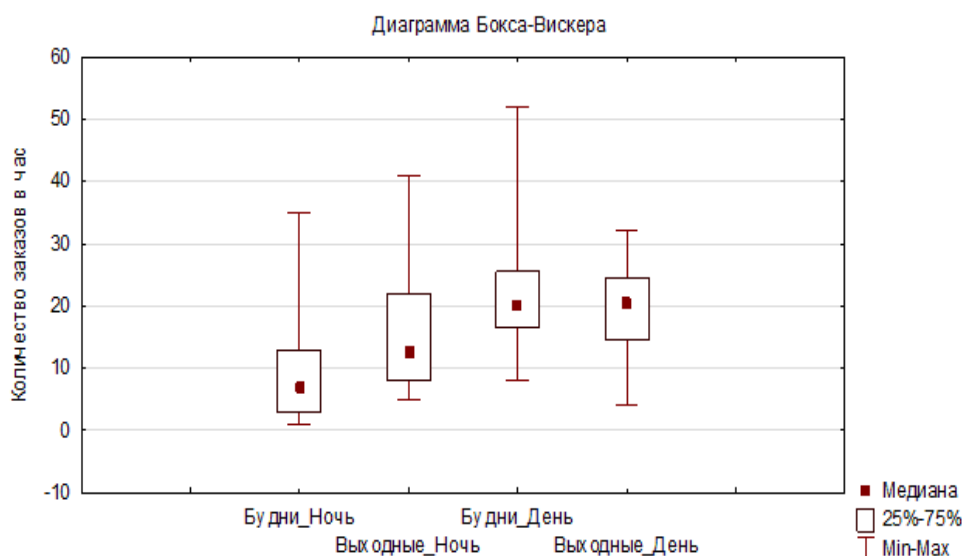


Рисунок 6 – Диаграмма Бокса-Вискера распределения заказов

Подбор распределений показала, что данные выборки случайных чисел наилучшим образом описываются распределением Пуассона, достоверность аппроксимации  $p = 0,35$  при значении критерия Колмогорова-Смирнова  $d = 0.15$ , а Пирсона  $\chi^2 = 8,36$  (рис. 7).

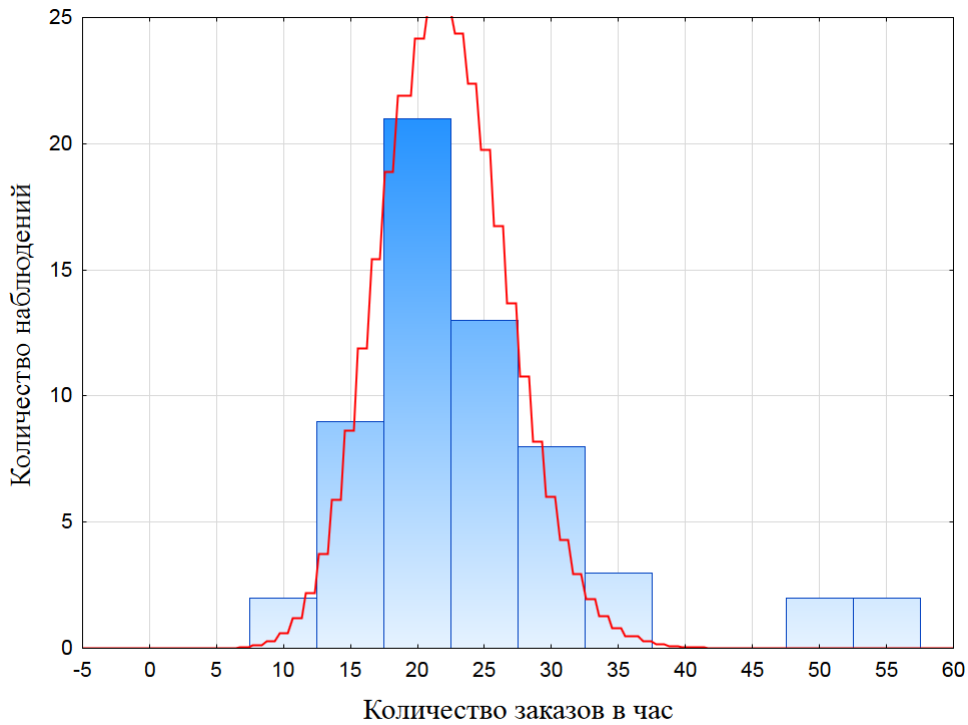


Рисунок 7 – Распределение Пуассона для выборки «будни-день»

Полученные распределения Пуассона имеют следующие значения параметра закона: «будни-день» –  $\lambda = 20,05$  «будни-ночь» –  $\lambda = 9,47$ ; «выходные» –  $\lambda = 17,63$ .

Существуют различные модели для описания работы службы такси [14, 15, 16, 17, 18, 19]. По нашему мнению для достижения цели статьи наилучшим образом подходит аппарат теории массового обслуживания.

Рассмотрим систему таксомоторных перевозок, как систему массового обслуживания открытого типа с ожиданием без ограничения количества заявок в системе. Согласно обозначениям Кендалла это система вида М/М/с [13, 20].

В данной модели интенсивность обслуживания зависит от количества требований в системе. При количестве требований  $n \geq c$  интенсивность обслуживания равна  $c\mu$ . При количестве требований  $n < c$  интенсивность обслуживания равна  $n\mu$  (рис. 8).

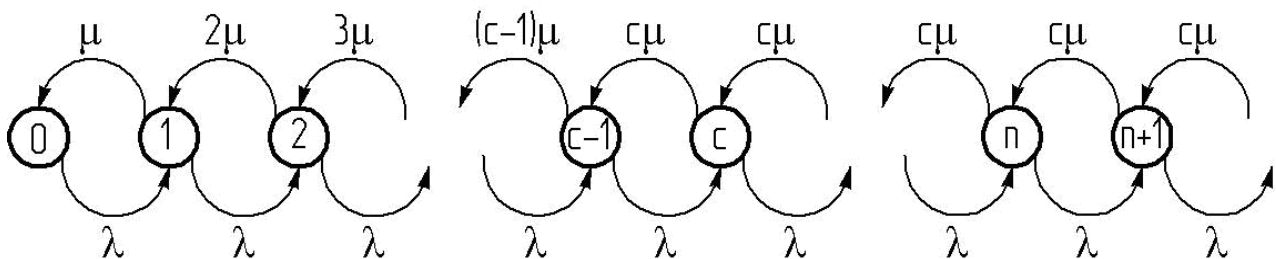


Рисунок 8 – Схема функционирования многоканальной системы

Математическая модель расчета параметров СМО данного типа основана на полученном нами пуассоновском распределении заказов и приведена в источниках [13, 19, 21-23].

Произведен расчет параметров согласно источникам [13, 19] системы массового обслуживания и результаты сведены в таблице 1.



Таблица 1 – Параметры системы таксомоторных перевозок, как СМО

| Параметр СМО    | Будни-день, шт./ч |        |        | Будни-ночь, шт./ч |        |        |        | Выходные, шт./ч |        |        |
|-----------------|-------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
|                 | с, шт.            | 8      | 10     | 12                | 4      | 5      | 6      | 7               | 8      | 10     |
| $\lambda$ , 1/ч | 20,05             | 20,05  | 20,05  | 9,47              | 9,47   | 9,47   | 9,47   | 17,63           | 17,63  | 17,63  |
| $\mu$ , 1/ч     | 3                 | 3      | 3      | 3                 | 3      | 3      | 3      | 3               | 3      | 3      |
| $\lambda/\mu$   | 0,835             | 0,668  | 0,557  | 0,789             | 0,631  | 0,526  | 0,451  | 0,735           | 0,588  | 0,49   |
| $\rho_0$        | 0,0009            | 0,0012 | 0,0012 | 0,0294            | 0,0391 | 0,0416 | 0,0423 | 0,0025          | 0,0028 | 0,0028 |
| $\rho_c$        | 0,088             | 0,059  | 0,021  | 0,122             | 0,102  | 0,057  | 0,026  | 0,087           | 0,037  | 0,010  |
| $L_q$ , шт.     | 2,73              | 0,36   | 0,06   | 2,16              | 0,47   | 0,13   | 0,04   | 0,91            | 0,13   | 0,02   |
| $L_s$ , шт.     | 9,41              | 7,04   | 6,74   | 5,32              | 3,63   | 3,29   | 3,20   | 6,79            | 6,01   | 5,90   |
| $W_q$ , ч       | 0,136             | 0,018  | 0,0029 | 0,228             | 0,050  | 0,014  | 0,004  | 0,052           | 0,007  | 0,001  |
| $W_s$ , ч       | 0,469             | 0,351  | 0,336  | 0,561             | 0,383  | 0,347  | 0,337  | 0,385           | 0,341  | 0,334  |

Данные таблицы представлены в виде графиков (рис. 9, рис.10, рис. 11).

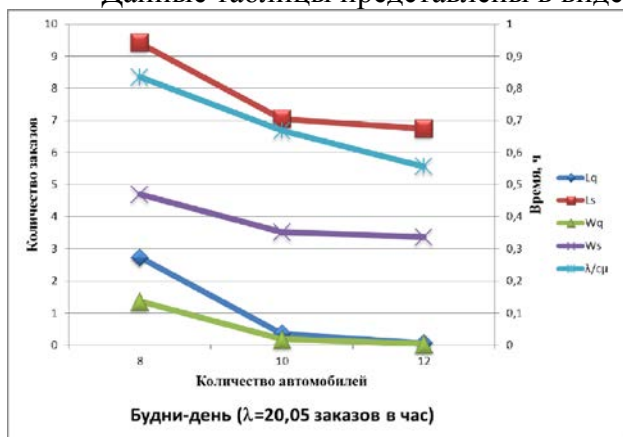


Рисунок 9 – Параметры СМО для периода «будни-день»

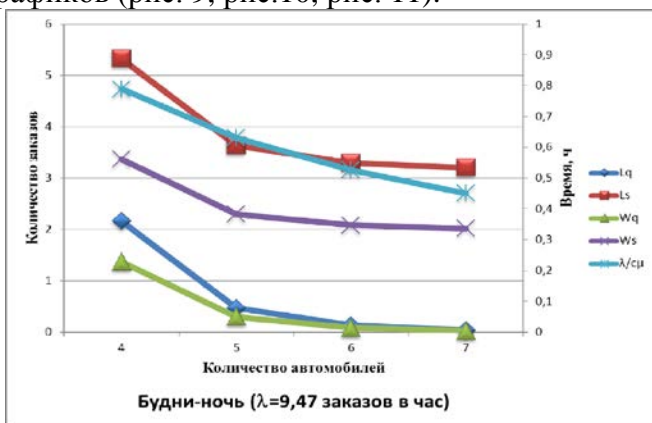


Рисунок 10 – Параметры СМО для периода «будни-ночь»

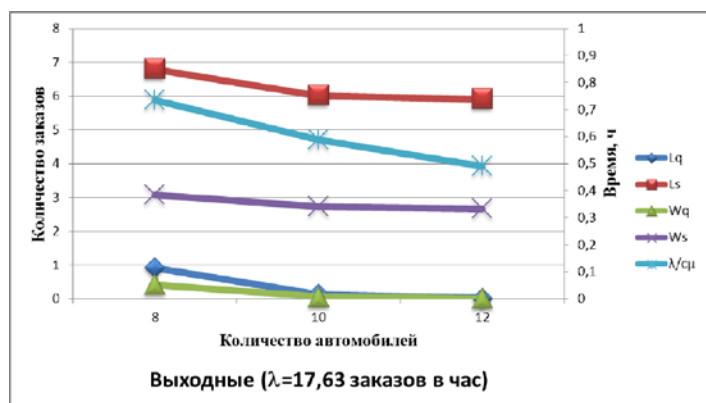


Рисунок 11 – Параметры СМО для периода «выходные»

Научная новизна представленной работы состоит в том, что определены:

- изменение количества заказов на таксомоторные перевозки по месяцам года, дням недели и часам суток и параметры их законов распределения для районного центра;
- взаимосвязь спроса на таксомоторные перевозки с погодными условиями, наличием праздничных дней, каникул учащихся и сезона ежегодных отпусков;

- параметры системы таксомоторных перевозок, как системы массового обслуживания для различных периодов времени в районном центре.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- для предприятия «Тройка» районного центра г. Зерноград в выходные дни круглосуточно и в будние дни днем достаточно 10 автомобилей, а в будние дни ночью – 5 автомобилей (что меньше используемого в настоящее время количества автомобилей на 2 и 3 соответственно), при этом коэффициент загруженности системы составляет порядка 0,6–0,7;

- можно разработать рациональные графики работы автомобилей-такси и водителей по месяцам года, дням недели и часам суток, что позволит обеспечить высокую эффективность использования автомобилей-такси при круглосуточном своевременном удовлетворении спроса населения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвин, А.В. Экономические аспекты устойчивого развития пассажирского транспорта в малых городах [Текст] / А.В. Литвин, А.И. Чиркова, Л.Н. Ваулина // Апробация. – 2013. – №6(9). – С. 130–133.
2. Фролова, Е.В. Проблемы инфраструктуры малых городов России [Текст] / Е.В. Фролова // Социология власти. – 2011. – №3. – С. 56–61.
3. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс]: Анализ сегмента такси на рынке городского пассажирского транспорта. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/content/8176/issledovanie-ac-taksi-pdf.pdf>. – (Дата обращения: 27.03.2016).
4. Официальный сайт Администрации Зерноградского района [Электронный ресурс]: Зерноградский район сегодня. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.zernoland.ru/texts.php?id=4>. – (Дата обращения: 27.03.2016).
5. Русяева, П. Uber снял с себя ответственность за качество и безопасность перевозок [Электронный ресурс] / П. Русяева, А. Сухаревская, Д. Пузырев // Интернет-портал «РБК». – Электрон. дан. – Режим доступа: [http://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/09/02/2016/56b9c85a9a7947751abc12a0](http://www.rbc.ru/technology_and_media/09/02/2016/56b9c85a9a7947751abc12a0). – (Дата обращения: 27.03.2016).
6. Волков, В.С. Особенности организации и управления работой маршрутных такси по заявкам [Текст] / В.С. Волков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т.5. – №10. – С. 69–71.
7. Сонькин, Д.М. Адаптивный алгоритм распределения заказов на обслуживание автомобилями такси [Текст] / Д.М. Сонькин // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т.315. – №5. – С. 65–71.
8. Косякова, И.В. Исследование рынка автотранспортных перевозок пассажиров легковыми такси: социально-экономические аспекты [Текст] / И.В. Косякова, Е.Н. Шуравина // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Экономические науки. – 2012. – №2. – С. 137–143.
9. Пассажиры автомобильные перевозки [Текст]: учебник / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев. – Москва: Горячая Линия-Телеком, 2004. – 448 с.
10. Дашко, М.В. Методы определения требуемого количества легковых автомобилей такси на примере городов республики Башкортостан [Текст] / М.В. Дашко, В.П. Славненко, Е.Ю. Кириллов // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург: ОГУ. – 2015. – № 1(176). – С. 218–223.
11. Лазаренко, Т.В. Исследование некоторых характеристик системы обслуживания населения легковым таксомоторным транспортом [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10) / Лазаренко Татьяна Витальевна. – Москва, 1999. – 20 с.
12. Николаев, Н.Н. Основы научных исследований: учебное пособие [Текст] / Н.Н. Николаев, С.К. Филатов. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 159 с.
13. Николаев, Н.Н. Применение моделирования при оптимизации транспортно-технологических процессов: монография [Текст] / Н.Н. Николаев. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 176 с.
14. Salanova, J.M. A review of the modeling of taxi services [Text] / J.M. Salanova, M. Estrada, G. Aifadopoulou, E. Mitsakis // Procedia Social and Behavioral Sciences 20. – 2011. – P. 150–161.
15. Salanova, J.M.; Estrada, M. Agent based modelling for simulating taxi services [Text] / J.M. Salanova, M. Estrada // Procedia Computer Science 52. – 2015. – P. 902–907.
16. Доля, В.К. К анализу методов определения оптимального количества автомобилей такси [Текст] / В.К. Доля, И.П. Энглези, Д.С. Антоненко // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2011. – №3. – С. 26–28.
17. Incorporating transportation network modeling tools within transportation economic impact studies of disasters / Yi Wen, Li Zhang, Zhitong Huang, Mingzhou Jin // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Volume 1, Issue 4, August 2014. – P. 247–260. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756415302701>
18. Modeling Transportation Network Redundancy / Xiangdong Xu, Anthony Chen, Sarawut Jansuwan, Kevin Heaslip, Chao Yang // Transportation Research Procedia, Volume 9, 2015. – P. 283–302. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146515001763>.

19. Aidas, V.V. Modelling of intermodal freight transportation network / V.V. Aidas // TRANSPORT – 2002, Vol XVII, No 3, – P. 117–121. – URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/16483840.2002.10414024>.
20. Николаев, Н.Н. Моделирование транспортных процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Н. Николаев. – Электрон. дан. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2016. – 153 с. – URL: <http://elibrary.ru/download/56046121.pdf>.
21. Новиков, А.Н. Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 4 (39). - С. 69-74.
22. 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.
23. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 1. - С.107-111.

**Николаев Николай Николаевич**

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобилей и технология транспортных процессов»

Адрес: 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21

E-mail: nneks@mail.ru

**Филатов Сергей Константинович**

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобилей и технология транспортных процессов»

Адрес: 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21

E-mail: filatov-sk@yandex.ru

N.N. NIKOLAEV, S.K. FILATOV

## ANALYSIS OF THE TAXI SERVICE FUNCTIONING IN THE RUSSIAN TOWNS

*The published data about the taxi transportation refers to cities, where the life rhythm and population mobility differ significantly from towns. The purpose of this article is to analyze the functioning and determination of taxi company parameters in the typical district center, and search the improving methods of the taxi transportation system. During the research primary documents of taxi orders, namely, registers have been obtained. The statistical processing has been carried out to determine the distribution laws of obtained data. Changes in the number of orders by day of the week, months of the year and hours of the day and peak periods have been revealed. The order numbers per hour are approximated by the Poisson distribution. It has been found that for optimization of the taxi transportation system the mathematical apparatus of queuing system is adequate.*

**Keywords:** taxi; client; district center; order; distribution; probability; service quality.

### BIBLIOGRAPHY

1. Litvin, A.V. Ekonomicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya passazhirskogo transporta v malykh go-rodakh [Текст] / A.V. Litvin, A.I. Chirkova, L.N. Vaulina // Aprobatsiya. - 2013. - №6(9). - S. 130-133.
2. Frolova, E.V. Problemy infrastruktury malykh gorodov Rossii [Текст] / E.V. Frolova // Sotsiolo-giya vlasti. - 2011. - №3. - S. 56-61.
3. Analiticheskiy tsentr pri Pravitel'stve Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs]: Analiz seg-menta taksi na rynke gorodskogo passazhirskogo transporta. - Elektron. dan. - Rezhim dostupa: <http://ac.gov.ru/files/content/8176/issledovanie-ac-taksi-pdf.pdf>. - (Data obrashcheniya: 27.03.2016).
4. Ofitsial'nyy sayt Administratsii Zernogradskogo rayona [Elektronnyy resurs]: Zernogradskiy rayon segodnya. - Elektron. dan. - Rezhim dostupa: <http://www.zernoland.ru/texts.php?id=4>. - (Data obrashcheniya: 27.03.2016).
5. Rusaeva, P. Uber snyal s sebya otvetstvennost' za kachestvo i bezopasnost' perevozok [Elektronnyy resurs] / P. Rusaeva, A. Sukharevskaya, D. Puzryev // Internet-portal «RBK». - Elektron. dan. - Rezhim dostupa: [http://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/09/02/2016/56b9c85a9a7947751abc12a0](http://www.rbc.ru/technology_and_media/09/02/2016/56b9c85a9a7947751abc12a0). - (Data obrashcheniya: 27.03.2016).
6. Volkov, V.S. Osobennosti organizatsii i upravleniya rabotoy marshrutnykh taksi po zayavkam [Текст] / V.S. Volkov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2009. - Т.5. - №10. - S. 69-71.

7. Son`kin, D.M. Adaptivnyy algoritm raspredeleniya zakazov na obsluzhivanie avtomobilyami taksi [Tekst] / D.M. Son`kin // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. - 2009. - T.315. - №5. - S. 65-71.
8. Kosyakova, I.V. Issledovanie rynka avtotransportnykh perezozok passazhirov legkovymi taksi: so-tsial`no-ekonomicheskie aspekty [Tekst] / I.V. Kosyakova, E.N. Shuravina // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomicheskie nauki. - 2012. - №2. - S. 137-143.
9. Passazhirskie avtomobil`nye perezozki [Tekst]: uchebnik / V.A. Gudkov, L.B. Mirotin, A.V. Vel`-mozhin, S.A. Shiryaev. - Moskva: Goryachaya Liniya-Telekom, 2004. - 448 s.
10. Dashko, M.V. Metody opredeleniya trebuemogo kolichestva legkovykh avtomobiley taksi na primere gorodov respubliki Bashkortostan [Tekst] / M.V. Dashko, V.P. Slavnenko, E.YU. Kirillov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - Orenburg: OGU. - 2015. - № 1(176). - S. 218-223.
11. Lazarenko, T.V. Issledovanie nekotorykh kharakteristik sistemy obsluzhivaniya naseleniya legko-vym tak-somotornym transportom [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.22.10) / Laza-renko Tat`yana Vital`evna. - Moskva, 1999. - 20 s.
12. Nikolaev, N.N. Osnovy nauchnykh issledovaniy: uchebnoe posobie [Tekst] / N.N. Nikolaev, S.K. Fi-latov. - Zernograd: Azovo-Chernomorskiy inzhenernyy institut FGBOU VPO DGAU, 2015. - 159 s.
13. Nikolaev, N.N. Primenenie modelirovaniya pri optimizatsii transportno-tekhnologicheskikh pro-tsessov: monografiya [Tekst] / N.N. Nikolaev. - Zernograd: FGBOU VPO ACHGAA, 2013. - 176 s.
14. Salanova, J.M. A review of the modeling of taxi services [Text] / J.M. Salanova, M. Estrada, G. Aifad-poulou, E. Mitsakis // Procedia Social and Behavioral Sciences 20. - 2011. - P. 150-161.
15. Salanova, J.M.; Estrada, M. Agent based modelling for simulating taxi services [Text] / J.M. Salanova, M. Estrada // Procedia Computer Science 52. - 2015. - P. 902-907.
16. Dolya, V.K. K analizu metodov opredeleniya optimal`nogo kolichestva avtomobiley taksi [Tekst] / V.K. Dolya, I.P. Englezi, D.S. Antonenko // Vestnik Donetskoy akademii avtomobil`nogo transporta. - 2011. - №3. - S. 26-28.
17. Incorporating transportation network modeling tools within transportation economic impact studies of dis-asters / Yi Wen, Li Zhang, Zhitong Huang, Mingzhou Jin // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Volume 1, Issue 4, August 2014. - P. 247-260. - URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756415302701>
18. Modeling Transportation Network Redundancy / Xiangdong Xu, Anthony Chen, Sarawut Jansuwan, Kevin Heaslip, Chao Yang // Transportation Research Procedia, Volume 9, 2015. - P. 283-302. - URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146515001763>.
19. Aidas, V.V. Modelling of intermodal freight transportation network / V.V. Aidas // TRANSPORT - 2002, Vol XVII, No 3, - P. 117-121. - URL: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/16483840.2002.10414024>.
20. Nikolaev, N.N. Modelirovanie transportnykh protsessov [Elektronnyy resurs]: uchebnoe posobie / N.N. Nikolaev. - Elektron. dan. - Zernograd: Azovo-Chernomorskiy inzhenernyy institut - filial FGBOU VO Donskoy GAU, 2016. - 153 s. - URL: <http://elibrary.ru/download/56046121.pdf>.
21. Novikov, A.N. Analiz stepeni zagruzki marshrutnoy transportnoy seti goroda Orla [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost`yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 4 (39). - S. 69-74.
22. Novikov, A.N. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s is-pol`zovaniem sredstv transportnoy telematiki [Tekst] / A.N. Novikov, V.A. Golenkov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, A.S. Bodrov // Izvestiya Tul`skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2014. - № 6. - S. 128-139.
23. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo aku-sticheskoy sredy [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil`eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh ma-shin. - 2009. - № 1. - S.107-111.

**Nikolaev Nikolai Nikolaevich**

Azov-Black Sea Engineering Institute VPO «Don GAU»

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor of the Department «Exploitation of vehicles and technology of transport processes»

Address: 347740, Russia, Rostov region, Zernograd, ul. Lenin, 21

E-mail: nneks@mail.ru

**Filatov Sergej Konstantinovich**

Azov-Black Sea Engineering Institute FGBOU IN «Don GAU»

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor of the Department «Exploitation of vehicles and technology of transport processes»

Address: 347740, Russia, Rostov region, Zernograd, ul. Lenin, 21

E-mail: filatov-sk@yandex.ru

УДК 656.1.5

А.А. КУРАКСИН

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕЗОУРОВНЯ

*В статье представлено описание методики оценки качества транспортных динамических мультимодальных моделей мезоуровня. Разработан перечень необходимых статистических процедур, направленный на всесторонний анализ адекватности мезомоделей. Представлен необходимый набор натурных данных для оценки адекватности модели мезоуровня. Статья будет интересна специалистам в области моделирования транспортных потоков и инженерам по транспортному планированию.*

**Ключевые слова:** мезоскопическое модель, матрица корреспонденций, эксплуатация транспорта, управление транспортом, транспортный поток, интенсивность движения, время в пути, скорость, статистическая оценка.

Оценке адекватности разрабатываемым моделям транспортных систем должно уделяться много внимания со стороны исследователей и специалистов в области моделирования транспортных потоков. Это связано с тем, что любой массив данных входящих в модель имеет при сборе определенную ошибку, связанную с неточностью метода сбора или ошибкой ввода актуальных данных в модель.

Очевидно при этом, возникает научная проблема, следующего рода. Какую модель считать адекватной моделью транспортной системы?

Учитывая, что проблемам оценки адекватности моделей уделено много внимания другими авторами [1,2,3,4,5], все же в Российском научном сообществе на сколько известно авторам данной статьи нет публикаций, посвященных оценке адекватности динамических мультимодальных моделей мезоуровня.

В этой связи создание методики оценки адекватности динамических мультимодальных мезомоделей является актуальной задачей. Читатель данной статьи может ознакомиться с технологией построения мезоскопических моделей в следующей публикации [6,7,8].

В данной статье представлена авторская методика оценки адекватности мезомоделей основанная на ряде общеизвестных статистических расчетов [9], которая позволят оценить качество разработанной динамической мультимодальной мезомодели (далее ДММ).

Для начала проверки адекватности ДММ необходимо собрать три вида эмпирических данных на моделируемом участке сети:

- 1) интенсивность транспортных потоков;
- 2) скорость;
- 3) среднее время в пути на перегонах УДС.

Сбор данных об интенсивности дорожного движения можно производить с помощью автоматического, полуавтоматического и ручного способов.

Под автоматическим способом подразумевается использование дорожных детекторов (например, видео, радиолокационных, индуктивных, инфракрасных и др. [10,11,12]). Данные полученные из детекторов необходимо сопоставить с рассчитанными значениями, полученными в ДММ. Данный способ в настоящее время является наиболее перспективным, потому что позволяет собирать и обрабатывать данные об интенсивности дорожного движения в течение сколь угодно большого периода времени и обладает меньшей исходной ошибкой.

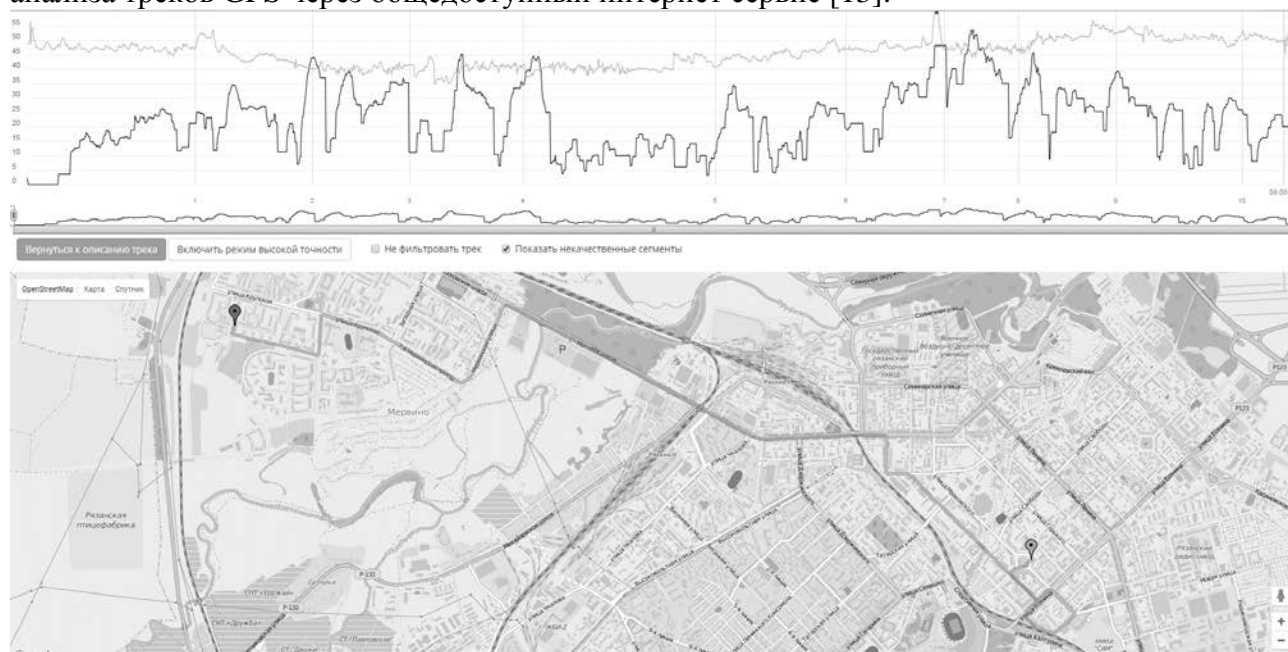
Полуавтоматический способ заключается в сборе данных об интенсивности дорожного движения обыкновенными видеокамерами или видеорегистраторами, с последующей обработкой полученных материалов в камеральных условиях и последующем

сравнении. Данный способ получил широкое распространения в практике транспортного моделирования, так как он не нуждается в высоких капитальных затратах на приобретение детекторов транспорта и привлечения большого числа исполнителей.

Ручной способ сбора данных заключается в фиксации транспортных потоков специально обученными людьми-учетчиками на моделируемой УДС. Такой способ не требует специального высокотехнологичного оборудования и высоких требований к персоналу (фактически необходима ручка и план исследуемого участка). Однако, данный способ требует большого числа сменяемых (при сплошном круглосуточном исследовании) наблюдателей и соответственно капитальных затрат на оплату труда.

Для сбора данных о скорости и времени в пути в методике подразумевается применение GPS/ГЛОНАСС технологий.

Для этого необходимо использовать устройство (смартфон, навигатор, трекер и т.п.) оснащенный встроенным GPS/ГЛОНАСС приемником. На рисунке 1 представлен процесс анализа треков GPS через общедоступный интернет сервис [13].



*Рисунок 1 – анализ скорости движения ТС на основе треков GPS в интернет сервисе*

Далее осуществляется сравнение модельных (расчетных значений) с значениями, полученными в ходе натурных исследований (скорости, интенсивности, времени в пути).

При разработке методики оценки качества мезоскопической модели был проанализирован ряд источников посвященных статистической оценке качества и адекватности математических моделей [14,15,16].

Исследования показали, что для оценки математических моделей в настоящее время следует использовать достаточно простые и эффективные выражения.

Ниже представлен выбранный для оценки качества ДММ ряд статистических процедур.

Достаточно простой мерой сравнения адекватности модели является коэффициент корреляции. Известно, что коэффициент корреляции может иметь значение от  $-1$  до  $+1$ . По величине рассчитанного коэффициента корреляции можно судить о наличии либо отсутствии стохастической зависимости модельных и реальных данных:

- от 0 до  $\pm 0,3$  – корреляция отсутствует;
- от  $\pm 0,3$  до  $\pm 0,5$  – имеется слабая корреляция;
- от  $\pm 0,5$  до  $\pm 0,7$  – наблюдается умеренная корреляция;
- от  $\pm 0,7$  до  $\pm 1$  – присутствует сильная корреляция исследуемых массивов данных.

Рассчитывается коэффициент корреляции следующим образом (1):

$$R_{xy} = \frac{\sum(y-\bar{y}) \cdot (x-\bar{x})}{\sqrt{\sum(y-\bar{y})^2 \cdot \sum(x-\bar{x})^2}} R_{xy} = \frac{\sum(y-\bar{y}) \cdot (x-\bar{x})}{\sqrt{\sum(y-\bar{y})^2 \cdot \sum(x-\bar{x})^2}}, \quad (1)$$

где  $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t$ ,  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t$  – среднее значение выборок.

В транспортных моделях следует принимать значения связей начиная от умеренной корреляции. Это подтверждается и другими исследованиями [17,18,19].

Для оценки качества линейной связи необходимо рассчитать коэффициент детерминации выборочной совокупности данных по формуле (2):

$$R^2 = \frac{Q_r}{Q}, \quad (2)$$

где  $Q_r$  - дисперсия, обусловленная моделью;

$Q$  - общая дисперсия.

Величина коэффициента детерминации измеряется от 0 до 1. Если показатель детерминации близок к единице, то разработанная математическая модель хорошо описывает зависимость исследуемой характеристики. Для применения моделей для целей транспортного планирования и оценки качества организации дорожного движения коэффициент детерминации должен быть не меньше 0,5.

Дополнительно рассчитывается среднеквадратичное отклонение по формуле (3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3)$$

где  $n$  – объем выборки;

$x_i$  -  $i$ -ый элемент выборки;

$\bar{x}_i$  - среднеарифметическое выборки.

При расчетах удовлетворительным следует считать значение  $\sigma \leq 0,1 - 0,2$ .

Важным показателем качества является средняя ошибка аппроксимации, которая показывает насколько процентов в среднем отличаются фактические значения результативного показателя фактических данных, от значений, полученных в модели.

Средняя ошибка аппроксимации определяется по формуле (4):

$$A = \frac{1}{n} \sum \frac{|y-\hat{y}|}{y} \cdot 100 = \frac{1}{n} \sum_y |e| \cdot 100, \quad (4)$$

где  $\hat{y}$  - значение результативного показателя (нормализованное), рассчитанное по уравнению парной регрессии;

$e$  - ошибка, которая присутствует в модели в связи с тем, что на результативный показатель оказывают действия и другие факторы, которые не учитываются в уравнении парной регрессии.

Для применения мезоскопической модели для целей транспортного планирования и оценки качества принятых мер в организации дорожного движения средняя ошибка аппроксимации должна быть не более 10%.

Средняя абсолютная ошибка позволяет получить показатель среднего отклонения абсолютных значений и рассчитывается по формуле (5):

$$\delta^a = \frac{1}{N} \cdot \sum abs(Z_i - U_i), \quad (5)$$

где  $Z$  – наблюдаемое значение;

$U$  – значение, полученное из модели;

$N$  – количество измерений параметра.

Средняя относительная ошибка позволяет получить показатель среднего отклонения абсолютных значений в процентах и рассчитывается как:

$$\sigma_p = \frac{\sum abs(Z_i - U_i)}{\sum Z_i} \cdot 100\% . \quad (6)$$

Чем ниже показатель абсолютной и относительной ошибки, тем более точной является разрабатываемая модель.

После расчетов указанных показателей, полученные результаты должны оформляться в специальную таблицу.

В таблице 1 представлена форма с оценкой показателей адекватности модели.

Таблица 1 – Форма таблицы оценки адекватности, разработанной мезоскопической модели

| Сравниваемый показатель | Коэффициент корреляции<br>(-1 до +1) | Коэффициент детерминации<br>(0 до 1) | Среднеквадратичное отклонение $\sigma \leq 0,1-0,2$ | Средняя ошибка аппроксимации (не более 10%) | Средняя абсолютная ошибка | Средняя относительная ошибка % |
|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|---------------------------|--------------------------------|
|                         |                                      |                                      |   |   |                           |                                |

По значениям полученным в ходе оценки адекватности по указанным параметрам делается комплексный вывод об адекватности модели.

Если показатели не удовлетворяют условиям адекватности, описанным выше, делается вывод о том, что модель следует откалибровать. Методы калибровки моделей заключается в итеративном поиске и исправлении ошибок в разных блоках ДММ [20-23]. Затем вновь делается расчет оценки адекватности ДММ по вышеприведённым статистическим расчетам.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной статье представлена методика оценки адекватности ДММ. Разработан перечень необходимых статистических процедур, направленный на всесторонний анализ адекватности мезомодели. Представлен необходимый набор натуральных данных для оценки адекватности модели мезоуровня.

В настоящее время в РФ создано недостаточное количество ДММ, поэтому дальнейшими исследованиями авторов станет создание таких моделей в различных уровнях (город, агломерация, регион) и оценка их адекватности по приведенной в статье методике.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Якимов, М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов [Текст]: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
2. Мазурин, Д.С. Структура данных для калибровки транспортной модели города [Текст] / Д.С. Мазурин, В.И. Швецов // Труды ИСА РАН. - Т. 65. - № 1. - С.16–23.
3. Ortuzar, J. D. Modeling Transport [Text] / J. D. Ortuzar, L.G. Willumsen. - 3-rd edition. - John Willey & Sons Ltd, 2008. – 499 p.
4. Швецов, В.И. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей [Текст] / В.И. Швецов, А.С. Алиев. – М.: URSS, 2003. – 64 с.
5. Lohse D. Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Aufgabe, Berlin, Verlag für Bauwesen GmbH, 1997.– 326 с.



6. Кураксин, А.А. Разработка технологии создания мезоскопической модели транспортной системы крупного города [Текст] / А.А. Кураксин, А.В. Шемякин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2015. - Т.2. - №4. - С. 781-786.
7. DTALite: A queue-based mesoscopic traffic simulator for fast model evaluation and calibration. Xuesong Zhou, Jeffrey Taylor. Cogent Engineering, Vol. 1, Iss. 1, 2014. pp 17-19.
8. Mahmassani, H.S. Dynamic Network traffic assignment and simulation methodology for advanced system management applications [Text] / H.S. Mahmassani // In networks and spatial economics. - Vol. 12,39. - 2001. - Pp. 267-292.
9. Бекел, П. Математическая статистика [Текст] / П. Бекел, К. Доксам. - Вып 1. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 278 с.
10. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст]: учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 2001. - 247 с.
11. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения [Текст]: справочник / В.У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халбертидр. - Пер. с англ. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.
12. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]: учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1990. - 254 с.
13. Режим доступа: <http://www.gpslib.ru>.
14. Бекел, П. Математическая статистика [Текст] / П. Бекел, К. Доксам. - Вып 2. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 254 с.
15. Браунли, К.А. Статистическая теория и методология в науке и технике [Текст] / К.А. Браунли. - М.: Наука, 1977. - 408 с.
16. Поллард, Дж. Справочник по вычислительным методам статистики [Текст] / Дж. Поллард. - М.: Мир, 1982. - 344 с.
17. Трофименко, Ю.В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов [Текст]: монография / Ю.В. Трофименко, М.Р. Якимов. - М.: Логос, 2013. - 464 с.
18. Якимов, М.Р. Транспортные системы крупных городов [Текст] / М.Р. Якимов. - Пермь: ПГТУ, 2008. - 184 с.
19. Петров, В.Ю. Анализ режимов работы улично-дорожной сети г. Перми [Текст] / В.Ю. Петров, М.Ю. Петухов, М.Р. Якимов. - Пермь: ПГТУ, 2004 - 150 с.
20. Якимов, М.Р. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах [Текст]: монография / М.Р. Якимов. - Пермь: ПГТУ, 2011. - 175 с.
21. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 1. - С.107-111.
22. 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.
23. Корчагин, В.А. Построение синхронизированной и эффективной логистической цепи поставок [Текст] / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 4 (47). - С. 139-142.

**Кураксин Антон Александрович**

ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

Адрес: 390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1

Аспирант кафедры «Организация автомобильных перевозок и БЖД»

E-mail: Protonpc@mail.ru

---

A.A. KURAKSIN

## METHOD OF ASSESSMENT OF THE ADEQUACY OF TRANSPORT MULTIMODAL DYNAMIC MODELS MESOLEVEL

*The article describes the methodology for assessing the quality of dynamic multimodal models mesolevel. A list of necessary statistical procedures, aiming at a comprehensive analysis of the adequacy of mesomodels. Presented by the required set of field data to assess the adequacy of the model mesolevel. The article will be of interest to specialists in the field of modeling of traffic and transport planning engineers.*

**Keywords:** mesoscopic model, the OD matrix, operation of transportation, transportation management, traffic flow, travel time, speed, statistical evaluation.

**BIBLIOGRAPHY**

1. YAKimov, M.R. Transportnoe planirovanie: sozdanie transportnykh modeley gorodov [Tekst]: monografiya / M.R. YAKimov. - M.: Logos, 2013. - 188 s.
2. Mazurin, D.S. Struktura dannykh dlya kalibrovki transportnoy modeli goroda [Tekst] / D.S. Mazurin, V.I. SHvetsov // Trudy ISA RAN. - T. 65. - № 1. - S.16 -23.
3. Ortuzar, J. D. Modeling Transport [Text] / J. D. Ortuzar, L.G. Willumsen. - 3-rd edition. - John Willey & Sons Ltd, 2008. - 499 p.
4. SHvetsov, V.I. Matematicheskoe modelirovanie zagruzki transportnykh setey [Tekst] / V.I. SHvetsov, A.S. Aliev. - M.: URSS, 2003. - 64 s.
5. Lohse D. Grundlagen der Stra?enverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Aufgabe, Berlin, Verlag f?r Bauwesen GmbH, 1997.- 326 s.
6. Kuraksin, A.A. Razrabotka tekhnologii sozdaniya mezoskopicheskoy modeli transportnoy sistemy krupnogo goroda [Tekst] / A.A. Kuraksin, A.V. Shemyakin // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - 2015. - T.2. - №4. -S. 781-786.
7. DTALite: A queue-based mesoscopic traffic simulator for fast model evaluation and calibration. Xuesong Zhou, Jeffrey Taylor. Cogent Engineering, Vol. 1, Iss. 1, 2014. pp 17-19.
8. Mahmassani, H.S. Dynamic Network traffic assignment and simulation methodology for advanced system management applications [Text] / H.S. Mahmassani // In networks and spatial economics. - Vol. 12,39. - 2001. - Pp. 267-292.
9. Bekel, P. Matematicheskaya statistika [Tekst] / P. Bekel, K. Doksam. - Vyp 1. - M.: Finansy i statistika, 1983. - 278 s.
10. Klinkovsh-teyn, G.I. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / G.I. Klinkovsh-teyn, M.B. Afanas`ev. - 5-e izd., pererab. i dop. - M.: Transport, 2001. - 247 s.
11. Avtomobil`nye perevozki i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: spravochnik / V.U. Renkin, P. Klafi, S. Halbertidr. - Per. s angl. - M.: Transport, 1981. - 592 s.
12. Kremenets, YU.A. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: uchebnik dlya vuzov. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Transport, 1990. - 254 s.
13. Rezhim dostupa: <http://www.gpslib.ru>.
14. Bekel, P. Matematicheskaya statistika [Tekst] / P. Bekel, K. Doksam. - Vyp 2. - M.: Finansy i statistika, 1983. - 254 s.
15. Braunli, K.A. Statisticheskaya teoriya i metodologiya v nauke i tekhnike [Tekst] / K.A. Braunli. - M.: Nauka, 1977. - 408 s.
16. Pollard, Dzh. Spravochnik po vychislitel`nym metodam statistiki [Tekst] / Dzh. Pollard. - M.: Mir, 1982. - 344 s.
17. Trofimenko, YU.V. Transportnoe planirovanie: formirovanie effektivnykh transportnykh sistem krupnykh gorodov [Tekst]: monografiya / YU.V. Trofimenko, M.R. YAKimov. -M.: Logos, 2013. - 464 s.
18. YAKimov, M.R. Transportnyesistemykrupnykhgorodov [Tekst] / M.R. YAKimov. - Perm`: PGTU, 2008. - 184 s.
19. Petrov, V.YU. Analiz rezhimov raboty ulichno-dorozhnoy seti g. Permi [Tekst] / V.YU. Petrov, M.YU. Petukhov, M.R. YAKimov. - Perm`: PGTU, 2004 - 150 s.
20. YAKimov, M.R. Kontseptsiya transportnogo planirovaniya i organizatsii dvizheniya v krupnykh gorodakh [Tekst]: monografiya / M.R. YAKimov. - Perm`: PGTU, 2011. - 175 s.
21. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo akusticheskoy sredy [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil`eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2009. - № 1. - S.107-111.
22. 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.
23. 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.

**Kuraksin Anton Aleksandrovich**

FGBOU VPO «Ryazan State University named after PA Agrotechnological Kostychev»

Address: 390044, Russia, g. Ryazan, ul. Kostychev, d. 1

Graduate student of the department «Organization of road transport and BC»

E-mail: Protonpc@mail.ru

УДК 656.025.2(076.5)

Д.А. ДРЮЧИН, А.Ф. ФАТТАХОВА

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ТАХОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

*В статье представлена методика расчёта параметров дорожной инфраструктуры, исходя из статистической обработки и анализа данных, полученных при тахографическом контроле работы транспортных средств. Параметры дорожной инфраструктуры, определённые при помощи разработанных методов, в полной мере обеспечивают соблюдение водителем режимов труда и отдыха, установленных нормативами.*

**Ключевые слова:** междугородние перевозки, автомобильный транспорт, тахографический контроль, дорожная инфраструктура, безопасность движения.

Общеизвестно, что автомобильный транспорт играет важнейшую роль в экономике страны. Структура грузовых и пассажирских потоков, сложившихся в Российской Федерации в настоящее время позволяет сделать вывод о том, что автомобильным транспортом перевозится более 60 % всех пассажиров и более 50 % всех грузов. Автомобильный транспорт, обладая уникальной способностью осуществлять перевозку «от двери до двери», начинает и заканчивает практически любую транспортную цепочку интермодальных или мультимодальных перевозок.

Рынок транспортно-логистических услуг России находится в стадии становления. С момента зарождения в начале 2000-х годов до 2013 года на данном рынке наблюдался стабильный рост, несмотря на нестабильные параметры отечественной экономики. Логистические компании, выстраивая транспортно-логистические схемы доставки грузов, неизбежно встраивают в них звенья перевозок, осуществляемых автомобильным транспортом. Следствием этого явился стабильный рост объемов перевозок, выполняемых автомобильным транспортом. Так, например, с 2012 года в 2013 году прирост объемов перевозок составил 12,5%.

С 2014 г. обозначилась стабилизация показателей и даже определённый спад в работе автотранспортного комплекса. Так, коммерческий грузооборот автотранспорта в России снизился на 3,4 % по сравнению с уровнем 2013 года и составил 136 млрд. тонно-километров. Данное снижение обусловлено стагнацией темпов роста промышленного и сельскохозяйственного производства, уменьшением объемов экспортных поставок. Негативную роль сыграли внешнеэкономические факторы, связанные с ослаблением валютного курса рубля, а также внешнеполитические причины, связанные с санкциями, введенными государствами Евросоюза против Российской Федерации.

Для автотранспортной отрасли характерна высокая степень децентрализации и раздробленности, не свойственная другим видам транспорта, что порождает ряд дополнительных проблем в сфере управления и регулирования производством. К концу 2015 года в России насчитывалось 49,8 тысяч предприятий, осуществляющих автомобильные грузоперевозки. При этом более 90 % автотранспортных предприятий относятся к категории предприятий малого бизнеса.

Наиболее острой и самой актуальной проблемой, стоящей перед автомобильным транспортом, является низкий уровень безопасности транспортного процесса.

Для повышения безопасности дорожного движения правительством Российской Федерации разработан комплекс мер. Одним из таких мероприятий, способствующих снижению аварийности и смертности, является введение тотального контроля за параметрами движения грузового автотранспорта и автобусов. При этом обязательному контролю подлежат такие ключевые параметры, как скоростной режим, а также режим труда и отдыха водите-

лей. Нарушение данных параметров в Российской Федерации до недавнего времени носило систематический характер, что негативно сказывается на показателях аварийности и смертности в результате ДТП.

Одной из мер, позволяющих реализовать тотальный контроль, является установка тахографов на грузовые автомобили и автобусы. Установка тахографов на грузовые автомобили и автобусы в Российской Федерации является обязательным мероприятием, установленным законодательством [1...12].

Требования к режиму труда и отдыха водителей установлены Приказом Минтранса России № 15 от 20.08.2004 (редакция от 13.10.2015) «Об утверждении Положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха водителей автомобилей» [13...18]. Положения данного нормативного документа заложены в настройки тахографического оборудования, которое не только регистрирует факт их соблюдения, но и выдаёт рекомендации водителю о необходимости перерыва в работе

В упрощённом виде алгоритм работы тахографа предусматривает оповещение водителя о необходимости перерыва продолжительностью не менее 15 минут после 4 часов непрерывной работы. В дальнейшем через каждые последующие 2 часа работы происходит оповещение водителя о необходимости повторных перерывов продолжительностью не менее 15 минут. После восьми часов работы на линии тахографическое оборудование оповещает водителя о необходимости длительного отдыха продолжительностью не менее девяти часов. Кроме того, в одну из промежуточных остановок в течение смены должен быть предусмотрен обеденный перерыв продолжительностью не менее 30 минут.

На практике, зачастую возникают ситуации, когда тахограф предупреждает водителя о необходимости краткосрочного или длительного перерыва в работе, а место, где можно съехать с дороги и отдохнуть в комфортных условиях, отсутствует. В такой ситуации водитель вынужден останавливаться на обочине дороги или продолжать движение с нарушением действующих норм.

Исходя из вышеизложенного, очевидна необходимость строительства специальных площадок для организации отдыха водителей, осуществляющих длительные междугородние рейсы. Площадки должны иметь твёрдое покрытие, располагаться в стороне от транспортной магистрали и обеспечивать возможность безопасного съезда и выезда большегрузного автотранспорта. Площадки должны быть освещены, оборудованы санузелом и средствами связи. Кроме площадок для кратковременного отдыха необходимо строительство дорожных мотелей для организации питания водителей и их длительного отдыха (ночлега) [19, 20].

Определение оптимальных мест строительства площадок для организации отдыха водителей является непростой задачей, основываемой на результатах статистических исследований. Транспортные средства поступают на тот или иной участок трассы из различных начальных пунктов, имея различную предварительную наработку и двигаясь с различными средними скоростями. Следовательно, потребность в перерыве для отдыха возникает в разное время на различных участках трассы. Строительство площадки целесообразно в том месте, где потребность в перерыве для отдыха возникает у большинства водителей.

Для проведения такого исследования, на наш взгляд, целесообразно использовать данные, получаемые с запоминающих устройств тахографов, которые, по сути, являются аккумуляторами необходимой информации о средних скоростях движения и о фактическом чередовании периодов труда и отдыха водителей.

При проведении статистических исследований с запоминающих устройств тахографов считывается информация о времени нахождения водителя в рейсе, о средней скорости движения на перегонах маршрута, о периодах нахождения в движении и о периодах стоянки. Опросом водителей устанавливаются пункты назначения выполняемого рейса, схему маршрута, места кратковременных и длительных стоянок, места ночлега и перерыва на обед. Сопоставление данных, считанных с тахографа, и данных опроса водителей позволяет определить

соответствие нормативных и фактических режимов труда и отдыха водителей, а также выявить причины, не позволяющие водителям в точности выполнять требования нормативов.

Полученные данные позволяют собрать статистическую информацию, необходимую для определения мест фактического и наиболее предпочтительного расположения стоянок для кратковременного и длительного отдыха водителей.

Среднестатистические периоды движения и стоянки транспортных средств, соответствующие требованиям положения о режимах труда и отдыха водителей можно выразить картограммой, представленной на рисунке 1.

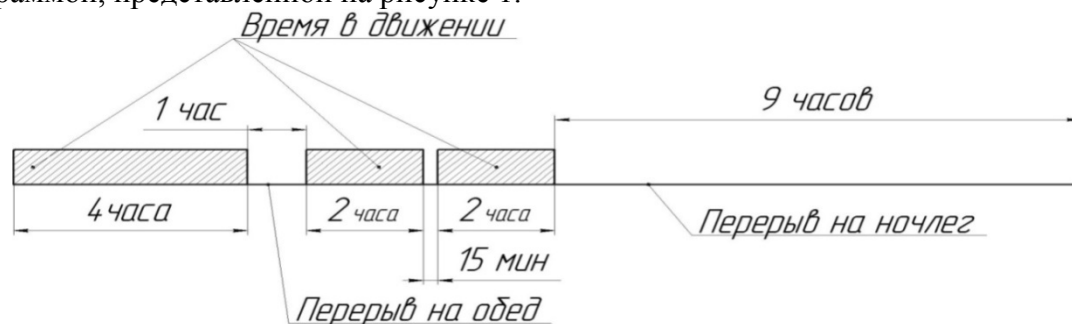


Рисунок 1 – Картограмма периодов труда и отдыха водителей

Исходя из вышеизложенного материала, для обеспечения выполнения требований действующей нормативно-технической документации необходима организация дорожных стоянок трёх типов:

первый тип – стоянка для кратковременного отдыха (продолжительность стоянки около 15 минут);

второй тип – стоянка для отдыха средней продолжительности. Как правило, предполагается обеденный перерыв (продолжительность стоянки от 30 минут до 1 часа);

третий тип – стоянка для длительного отдыха, предусмотрен ночлег водителя (продолжительность стоянки не менее 9 часов).

Наложение картограмм, построенных для транспортных средств, имеющих различные пункты отправления и назначения, но двигающихся по одному и тому же участку дороги, позволяет составить последовательность чередования стоянок различного типа. В обобщённом виде данная последовательность имеет вид, представленный на рисунке 2.

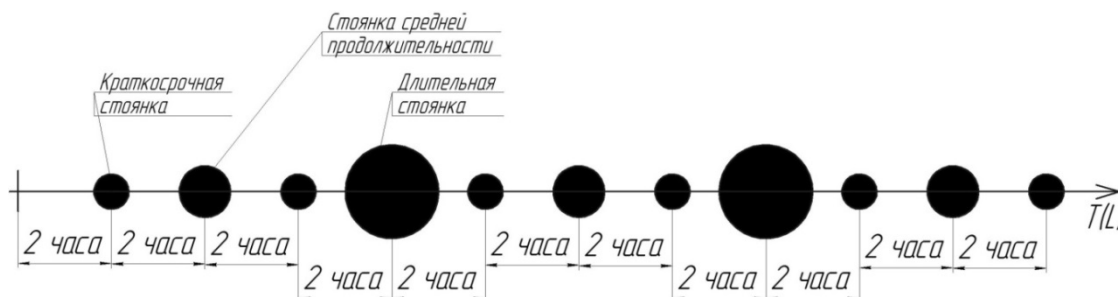


Рисунок 2 – Последовательность чередования стоянок различного типа

Из рисунка видно, что интервал расположения площадок для отдыха водителей соответствует перегонам, преодолеваемым транспортными средствами за два часа.

Для адаптации последовательности чередования стоянок, представленной на рисунке 2, применительно к конкретному участку дороги необходимо определить значения средних скоростей движения транспортных средств на перегонах между стоянками.

Средняя скорость движения транспортных средств на  $j$ -ом участке маршрута (в месте предполагаемого строительства площадки для отдыха) может быть определена по следующей формуле:

$$V_{cpj} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{L_{2i}}{2}}{n}, \quad (1)$$

где  $L_{2i}$  – пробег  $i$ -го транспортного средства за предшествующие 2 часа, км;

$n$  – объём выборки транспортных средств, ед.

Данные для определения средней скорости могут быть получены путём считывания показаний тахографов транспортных средств, проходящих через контрольную точку трассы, в месте предполагаемого строительства площадки для отдыха водителей.

Описанная выше методика позволяет определить последовательность чередования площадок для отдыха водителей и расстояния между ними, но остаётся открытым вопрос, какое место следует считать началом цепи, представленной на рисунке 2.

Очевидно, что на исследуемый участок междугородней трассы выходят транспортные средства, маршруты которых начинаются в самых разнообразных местах, удалённых от начальной точки исследуемого участка на различные (существенно отличающиеся друг от друга) расстояния. Следовательно, транспортные средства, въезжающие на исследуемый участок, имеют различную предварительную наработку. Места, где потребуются отдых для водителя, а так же продолжительность отдыха могут иметь значительную вариацию.

Для определения местоположения начальной точки цепи площадок для отдыха требуется проведение статистического исследования, в результате которого определяется средняя предварительная наработка транспортных средств, выезжающих на исследуемый участок трассы. Следует определить также статистические параметры предварительной наработки для оценки точности и адекватности получаемых результатов. Для сбора статистических данных о предварительных наработках транспортных средств как нельзя лучше подходят данные, считываемые с устройств тахографического контроля автомобилей, выезжающих на начальный участок исследуемой трассы.

Средняя предварительная наработка транспортных средств, выезжающих на исследуемый участок трассы, является случайной величиной, в отношении которой проводится типовой статистический расчёт, предназначенный для определения параметров её распределения [21-24].

Таким образом, определяется расчётное расположение стоянок для отдыха водителей. Расчётные данные корректируются, исходя из желательной привязки площадок к населённым пунктам (упрощается подвод коммуникаций, обслуживание, снабжение пунктов питания и обеспеченность персоналом). После корректировки определяются фактические места строительства стоянок.

Автомобилеёмкость площадок для отдыха водителей зависит от интенсивности движения транспорта, осуществляющего междугородние перевозки на рассматриваемом участке дороги и от средней продолжительности отдыха водителей на рассматриваемой площадке.

Интенсивность движения междугороднего транспорта на рассматриваемом участке автомобильной дороги может быть определена методом натурного обследования. Натурное обследование, состоящее в сборе статистических данных, целесообразно проводить совместно с сотрудниками ГИБДД. Во время обследования в разные периоды суток подсчитывается количество транспортных средств, осуществляющих коммерческие перевозки, проходящих за час по обследуемому участку дороги. Одновременно осуществляется выборочная остановка данных транспортных средств, считываются показания тахографов, устанавливается маршрут следования и наработка автомобиля до въезда на обследуемый участок дороги. Форма протокола натурного обследования приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Форма протокола натурного обследования участка дороги

| Место обследования:   |  |                        |                       |                          |  |  |                                      |   |   |                                      |
|-----------------------|--|------------------------|-----------------------|--------------------------|--|--|--------------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Номер автомо-<br>биля | Модель автомо-<br>биля<br>(автопоезда) | Пункт отправле-<br>ния | Пункт назначе-<br>ния | Дата и время<br>проверки | Время начала<br>движения с предыду-<br>щей стоянки | Расстояние до<br>предыдущей стоянки,<br>км | Средняя ско-<br>рость движения, км/ч | Время отстоя на<br>предыдущей стоянке,<br>ч | Общее время в<br>движении<br>за рейс, ч | Общее время<br>стоянки<br>за рейс, ч |
|                       |  |                        |                       |                          |  |  |                                      |   |   |                                      |
|                       |  |                        |                       |                          |  |  |                                      |   |   |                                      |
|                       |  |                        |                       |                          |  |  |                                      |   |   |                                      |

Исходя из интенсивности движения транспортных средств, осуществляющих между-городские коммерческие перевозки, можно определить необходимую автомобилеёмкость стоянок для отдыха водителей по формуле:

$$AM_{CT} = \sum_{i=1}^n I_{КОМ} \cdot T_{CT} \cdot d_{ti} , \quad (2)$$

где  $I_{КОМ}$  – интенсивность движения транспортных средств, совершающих коммерческие перевозки, на рассматриваемом участке дороги, авт/ч;

$T_{CT}$  – средняя продолжительность стоянки, ч;

$d_{ti}$  – доля автомобилей  $i$ -ой группы, совершающих стоянку продолжительностью  $t$  часов;

$n$  – количество групп, на которые разделены автомобили по продолжительности отстоя.

Определённые по формуле (2) значения необходимой автомобилеёмкости стоянок позволяют рассчитать площадь этих стоянок, составить план расположения сооружений и план расстановки транспортных средств.

Таким образом, исходя из результатов анализа данных тахографического контроля, совмещённых с результатами опроса водителей, могут быть определены оптимальные параметры дорожной инфраструктуры, обеспечивающие соблюдение режимов труда и отдыха водителей. Выстраивание дорожной инфраструктуры соответствующей расчётным параметрам, несомненно окажет положительное влияние на безопасность транспортного процесса, культуру производства и условия труда водителей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Порядка оснащения транспортных средств тахографами [Текст]: приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 21 августа 2013 г. № 273 г. Москва // Российская газета.– 2014. – 28 февраля. - № 48.
2. Регламент Совета Европейских сообществ от 20.12.1985 N 3821/85 «О регистрирующем оборудовании на дорожном транспорте» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 10.02.2016).
3. Об утверждении требований к тахографам, устанавливаемым на транспортные средства, категорий и видов транспортных средств, оснащаемых тахографами, правил использования, обслуживания и контроля работы тахографов, установленных на транспортные средства [Электронный ресурс]: приказ Минтранса России от 13.02.2013. - № 36 // Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 10.02.2016).
4. О внесении изменений в приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 13 февраля 2013 г. № 36: приказ Министерства транспорта Российской Федерации (Минтранс России) от 17 декабря 2013 г. № 470 г. Москва // Российская газета. – 2014. – 28 февраля. - № 48.
5. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 08.11.2007 г. № 259-ФЗ // Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 10.02.2016).

## № 2(53) 2016 (апрель-июнь) Безопасность движения и автомобильные перевозки

6. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 08.11.2007 г. № 257-ФЗ // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

7. О государственном контроле за осуществлением международных автомобильных перевозок и об ответственности за нарушение порядка их выполнения [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 24.07.1998 N 127-ФЗ // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

8. О безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.12.1995 г. № 196-ФЗ // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

9. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 03.10.2013 N 864 // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

10. Правила перевозок грузов автомобильным транспортом [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 № 272 // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

11. О безопасности колесных транспортных средств [Электронный ресурс]: решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 «О принятии технического регламента Таможенного союза» // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

12. О контрмерах по предотвращению и выявлению манипуляций, осуществляемых с данными тахографов, вносящая изменения в Директиву 2006/22/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС о минимальных условиях имплементации Регламентов (ЕЭС) 3820/85 и (ЕЭС) 3821/85 Совета ЕС о социальном законодательстве в сфере деятельности дорожного транспорта и об отмене Директивы 88/599/ЕЭС Совета ЕС [Электронный ресурс]: директива Комиссии Европейских сообществ от 23.01.2009 N 2009/4/ЕС // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

13. Об утверждении Положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха водителей автомобилей [Текст]: приказ Минтранса России от 20.08.2004 № 15 // Российская газета. – 2004. – 10 ноября - №248.

14. Об утверждении Положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха водителей автомобилей [Электронный ресурс]: приказ Минтранса от 20.08.2004 г. № 15 Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

15. О продолжительности рабочего времени и периодах отдыха на дорожном транспорте [Электронный ресурс]: конвенция Международной организации труда от 27.06.1979 N 153 // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

16. О некоторых аспектах организации рабочего времени [Электронный ресурс]: директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза от 4 ноября 2003 г. № 2003/88/ЕС // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

17. Об организации рабочего времени лиц, осуществляющих автомобильные перевозки [Электронный ресурс]: директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 11.03.2002 № 2002/15/ЕС // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

18. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон от 30.12.2001 N 197-ФЗ // Режим доступа: <http://www.consultant.ru> / (дата обращения 10.02.2016).

19. Якунина, Н.В. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог [Электронный ресурс] / Н.В. Якунина, Н.Н. Якунин. - ГОУ ОГУ, 2010. - Режим доступа: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/2215\\_20110906.pdf](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/2215_20110906.pdf) / (дата обращения: 08.02.2016).

20. Нормативно-правовое обеспечение деятельности транспорта [Текст]: учебник для высших учебных заведений / Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина, М.Р. Янучков и др. – Оренбург: ОГУ, 2013. - 392 с.

21. Завадский, Ю.В. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для специалистов в обл. автомоб. трансп. / Ю.В. Завадский. – М.: Транспорт, 1982. - 136 с.

22. Новиков, А.Н. Комплексное обследование улично-дорожной сети города Орла (на примере Наугорского шоссе) [Текст] / А.Н. Новиков, В.А. Голенков, А.А. Катунин, Ю.Н. Баранов, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 1(44). - С. 90-98.

23. 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.

24. Новиков, А.Н. Модернизация улично-дорожной сети города орла (на примере Наугорского шоссе) [Текст] / А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 2 (45). - С. 86-96.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания на



проведение научно-исследовательской работы «Методология обеспечения качества эксплуатации автомобильного транспорта» (№ 1829 от 01.02.2014 г.).

**Дрючин Дмитрий Алексеевич**

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Адрес: Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13

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

E-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

**Фатгахова Альмира Файзулловна**

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

Адрес: Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13

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

E-mail: alm-fed@mail.ru

D.A. DRYUCHIN, A.F. FATTAKHOVA

## DETERMINATION OF PARAMETERS ROAD INFRASTRUCTURE BASED ON DATA ANALYSIS OF CONTROL TACHOGRAPH

*The article presents a methodology for calculating the parameters of road infrastructure, based on the statistical processing and analysis of data obtained by monitoring the tachograph works vehicles. Road infrastructure parameters defined using the methods developed in full compliance with driver work and rest, established regulations.*

**Keywords:** long-distance transport, road transport, tachograph control, road infrastructure, traffic safety.

### BIBLIOGRAPHY

1. Ob utverzhdenii Poryadka osnashcheniya transportnykh sredstv takhografami [Tekst]: prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 21 avgusta 2013 g. № 273 g. Moskva // Rossiyskaya gazeta. - 2014. - 28 fevralya. - № 48.
2. Reglament Soveta Evropeyskikh soobshchestv ot 20.12.1985 N 3821/85 «O registriruyushchem oborudovanii na dorozhnom transporte» [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
3. Ob utverzhdenii trebovaniy k takhografam, ustanavlivaemym na transportnye sredstva, kategoriy i vidov transportnykh sredstv, osnashchaemykh takhografami, pravil ispol'zovaniya, obsluzhivaniya i kontrolya raboty takhografov, ustanovlennykh na transportnye sredstva [Elektronnyy resurs]: prikaz Mintransa Rossii ot 13.02.2013. - № 36 // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
4. O vnesenii izmeneniy v prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 13 fevralya 2013 g. № 36: prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii (Mintrans Rossii) ot 17 dekabrya 2013 g. № 470 g. Moskva // Rossiyskaya gazeta. - 2014. - 28 fevralya. - № 48.
5. Ustav avtomobil'nogo transporta i gorodskogo nazemnogo elektricheskogo transporta [Elektronnyy resurs]: Federal'nyy zakon ot 08.11.2007 g. № 259-FZ // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
6. Ob avtomobil'nykh dorogakh i o dorozhnoy deyatelnosti v Rossiyskoy Federatsii i o vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs]: Federal'nyy zakon ot 08.11.2007 g. № 257-FZ // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
7. O gosudarstvennom kontrole za osushchestvleniem mezhdunarodnykh avtomobil'nykh perevozok i ob otvetstvennosti za narushenie poryadka ikh vypolneniya [Elektronnyy resurs]: Federal'nyy zakon ot 24.07.1998 N 127-FZ // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
8. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs]: Federal'nyy zakon ot 10.12.1995 g. № 196-FZ // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
9. O federal'noy tselevooy programme «Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013 - 2020 godakh [Elektronnyy resurs]: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 03.10.2013 N 864 // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
10. Pravila perevozok грузов avtomobil'nym transportom [Elektronnyy resurs]: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15.04.2011 № 272 // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).
11. O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv [Elektronnyy resurs]: reshenie Komissii Tamozhennogo soyuza ot 09.12.2011 № 877 «O prinyatii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza» // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).

12. O kontrmerakh po predotvrashcheniyu i vyyavleniyu manipulyatsiy, osushchestvlyаемых s dannymi takhografov, vnosyashchaya izmeneniya v Direktivu 2006/22/ES Evropeyskogo parlamenta i Soveta ES o minimal'nykh usloviyakh implementatsii Reglamentov (EES) 3820/85 i (EES) 3821/85 Soveta ES o sotsial'nom zakonodatel'stve v sfere deyatel'nosti dorozhnogo transporta i ob otmene Direktivy 88/599/EES Soveta ES [Elektronnyy resurs]: direktiva Komissii Evropeyskikh soobshchestv ot 23.01.2009 N 2009/4/ES // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).

13. Ob utverzhdenii Polozheniya ob osobennostyakh rezhima rabochego vremeni i vremeni otdykha voditeley avtomobiley [Tekst]: prikaz Mintransa Rossii ot 20.08.2004 № 15 // Rossiyskaya gazeta. - 2004. - 10 noyabrya - №248.

14. Ob utverzhdenii Polozheniya ob osobennostyakh rezhima rabochego vremeni i vremeni otdykha voditeley avtomobiley [Elektronnyy resurs]: prikaz Mintransa ot 20.08.2004 g. № 15 Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).

15. O prodolzhitel'nosti rabochego vremeni i periodakh otdykha na dorozhnom transporte [Elektronnyy resurs]: konventsia Mezhdunarodnoy organizatsii truda ot 27.06.1979 N 153 // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).

16. O nekotorykh aspektakh organizatsii rabochego vremeni [Elektronnyy resurs]: direktiva Evropeyskogo Parlamenta i Soveta Evropeyskogo Soyuza ot 4 noyabrya 2003 g. № 2003/88/ES // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).

17. Ob organizatsii rabochego vremeni lits, osushchestvlyayushchikh avtomobil'nye perevozki [Elektronnyy resurs]: direktiva Evropeyskogo parlamenta i Soveta Evropeyskogo Soyuza ot 11.03.2002 № 2002/15/ES // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).

18. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs]: federal'nyy zakon ot 30.12.2001 N 197-FZ // Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru/> (data obrashcheniya 10.02.2016).

19. YAkunina, N.V. Otsenka transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya avtomobil'nykh dorog [Elektronnyy resurs] / N.V. YAkunina, N.N. YAkunin. - GOU OGU, 2010. - Rezhim dostupa: [http://artlib.osu.ru/web/books/metod\\_all/2215\\_20110906.pdf/](http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/2215_20110906.pdf/) (data obrashcheniya: 08.02.2016).

20. Normativno-pravovoe obespechenie deyatel'nosti transporta [Tekst]: uchebnyk dlya vysshikh uchebnykh zavedeniy / N.N. YAkunin, N.V. YAkunina, M.R. YAnuchkov i dr. - Orenburg: OGU, 2013. - 392 s.

21. Zavadskiy, YU.V. Statisticheskaya obrabotka eksperimenta v zadachakh avtomobil'nogo transporta [Tekst]: uchebnoe posobie dlya spetsialistov v obl. avtomob. transp. / YU.V. Zavadskiy. - M.: Transport, 1982. - 136 s.

22. Novikov, A.N. Kompleksnoe obsledovanie ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere Naugorskogo shosse) [Tekst] / A.N. Novikov, V.A. Golenkov, A.A. Katunin, YU.N. Baranov, D.D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 1(44). - S. 90-98.

23. 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.

24. Novikov, A.N. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoy seti goroda orla (na primere Naugorskogo shosse) [Tekst] / A.N. Novikov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 2 (45). - S. 86-96.

**DryuchinDmitri Alekseevich**

FGBOU VO «Orenburg state university»

Address: Russia, 460018, Orenburg, avenue Victory, 13

Candidate of technical science, associate professor, associate professor of the automobile transport department

E-mail: dmi-dryuchin@yandex.ru

**Fattakhova Almira Fajzullova**

FGBOU VO «Orenburg state university»

Address: Russia, 460018, Orenburg, avenue Victory, 13

Candidate of technical science, associate professor of the automobile transport department

E-mail: alm-fed@mail.ru

УДК 656.13

В.Н. БАСКОВ, А.Р. РЕЙН

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ВОДИТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

*Рассматривается влияние транспортных факторов на водителя при выполнении перевозочного процесса. Приведены графики влияния скорости и интенсивности движения на частоту пульса. Рекомендовано в качестве показателя, характеризующего напряженность труда водителя и его утомляемости использовать энергозатраты водителя.*

**Ключевые слова:** скорость движения, интенсивность движения, напряженность работы, энергозатраты, частота пульса.

На надежность работы водителя оказывают влияния внешние факторы и психофизиологические качества водителя. К внешним факторам можно отнести дорожные, транспортные, атмосферно-климатические и эргономические. Дорожные условия характеризуются продольным и поперечным профилем, типом и состоянием покрытия, шириной проезжей части, радиусом угла поворота и др. К транспортным условиям можно отнести скорость движения, интенсивность, плотность и режим движения. Под атмосферно-климатическими условиями понимается микроклимат в кабине, вибрация, шум, видимость на трассе (рис.1) [1].

На работоспособность водителя и ее динамику изменения большое влияние оказывают транспортные факторы. При этом выработка водителем управляющих действий и их осуществление в процессе маневра сопровождаются определенной реакцией нервной системы и находят отражение в изменениях кожно-гальванической реакции (КГР), а также расходом определенного количества энергии. Энергетический показатель может быть использован в качестве характеристики, обобщающей все стороны процесса, протекающего в системе «водитель — транспортное средство» [2].



Рисунок 1 - Классификация факторов, характеризующих условия работы и влияние на показатели состояния водителя

Деятельность водителя относится к одной из наиболее напряженных и ответственных форм труда. Она связана с большим нервно-эмоциональным напряжением, требует постоянной уситчивости и концентрации внимания, а также довольно больших энергозатрат. Энергетические затраты водителя ( $\mathcal{E}_3$ ) складываются из физиологической ( $\mathcal{E}_{\text{фл}}$ ), физической ( $\mathcal{E}_{\text{ф}}$ ) и эмоциональной составляющих ( $\mathcal{E}_3$ ).

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_{\text{фл}} + \mathcal{E}_{\text{ф}} + \mathcal{E}_3. \quad (1)$$

Изменение эмоционального напряжения при выполнении перевозочного процесса отражается на таких показателях как кожно-гальваническая реакция, частота сердечного пульса и т.д. Так например, исследования Чванова В.В. [3] показывают, что на горных дорогах значения психофизиологических показателей водителей в состоянии оперативного покоя превышают соответствующий уровень перед началом работы на дорогах с менее сложными параметрами трассы в равнинной местности. Так, частота пульса перед началом работы на горных дорогах в среднем на 4-6% выше, чем на равнинных (рис. 2).

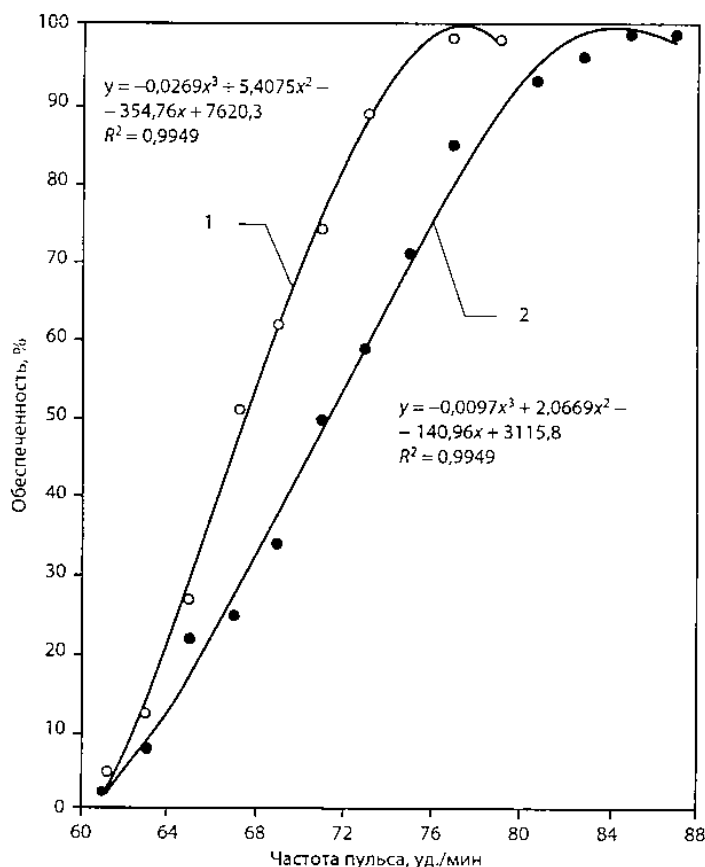


Рисунок 2 - Обобщенные данные измерений частоты пульса водителей перед началом работы на равнинных (1) и горных дорогах (2)

Выбираемая водителями скорость движения автомобилей в транспортном потоке по своей величине и по частоте изменений является одной из важнейших характеристик уровня безопасности дорожного движения. Стандартное отклонение скорости движения и коэффициент ее вариации имеют высокую чувствительность к амплитудным изменениям скорости движения, а также к ее возрастанию или убыванию. С этой точки зрения указанные показатели имеют внутреннее сходство с коэффициентом безопасности движения. Коэффициент вариации скорости ( $C_v$ ) при описании режима движения автомобилей учитывает не только

абсолютную величину разброса скоростей автомобилей на рассматриваемом участке, но и среднюю скорость, на фоне которой наблюдается изменение режима движения:

$$C_v = 100 * S / V, \quad (2)$$

где  $S$  – среднеквадратичное отклонение скорости движения, км/ч;

$V$  – средняя скорость движения на рассматриваемом участке трассы, км/ч.

Исследования с использованием дорожных психофизиологических лабораторий показывают, что коэффициент вариации скорости движения, как и коэффициент безопасности, имеет устойчивую связь с характеристиками функционального состояния водителя. Так, оптимальная напряженность работы водителя наблюдается на участках трассы, где величина коэффициента вариации скорости автомобиля в свободных условиях движения не превышает 7-10 в зависимости от типа дорог, проложенных в различном рельефе местности (рис.3) [4].



Рисунок 3 - Взаимосвязь коэффициента вариации скорости движения автомобиля и частоты пульса водителей на дорогах в пересеченной (1) и горной местности (2)

На рисунке 4 приведены зависимости изменения напряженности работы водителей (по количеству энергозатрат) при движении на дорогах в горной и слабохолмистой местностях от интенсивности движения. Как следует из графика, энергозатраты при движении на дорогах в горной местности примерно в 2 раза выше по сравнению с энергозатратами водителей в слабохолмистой местности, что хорошо согласовывается с данными натурных наблюдений [5].

Необходимо отметить, что работа водителя на дорогах с различной плотностью движения характеризуется определенными уровнями напряженности, а различная напряженность работы приводит к разным темпам расхода энергии водителями и, следовательно, к разной частоте пауз в работе. Определение энергозатрат водителя в этих условиях позволяет установить оптимальный в данной обстановке ритм и напряженность работы. Следовательно, плотность движения автомобилей оказывает большое влияние на показатели безопасности движения.

В исследованиях [6] в качестве исходных данных для оценки влияния интенсивности движения современных транспортных потоков на безопасность движения была использована обширная информация об интенсивности движения автомобилей (в том числе по результа-

там автоматизированного учета) и аварийности, имеющаяся в отраслевом автоматизированном банке дорожных данных (рис. 5)

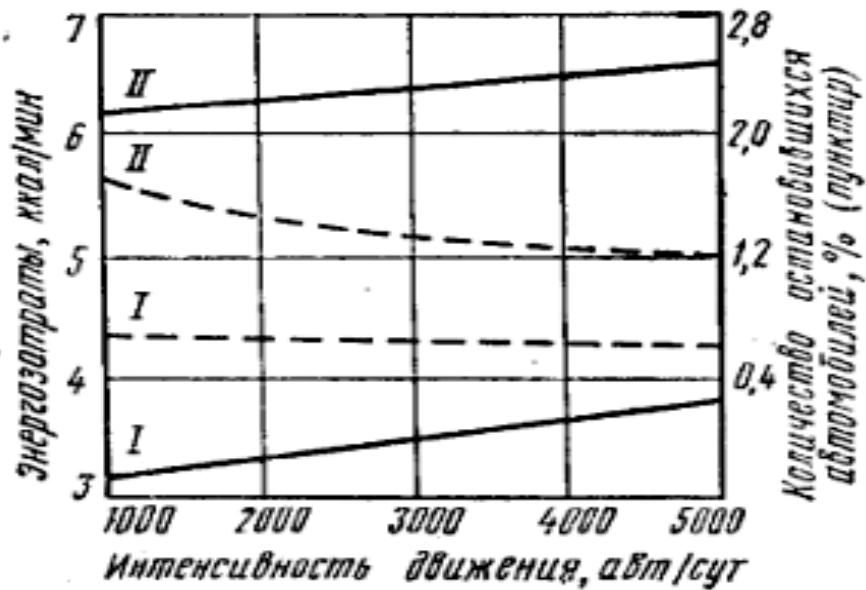


Рисунок 4 - Зависимость величины энергозатрат водителя и числа остановившихся на отдых автомобилей от интенсивности движения (пунктиром показано количество остановившихся автомобилей): I — равнинная местность; II — горная местность

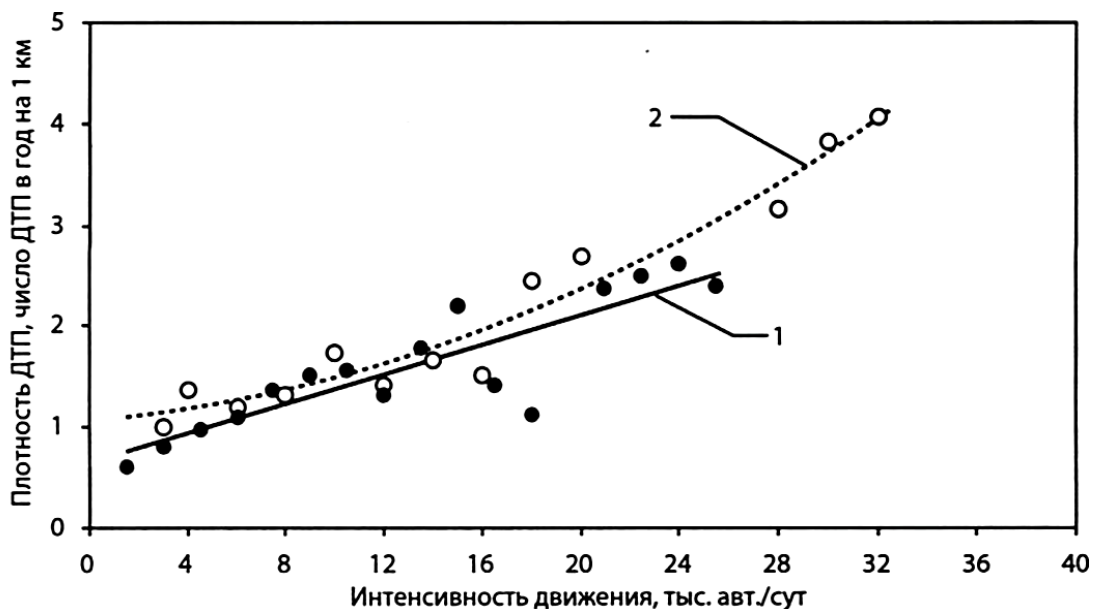


Рисунок 5 - Зависимость плотности ДТП от интенсивности движения автомобилей на двухполосных (1) и трехполосных (2) дорогах

Вместе с тем, темпы роста плотности ДТП в зависимости от увеличения интенсивности движения транспортных потоков различаются применительно к дорогам отдельных типов. Так, если для двухполосных дорог в расчете на 1 тыс. автомобилей прироста интенсивности движения в исследуемом диапазоне ее изменения плотность ДТП увеличивается в среднем на 7%, то на трехполосных и многополосных дорогах без разделительной полосы такая же величина прироста интенсивности движения приводит к увеличению плотности

ДТП в среднем, соответственно, на 10 и 11%. Менее чувствительным в отношении роста интенсивности движения показатель плотности ДТП оказался на многополосных дорогах с разделительной полосой — 5% на каждую тысячу автомобилей увеличения интенсивности движения [7-21].

Проведенный анализ показывает, что все это необходимо использовать в качестве критерия оценки работы водителя и его энергозатрат на выполнение транспортной работы. Поэтому возникает необходимость создания аппаратуры, позволяющей регистрировать фактически затраченную энергию водителя на выполнение перевозочного процесса. Учет фактически затраченной энергии водителя позволит устанавливать режим его труда и отдыха, а также корректировать заработную плату в соответствии с выполненной работой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басков, В.Н. Эксплуатационные факторы и надежность автомобиля [Текст] / В.Н. Басков, А.С. Денисов. - Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2003. - 270 с.
2. Чванов, В.В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя [Текст] / В.В. Чванов. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 415 с.
3. Чванов, В.В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя [Текст] / В.В. Чванов. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 415 с.
4. Чванов, В.В. Методика оценки условий движения с использованием показателей неравномерности режима транспортного потока [Текст]: тезисы конференции / В.В. Чванов. - Владимир, 1987.
5. Огороков, Е.М. Принципы проектирования мест кратковременного отдыха [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Е.М. Огороков. - М.: МАДИ, 1972.
6. Чванов, В.В. Исследование влияния интенсивности движения транспортных потоков на аварийность на сети дорог федерального значения [Текст]: научный информационный сборник / В.В. Чванов // Транспорт. Наука, техника, управление. - М.: ВИНТИ. - 2007. - Вып. 5.
7. Новиков, А.Н. Оценка акустической эффективности шумозащитных сооружений на автомобильных дорогах города [Текст] / А.Н. Новиков, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - № 1(52). - С. 124-131.
8. 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.
9. Новиков, А.Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А.Н. Новиков, С.Ю. Радченко, А.Л. Севостьянов, А.С. Бодров, А.А. Катунин, В.В. Жуков, А.П. Трясцин, Д.О. Ломакин, М.В. Кулев, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 4. - С. 69-77.
10. Новиков, А.Н. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - №1(40). - С. 85-90.
11. Новиков, А.Н. 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.
12. 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.
13. Васильева, В.В. Управление качеством акустической среды города на основе нейросетевого моделирования [Текст] / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - №1. - С. 80-83.
14. Васильева, В.В. Практические рекомендации по внедрению математического моделирования в мониторинговый анализ состояния акустической среды города [Текст] / В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - №1(28). - С. 89-91.
15. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - №1. - С. 107-111.
16. 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.
17. Новиков, А.Н. Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 4(39). - С. 69-74.

18. Новиков, А.Н. Анализ факторов, оказывающих влияние на численность пунктов технического осмотра транспортных средств в регионе [Текст] / А.Н. Новиков, М.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: ОрёлГТУ. - №4(27). – 2009. – С. 3-6.

19. 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.

20. 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.

21. Новиков, А.Н. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А.Н. Новиков, В.А. Голенков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, А.С. Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - № 6. - С. 128-139.

**Басков Владимир Николаевич**

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

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

Д-р техн. наук, профессор, зав.кафедрой «Организация перевозок и управление на автотранспорте»

E-mail: sstu\_office@sstu.ru, rectorat@sstu.ru

**Рейн Анастасия Романовна**

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

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

Аспирантка кафедры «Организация перевозок и управление на автотранспорте»

E-mail: sstu\_office@sstu.ru, rectorat@sstu.ru

---

V.N. BASKOV, A.R. REIN

**ASSESSMENT OF TRANSPORT DRIVER FACTORS  
ON STATUS DURING WORK**

*The influence factors on the transport driver in the performance of the transportation process. The graphs of the effect of speed and intensity of movement on the heart rate. Recommended vkachestve index characterizing the intensity of labor and its driver fatigue ispolzovatenergozatraty driver.*

**Keywords:** speed, traffic, tension ra-boats, power, heart rate.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Baskov, V.N. Ekspluatatsionnye faktory i nadezhnost` avtomobilya [Tekst] / V.N. Baskov, A.S Denisov. - Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskuy universitet, 2003. - 270 s.
2. CHvanov, V.V. Metody otsenki i povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya s uchetom usloviy raboty voditelya [Tekst] / V.V. CHvanov. - M.: INFRA-M, 2010. - 415 s.
3. CHvanov, V.V. Metody otsenki i povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya s uchetom usloviy raboty voditelya [Tekst] / V.V. CHvanov. - M.: INFRA-M, 2010. - 415 s.
4. CHvanov, V.V. Metodika otsenki usloviy dvizheniya s ispol'zovaniem pokazateley neravnomernosti rezhima transportnogo potoka [Tekst]: tezisy konferentsii / V.V. CHvanov. - Vladimir, 1987.
5. Okorokov, E.M. Printsipy proektirovaniya mest kratkovremennogo otdykha [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk / E.M. Okorokov. - M.: MADI, 1972.
6. CHvanov, V.V. Issledovanie vliyaniya intensivnosti dvizheniya transportnykh potokov na avariynost` na seti dorog federal'nogo znacheniya [Tekst]: nauchnyy informatsionnyy sbornik / V.V. CHvanov // Transport. Nauka, tekhnika, upravlenie. - M.: VINITI. - 2007. - Vyp. 5.
7. Novikov, A.N. Otsenka akusticheskoy effektivnosti shumozashchitnykh sooruzheniy na avtomobil'nykh dorogakh goroda [Tekst] / A.N. Novikov, V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - № 1(52). - S. 124-131.



8. 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.
9. Novikov, A.N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A.N. Novikov, S.YU. Radchenko, A.L. Sevost`yanov, A.S. Bodrov, A.A. Katunin, V.V. ZHukov, A.P. Tryastin, D.O. Lomakin, M.V. Kulev, A.V. Kulev // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2011. - № 4. - S. 69-77.
10. Novikov, A.N. Primeneniye 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.
11. Novikov, A.N. Upravleniye 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.
12. Vasil`eva, V.V. Otsenka tekhnogennoy vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu goroda [Tekst] / V.V. Vasil`eva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2011. - №3. - S. 72-79.
13. Vasil`eva, V.V. Upravleniye kachestvom akusticheskoy sredy goroda na osnove neyrosetevogo modelirovaniya [Tekst] / V.V. Vasil`eva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2011. - №1. - S. 80-83.
14. Vasil`eva, V.V. Prakticheskie rekomendatsii po vnedreniyu matematicheskogo modelirovaniya v monitoringovyy analiz sostoyaniya akusticheskoy sredy goroda [Tekst] / V.V. Vasil`eva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2010. - №1(28). - S. 89-91.
15. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo akusticheskoy sredy [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil`eva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2009. - №1. - S. 107-111.
16. 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.
17. Novikov, A.N. Analiz stepeni zagruzki marshrutnoy transportnoy seti goroda Orla [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost`yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2012. - № 4(39). - S. 69-74.
18. Novikov, A.N. Analiz faktorov, okazyvayushchikh vliyaniye na chislennost` punktov tekhnicheskogo osmotra transportnykh sredstv v regione [Tekst] / A.N. Novikov, M.V. Kulev // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - Orel: OriolGTU. - №4(27). - 2009. - S. 3-6.
19. Baranov, YU.N. Osnovy obespecheniya bezopasnosti v sisteme "CHELOVEK-MASHINA-SREDA" [Tekst] / YU.N. Baranov, A.A. Katunin, R.V. SHkrabak, YU.N. Braginets // *Vestnik NTSBZHD.* - 2014. - № 1(19). - S. 73-76.
20. 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.
21. Novikov, A.N. Sovershenstvovaniye 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.

**Baskov Vladimir Nikolaevich**

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

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

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head of Department «Organization of transportation and management on motor transport»

E-mail: sstu\_office@sstu.ru, rectorat@sstu.ru

**Rain Anastasia Romanova**

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

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

Aspirantka Department of «Organization of transportation and management on motor transport»

E-mail: sstu\_office@sstu.ru, rectorat@sstu.ru

Л.П. КУЗНЕЦОВА, Б.А. СЕМЕНИХИН, А.Ю. АЛТУХОВ

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА МАРШРУТАХ Г. КУРСКА

*В статье показана возможность совершенствования организации пассажирских перевозок с использованием графоаналитического метода на маршрутах г. Курска. Обоснован выбор современных городских автобусов необходимой вместимости, определено фактическое число автобусов для конкретных маршрутов, организовано распределение их по сменности.*

**Ключевые слова:** анализ, организация, пассажиропотоки, пассажирские перевозки, маршрут, автобус.

Автомобильный транспорт получил широкое применение и продолжает развиваться. Главная задача автотранспортных организаций в настоящее время состоит не только в увеличении объема перевозок, рентабельности и прибыли, но и в удовлетворении потребностей населения и отраслей экономики в своевременном, качественном транспортном обслуживании.

При осуществлении процесса перевозок без должного планирования, транспортное обеспечение населения осуществляется неслаженно, от чего трудовой ритм предприятий промышленности, строительства и сельского хозяйства, настроение людей, их работоспособность ухудшаются. Поэтому возникает необходимость в планировании, организации и управлении пассажирскими перевозками.

Повышение эффективности и качества перевозок пассажиров является одной из важнейших комплексных проблем на пассажирском автомобильном транспорте г. Курска. Качество перевозок пассажиров автомобильным пассажирским транспортом зависит от совокупности свойств автотранспортной системы города (экономических, технических, организационных, социальных и экологических параметров и показателей) [1-7].

Целью работы являлось совершенствование организации пассажирских перевозок на городских маршрутах на примере г. Курска с использованием графоаналитического метода.

Научная новизна выполненной работы заключается в выявлении и обосновании маршрутизации и выбора подвижного состава на исследуемых маршрутах г. Курска: № 6 «Центральный рынок – ж/д Вокзал», № 7 «Силикатный завод – КПК», № 18 «ул. Перекальского – п. Косиново», № 26 «Красная площадь – СЧПУ», № 27а «ул. Косухина – ул. 2-я Агрегатная», № 41 «ул. Косухина – Аэропорт»; в количественной характеристике автобусов по часам суток, в организации и распределении их по сменности графоаналитическим методом.

Перевозка пассажиров на исследуемых маршрутах осуществляется автобусами Неман-5201, Икарус-260, Икарус-280, Мерседес (О345, О305G, О307) и ЛиАЗ-5292 предприятия ОАО «ПАТП города Курска». Эти автобусы имеют довольно длительный срок службы, который уже превысил двадцатилетний (например, «Икарус-260» 1972–1998 годы выпуска). Они технически устарели и не соответствуют нормам безопасности пассажирских перевозок. Автобусы с таким сроком эксплуатации не соответствуют экологическим стандартам, а также обладают низким уровнем комфортности (особенно в холодное время года). Рациональное использование автобусов, обеспечивающее обслуживание населения с наименьшими транспортными издержками, может быть обеспечено только в том случае, если подвижной состав по типу и вместимости максимально соответствует мощности и характеру пассажиропотока, а также условиям перевозки пассажиров [8-11].

В настоящий момент для всех систем городского пассажирского транспорта применяются опережающее дискретное планирование по результатам выявления спроса на перевозки и обследования маршрутов движения.

В таблице 1 представлены основные показатели исследуемых маршрутов г. Курска.

Необходимо отметить, что на всех исследуемых маршрутах наблюдается тенденция использования автобусов большого класса, вместимость которых составляет 105–

170 пассажиров, что не соответствует мощности пассажиропотока даже в «час пик». Следовательно применение автобусов большой вместимости приводит к значительным интервалам движения автобусов и к излишним затратам времени пассажиров на ожидание.

Таблица 1 – Исследуемые маршруты г. Курска

| № | Наименование маршрута                     | Длина маршрута, км | Время оборота, мин | Пассажиропоток в «час пик», пасс./ч |
|---|---|--------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 1 | № 6 «Центральный рынок – ж/д Вокзал»      | 6,6                | 50                 | 250                                 |
| 2 | № 7 «Силикатный завод – КПК»              | 24,3               | 120                | 544                                 |
| 3 | № 18 «ул. Перекальского – п. Косиново»    | 8,9                | 56                 | 252                                 |
| 4 | № 26 «Красная площадь – СЧПУ»             | 5,9                | 100                | 420                                 |
| 5 | № 27а «ул. Косухина – ул. 2-я Агрегатная» | 18,1               | 100                | 260                                 |
| 6 | № 41 «ул. Косухина – Аэропорт»            | 18,5               | 104                | 450                                 |

Согласно таблице 1 величины пассажиропотоков в «час пик» на маршрутах № 7, № 26, № 41 находятся в интервале 351–700 пасс/ч. В соответствии с правилами по организации пассажирских перевозок на автомобильном транспорте, искомая вместимость выбираемого автобуса находится в интервале 50–60 пассажиров. В результате необходимо выбрать автобус среднего класса, главным достоинством которого, является высокая маневренность, низкий расход топлива, высокая ремонтпригодность. Сравнительный анализ технико-экономических характеристик и количественных показателей вместимости современных городских автобусов среднего класса, позволил осуществить выбор автобуса для перечисленных трех маршрутов. С точки зрения экономической целесообразности таким автобусом является ПАЗ-320412 (вместимость 60 пассажиров).

Для маршрутов № 6, № 18, № 27а с пассажиропотоком до 350 пасс./ч необходимо использование автобусов вместимостью 30–40 пассажиров, а это автобусы малого класса. Анализируя этот класс автобусов выбираем ПАЗ-320302-11 (вместимость 39 пассажиров).

В течение суток на городских автобусных маршрутах наблюдается резкая неравномерность перевозок по часам суток, позволяющая выделить «часы-пик» и часы спада пассажиропотоков. Определение фактического числа автобусов и распределение их по сменности производим графоаналитическим методом. В зависимости от продолжительности работы на линии и времени выхода автобусы подразделяются по сменности на четыре группы:

- I – трехсменные, работающие от начала до конца движения без заходов в ПАТП. Водители второй и третьей смен принимают автобус на линии;
- II – двухсменные утреннего выхода и двухсменные вечернего выхода, работающие на линии в две смены без захода в ПАТП;
- III – двухсменные с выемкой, работающие на линии в утренние и вечерние часы, включая в обоих случаях «часы пик». В часы дневного спада они снимаются с линии и находятся в ПАТП в отстое;
- IV – односменные утреннего и односменные вечернего выпуска, работающие на линии только одну смену в утренние или вечерние часы движения [12-16].

Целью графоаналитического метода является определение минимально необходимого набора режимов работы автобусов и водителей на маршруте при достижении наименьших общих затрат с учетом ограничений, определяемых теми или иными нормативами (продолжительность смен водителей, предоставление обеденных перерывов, сменность и т. д.).

На рисунке 1 представлена эпюра распределения пассажиропотока по часам суток на маршруте № 26 «Красная площадь – СЧПУ». Хорошо видны максимумы значений пассажиропотока, «часы пик» в 9, 13 и 17 часов, при этом в 13 часов характерно только для этого маршрута.

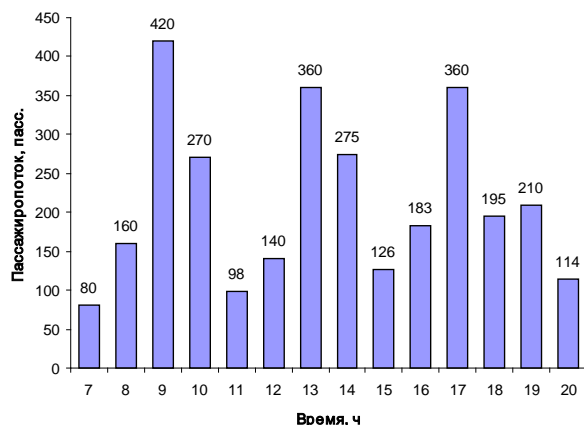


Рисунок 1 - Эюра распределения пассажиропотока по часам суток на маршруте № 26

Для каждого часа периода движения рассчитываем количество автобусов ПАЗ-320412 и строим диаграммы потребностей в автобусах:

- диаграмма промежуточного распределения автобусов (рис. 2);
- диаграмма расчетного распределения автобусов по часам периода движения (рис. 3);
- диаграмма фактического распределения автобусов по часам периода движения и сменности (рис. 4).

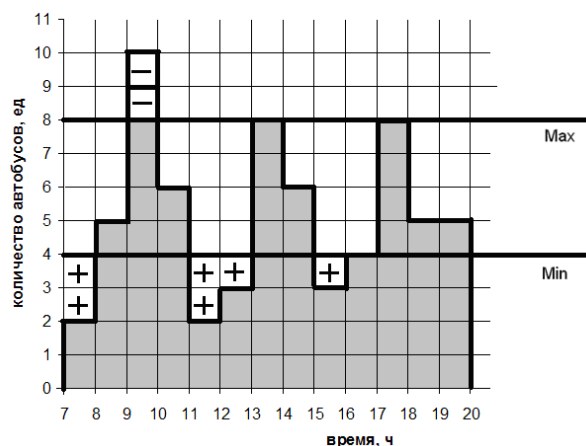


Рисунок 2 - Диаграмма промежуточного распределения автобусов на маршруте № 26

Из-за неравномерности пассажиропотоков потребность в утренний «час пик» составляет 10 автобусов и является максимальной. При организации движения автобусов на городских маршрутах необходимо иметь резерв в количестве не менее 5 % от общей потребности и не всегда предприятия и объединения могут направлять на маршрут то количество автобусов, которое соответствует максимальной расчетной потребности в час. В соответствии с этим числом автобусов проводится линия «Max». Максимальный интервал времени между автобусами находится в пределах 15–20 минут для маршрутов, связывающих периферийные районы города. Количество автобусов, которое нужно иметь на маршруте для обеспечения максимальных интервалов, фиксируется линией «Min».

Режим движения, соответствующий рисунку 2 осуществить нельзя, так как автобусы 7 и 8 должны работать 3 часа, но с недопустимыми двумя перерывами по 3 часа.

Для выбора рационального режима работы автобусов на линии применяется графоаналитический метод, сущность которого состоит в следующем. Пустые и занятые клетки на диаграмме можно перемещать по вертикали, не изменяя временного интервала. Нужно подобрать такое их расположение по вертикали, не добавляя лишних автомобиле-часов, по которому число занятых клеток в каждой из строк соответствовало бы желаемой продолжительности рабочих смен водителей. Одновременно выбирают для них обеденные перерывы и смены водителей.

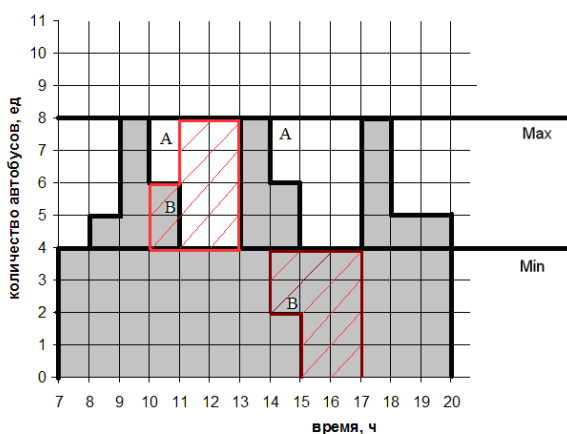


Рисунок 3 - Диаграмма расчетного распределения автобусов по часам периода движения на маршруте № 26

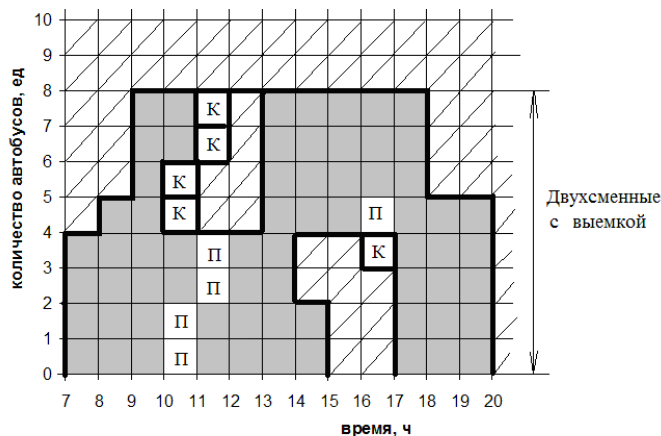


Рисунок 4 - Диаграмма фактического распределения автобусов по часам периода движения и сменности на маршруте № 26

Вопросы обеденных перерывов решают так, чтобы в часы обеденных перерывов автобусы подменялись другими из расчета один автобус на два, стоящих на обеденном перерыве по 0,5 часа; один автобус на один, стоящий на перерыве один час. Автомобиле-часы работы автобусов, подменяющих находящихся на обеденном перерыве, отмечаются знаком «К» (компенсация), находящиеся на обеденном перерыве – буквой «П», пересменки автобусных бригад знаком «V» [17-24].

При анализе диаграммы фактического распределения автобусов на маршруте № 26 выявлена работа автобусов только в две смены с выемкой, остальные варианты являются нецелесообразными с часто чередующимися перерывами.

Осуществляем группировку автобусов по продолжительности их работы на маршруте.

1 группа – это первый, второй, четвертый автобусы, работающие в две смены с выемкой, общей продолжительностью 10 ч.

2 группа – это третий, пятый автобусы, работающие в две смены с выемкой, общей продолжительностью 9 ч.

3 группа – это шестой автобус, работающий в две смены с выемкой, общей продолжительностью 7 ч.

4 группа – это седьмой, восьмой автобусы, работающие в две смены с выемкой, общей продолжительностью 8 ч.

Используя графоаналитический метод определяем минимально необходимый набор режимов работы автобусов на исследуемых маршрутах г. Курска.

Таким образом, решена научно-практическая задача по повышению уровня организации пассажирских перевозок в городских условиях, на основе графоаналитических и практических положений по оптимизации перевозок г. Курска. В результате проведенного исследования осуществлен выбор современных городских автобусов необходимой вместимости и класса для каждого маршрута, определено фактическое число автобусов на маршрутах, проведено и организовано распределение их по сменности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова, Л.П. Графоаналитический метод определения числа автобусов на маршруте №7 г. Курска [Текст] / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, К.Ю. Кузнецов // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015): сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2015. С. 103-105.
2. Кузнецова, Л.П. Выбор типа подвижного состава для перевозки пассажиров на маршруте №18 г. Курска [Текст] / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин // В сборнике: Будущее науки - 2015. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции в 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. Курск, 2015. С. 274-277.
3. Кузнецова, Л.П. Логистический подход в организации и управлении пассажирским транспортом [Текст] / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, К.Ю. Кузнецов // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015): сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Е.В.

Агеев (отв. редактор). Курск, 2015. С. 99-102.

4. Кузнецова, Л.П. Транспортная подвижность населения г. Курска [Текст] / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, К.Ю. Кузнецов // В сборнике: Прогрессивные технологии и процессы: Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 119-122.

5. Кузнецова, Л.П. Пассажирыские перевозки [Текст] / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин // Учебное пособие. Курск, 2015. - 153 с.

6. Кузнецова, Л.П. Графоаналитический метод при решении задач городского пассажирского транспорта [Текст] / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии: сборник статей VI Международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2014. С. 41-48.

7. Малева, Ю. К. Анализ безопасности дорожного движения в г. Курске в 2014 г. [Текст] / Ю. К. Малева, Б. А. Семенихин, Л. П. Кузнецова // В сборнике: Будущее науки – 2015. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции в 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. Курск, 2015. С. 278–282.

8. Семенихин, Б. А. Улучшение организации дорожного движения на ул. Дзержинского г. Курска [Текст] / Б. А. Семенихин, Л. П. Кузнецова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 1. С. 207–210.

9. Семенихин, Б. А. Совершенствование организации дорожного движения на перекрестке ул. Бойцов 9 дивизии – Майский бульвар города Курска [Текст] / Б. А. Семенихин, Л. П. Кузнецова, Д. О. О. Оладипупо // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ–2014): сборник статей VI Международной научно-технической конференции. Е. В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2014. С. 117–123.

10. Кузнецов, К. Ю. Кольцевые пересечения [Текст] / К. Ю. Кузнецов, Б. А. Семенихин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ–2015): сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Е. В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2015. С. 219–222.

11. Рогов, Р. А. Места концентрации дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Р. А. Рогов, Б. А. Семенихин, Л. П. Кузнецова // В сборнике: Будущее науки – 2015. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции в 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А. А. Курск, 2015. С. 314–318.

12. Рогов, Р. А. Повышение безопасности дорожного движения в местах концентрации дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Р. А. Рогов, Б. А. Семенихин, Л. П. Кузнецова // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2015. № 21. С. 87–90.

13. Кузнецова, Л.П. Элементы теории массового обслуживания при решении задач автомобильного транспорта [Текст] / Л.П. Кузнецова, В.И. Козликин, Б.А. Семенихин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2-1. С. 123-126.

14. Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст] / В.И. Козликин, Л.П. Кузнецова // Учебное пособие. Курск, 2013. - 109 с

15. Семенихин, Б. А. Безопасность дорожного движения в г. Курске [Текст] / Б. А. Семенихин, А. С. Понкратов // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии: сборник статей I Международной научно-технической конференции. Е. В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2009. С. 254–258.

16. Семенихин, Б. А. Снижение аварийности в местах концентрации дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Б. А. Семенихин, Д. О. О. Оладипупо // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ–2011): сборник статей III Международной научно-технической конференции. Е. В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2011. С. 127–134.

17. Семенихин, Б. А. Устранение мест концентрации дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Б. А. Семенихин, В. И. Масалов // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии: сборник статей I Международной научно-технической конференции. Е. В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2009. С. 249–254.

18. Семенихин, Б. А. Программа «Безопасность дорожного движения в Курской области на 2004–2010 гг» [Текст] / Б. А. Семенихин, А. В. Петридис, Г. В. Захаров, А. А. Толкушев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2005. № 2. С. 227–230.

19. Дворников, А. Н. Совершенствование организации дорожного движения на перекрестке ул. 50 лет Октября – ул. Бойцов 9 дивизии г. Курска [Текст] / А. Н. Дворников, А. Ю. Асеев, Д. В. Сопия, Б. А. Семенихин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ–2013): сборник статей V Международной научно-технической конференции. 2013. С. 36–46.

20. Семенихин, Б. А. Общий анализ безопасности дорожного движения в городе Курске [Текст] / Б. А. Семенихин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ–2011): сборник статей III Международной научно-технической конференции. Е. В. Агеев (отв. редактор). Курск, 2011. С. 121–127.

21. Новиков, А.Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А.Н. Новиков, С.Ю. Радченко, А.Л. Севостьянов, А.С. Бодров., А.А. Катунин, В.В. Жуков, А.П. Трясцин, Д.О. Ломакин, М.В. Кулев, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 4. - С. 69-77.

22. 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.

23. Новиков, А.Н. Модернизация улично-дорожной сети города Орла (на примере Наугорского шоссе) [Текст] / А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 2(45). - С. 86-96.

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. – Орел: Госуниверситет - УНПК. - 2012. - № 4 (39). - С. 80-87.

**Кузнецова Любовь Петровна**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов

E-mail: lubakk8@list.ru

**Семенихин Борис Анатольевич**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов

E-mail: boriss@bk.ru

**Алтухов Александр Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

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

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов

E-mail: alt997@yandex.ru

L. P. KUZNETSOVA, B. A. SEMENIKHIN, A. Y. ALTUHOV

**IMPROVING THE ORGANIZATION OF PASSENGER  
TRAFFIC ON THE ROUTES OF KURSK**

*The article shows the possibility of improving the organization of passenger transportation using the graphical method on the routes of Kursk. The choice of modern city buses of necessary capacity, determine the actual number of buses for specific routes, organized their shift.*

**Keywords:** analysis, organization, passenger traffic, passenger transport, route, bus.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Kuznetsova, L.P. Grafoanaliticheskiy metod opredeleniya chisla avtobusov na marshrute №7 g. Kurska [Tekst] / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin, K.Ju. Kuznetsov // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii (SAMIT-2015): sbornik statej VII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E.V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2015. S. 103-105.
2. Kuznetsova, L.P. Vybor tipa podvizhnogo sostava dlja perevozki passazhirov na marshrute №18 g. Kurska [Tekst] / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin // V sbornike: Budushhee nauki - 2015. Sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii v 2-h tomah. Otvetstvennyj redaktor: Gorohov A.A. Kursk, 2015. S. 274-277.
3. Kuznetsova, L.P. Logisticheskij podhod v organizacii i upravlenii passazhirskim transportom [Tekst] / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin, K.Ju. Kuznetsov // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii (SAMIT-2015): sbornik statej VII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E.V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2015. S. 99-102.
4. Kuznetsova, L.P. Transportnaja podvizhnost' naselenija g. Kurska [Tekst] / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin, K.Ju. Kuznetsov // V sbornike: Progressivnye tehnologii i processy: Sbornik nauchnyh statej 2-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v 3-h tomah. Otvetstvennyj redaktor: Gorohov A.A. Kursk, 2015. S. 119-122.
5. Kuznetsova, L.P. Passazhirskie perevozki [Tekst] / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin // Uchebnoe posobie. Kursk, 2015. - 153 s.
6. Kuznetsova, L.P. Grafoanaliticheskiy metod pri reshenii zadach gorodskogo passazhirskogo transporta [Tekst] / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii: sbornik statej VI Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E.V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2014. S. 41-48.
7. Maleva, Ju. K. Analiz bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija v g. Kurske v 2014 g. [Tekst] / Ju. K. Maleva, B. A. Semenikhin, L. P. Kuznetsova // V sbornike: Budushhee nauki - 2015. Sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii v 2-h tomah. Otvetstvennyj redaktor: Gorohov A.A. Kursk, 2015. S. 278-282.
8. Semenikhin, B. A. Uluchshenie organizacii dorozhnogo dvizhenija na ul. Dzerzhinskogo g. Kurska [Tekst] / B. A. Semenikhin, L. P. Kuznetsova // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2013. № 1. S. 207-210.
9. Semenikhin, B. A. Sovershenstvovanie organizacii dorozhnogo dvizhenija na perekrestke ul. Bojcov 9 divizionii - Majskij bul'var goroda Kurska [Tekst] / B. A. Semenikhin, L. P. Kuznetsova, D. O. O. Oladipupo // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii (SAMIT-2014): sbornik statej VI Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E. V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2014. S. 117-123.
10. Kuznetsov, K. Ju. Kol'cevye peresechenija [Tekst] / K. Ju. Kuznetsov, B. A. Semenikhin // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii (SAMIT-2015): sbornik statej VII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E. V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2015. S. 219-222.
11. Rogov, R. A. Mesta koncentracii dorozhno-transportnyh proisshestvij [Tekst] / R. A. Rogov, B. A. Semenikhin, L. P. Kuznetsova // V sbornike: Budushhee nauki - 2015. Sbornik nauchnyh statej 3-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii v 2-h tomah. Otvetstvennyj redaktor: Gorohov A. A. Kursk, 2015. S. 314-318.

12. Rogov, R. A. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija v mestah koncentracii dorozhno-transportnyh proisshestvij [Tekst] / R. A. Rogov, B. A. Semenikhin, L. P. Kuznetsova // Novye materialy i tehnologii v mashinostroenii. 2015. № 21. S. 87–90.
13. Kuznetsova, L.P. Jelementy teorii massovogo obsluzhivaniya pri reshenii zadach avtomobil'nogo transporta [Tekst] / L.P. Kuznetsova, V.I. Kozlikin, B.A. Semenikhin // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2012. № 2-1. S. 123-126.
14. Kozlikin, V.I. Teorija massovogo obsluzhivaniya [Tekst] / V.I. Kozlikin, L.P. Kuznetsova // Uchebnoe posobie. Kursk, 2013. - 109 s
15. Semenikhin, B. A. Bezopasnost' dorozhnogo dvizhenija v g. Kurske [Tekst] / B. A. Semenikhin, A. S. Ponkratov // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii: sbornik statej I Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E. V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2009. S. 254–258.
16. Semenikhin, B. A. Snizhenie avarijnosti v mestah koncentracii dorozhno-transportnyh proisshestvij [Tekst] / B. A. Semenikhin, D. O. O. Oladipupo // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii (SAMIT–2011): sbornik statej III Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E. V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2011. S. 127–134.
17. Semenikhin, B. A. Ustranenie mest koncentracii dorozhno-transportnyh proisshestvij [Tekst] / B. A. Semenikhin, V. I. Masalov // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii: sbornik statej I Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E. V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2009. S. 249–254.
18. Semenikhin, B. A. Programma "Bezopasnost' dorozhnogo dvizhenija v Kurskoj oblasti na 2004–2010 gg." [Tekst] / B. A. Semenikhin, A. V. Petridis, G. V. Zaharov, A. A. Tolkushev // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2005. № 2. S. 227–230.
19. Dvornikov, A. N. Sovershenstvovanie organizacii dorozhnogo dvizhenija na perekrestke ul. 50 let Oktjabrja – ul. Bojcov 9 divizii g. Kurska [Tekst] / A. N. Dvornikov, A. Ju. Aseev, D. V. Sopiya, B. A. Semenikhin // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii (SAMIT–2013): sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. 2013. S. 36–46.
20. Semenikhin, B. A. Obshhij analiz bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija v gorode Kurske [Tekst] / B. A. Semenikhin // V sbornike: Sovremennye avtomobil'nye materialy i tehnologii (SAMIT–2011): sbornik statej III Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii. E. V. Ageev (otv. redaktor). Kursk, 2011. S. 121–127.
21. Novikov, A.N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoj podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A.N. Novikov, S.YU. Radchenko, A.L. Sevost'yanov, A.S. Bodrov., A.A. Katunin, V.V. ZHukov, A.P. Tryastsin, D.O. Lomakin, M.V. Kulev, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 4. - S. 69-77.
22. Novikov, A.N. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funkcionirovaniya gorodskogo obschestvennogo 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.
23. Novikov, A.N. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere Naugorskogo shosse) [Tekst] / A.N. Novikov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 2(45). - S. 86-96.
24. Novikov, A.N. Postroenie modeli funkcionirovaniya 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 (39). - S. 80-87.

**Kuznetsova Lyubov Petrovna**

FGBOU VO «Southwestern State University»

Address: 305040, Kursk, 50 October, 94

Kand. Chem. Sciences, Associate Professor, Department of cars, transportation systems and processes

E-mail: lubakk8@list.ru

**Semenikhin Boris Anatolievich**

FGBOU VO «Southwestern State University»

Address: 305040, Kursk, 50 October, 94

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor, Department of cars, transportation systems and processes

E-mail: boriss@bk.ru

**Altuhov Aleksandr Yurievich**

FGBOU VO «Southwestern State University»

Address: 305040, Kursk, 50 October, 94

Kand. tehn. Sciences, Associate Professor, Department of cars, transportation systems and processes

E-mail: alt997@yandex.ru



УДК 621.436

Н.А. ДАВЫДОВ, В.Б. ДЖЕРИХОВ, А.В. НОВОЖИЛОВА

## ПРИСАДКИ К ТОПЛИВУ, УМЕНЬШАЮЩИЕ ДЫМНОСТЬ И ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*В настоящее время все большее распространение на транспорте получают дизельные двигатели. Автомобилестроительные фирмы применяют дизели не только на грузовых автомобилях большой и средней грузоподъемности, автобусах, которые традиционно оснащаются такими двигателями, но и расширяют применение дизелей на легковых и малотоннажных грузовых автомобилях. Это объясняется тем, что дизели работают на сравнительно дешевом дизельном топливе, отличаются от бензиновых двигателей лучшей топливной экономичностью и, как правило, меньшей токсичностью отработавших газов. Однако и дизельные двигатели не всегда удовлетворяют современным жестким требованиям к токсичности отработавших газов. В данной статье рассмотрено одно из возможных решений уменьшения токсичности отработавших газов.*

**Ключевые слова:** автомобиль, дизельное топливо, присадки, дымность, токсичность отработавших газов.

Токсичность отработавших газов дизельных двигателей можно уменьшить путем предупреждения образования токсичных компонентов, посредством их нейтрализации и изменением химического состава дизельного топлива.

Продукты неполного сгорания топлива, такие как окись углерода СО и углеводороды  $C_nH_m$ , могут быть нейтрализованы посредством дожигания их в выпускной системе в присутствии воздуха, подаваемого к горячим отработавшим газам в пространство перед выпускными каналами. На практике для этого применяют термические реакторы, а в качестве дополнительных средств – рециркуляцию отработавших газов, регулировку угла опережения впрыска и обогащение рабочей смеси для уменьшения выброса монооксида азота  $NO_x$ . Можно также уменьшить вредные выбросы посредством каталитического дожигания.

Известно большое количество катализаторов окисления СО и  $C_nH_m$ , но катализаторов, восстанавливающих окись азота NO и двуокись азота  $NO_2$  из монооксида азота  $NO_x$  очень мало. При этом нужно отметить, что в катализаторах находятся редкоземельные металлы (родий, платина, палладий), делающие их очень дорогостоящими и малорентабельными, с низким ресурсом эксплуатации. При этом катализаторы дают хорошие результаты только при богатой рабочей смеси [9].

Для того, чтобы автотранспортные средства (АТС), с точки зрения их токсичности, удовлетворяли повышенным требованиям новых стандартов, введенных в Европе, необходимо использовать способы нейтрализации или устанавливать на дизелях дополнительные устройства для снижения токсичности отработавших газов. Однако такие способы изменения конструкции двигателей порой являются трудноисполнимыми и требуют больших затрат на их реализацию [6].

Поэтому, снизить выброс токсичных компонентов, не производя модернизации дизельных двигателей, можно путем регулярного проведения мероприятий технического обслуживания с использованием различных присадок к традиционным дизельным топливам, изменяя их химический состав, а также путем замены традиционных дизельных топлив на альтернативные [4].

Отсюда следует, что нефтяное углеводородное дизельное топливо должно обладать основными эксплуатационными свойствами: вязкостью, прокачиваемостью, воспламеняемостью, стабильностью, противоизносостойкостью и т.д. Но главным из этих свойств все-таки является вязкость, которая должна быть оптимальной и изменяться в пределах от 1,5 до 6  $mm^2/c$  (сСт) при 20<sup>0</sup>С. Величина вязкости влияет на образование токсичных веществ в процессе смесеобразования и сгорания рабочей смеси в цилиндрах дизеля. Повышенная вязкость приводит к укрупнению капель и ухудшению распыла и сгорания топлива. Высоковязкое топливо будет продолжительно догорать в ходе такта расширения и повышать дымность отработавших газов. Крупные капли топлива, обладая большой кинетической энергией, будут увеличивать длину факела, повышая его дальнотойность и попадая на стенки камеры сгорания, ухудшать смесеобразование. Маловязкие топлива также будут ухудшать смесеобразование, т.к. при их распылении образуются мелкие капли, скорость которых в плотном воздухе

быстро падает. Длина факела при этом сокращается и не весь воздух участвует в процессе смесеобразования. Вблизи форсунки образуется смесь с избытком топлива и с пониженной полнотой сгорания. Кроме этого на стенках камеры сгорания, днищах поршней, выпускных клапанах образуются отложения (нагар), ухудшающий распыл топлива и работу форсунок. Испытания показали, что скорость нагарообразования в первые часы работы максимальная, затем она стабилизируется, а скорость образования и выгорания отложений становятся одинаковыми. Поэтому, наличие нагарообразования существенно зависит от химического состава дизельного топлива, в т.ч. и от его фракционного состава. В наибольшей степени нагар образуется при наличии в топливе серосодержащих соединений, алкенов, аренов и смол [8].

Таким образом, в цилиндрах дизельного двигателя происходит некачественное и неполное сгорание рабочей смеси, в результате чего в отработавших газах дизельного двигателя выбрасываются токсичные компоненты  $CO$ ,  $C_nH_m$ ,  $NO_x$ , а также твердые частицы несгоревших углеводородов – сажа. Эти твердые частицы окрашивают выхлопные отработавшие газы в черный цвет, из-за чего снижается видимость на дорогах, угрожая тем самым безопасности дорожного движения.

Сажа состоит не только из чистого углерода, но в ней, помимо водорода и кислорода, содержится ряд сложных циклических ароматических углеводородов, таких как бенз(а)пирен, антрацен, пирен и т.д. Вредность сажи, с медицинской точки зрения, заключается в том, что она засоряет дыхательные пути, раздражает их, вызывая удушье, и является причиной многих хронических заболеваний у человека. Главная опасность сажи в том, что она является переносчиком канцерогенных веществ, которые адсорбируются на поверхностях ее частей [1].

Сажа, образующаяся в результате крекинга и неполного сгорания топлива, содержит адсорбированные углеводороды, подвергшиеся частичному распаду при крекинге, продукты частичного окисления – альдегиды и вещества, образовавшиеся при распаде полимерных соединений, т.е. циклические ароматические углеводороды.

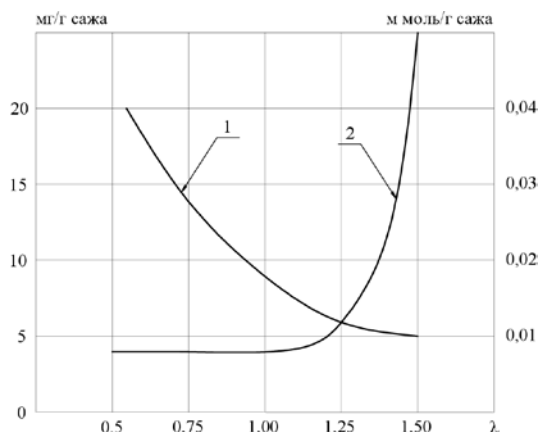


Рисунок 1 - Влияние коэффициента избытка воздуха на содержание ароматических углеводородов и альдегидов в саже: 1 – ароматические углеводороды; 2 – альдегиды

На рисунке 1 показано изменение содержания в саже циклических ароматических углеводородов и альдегидов двигателя с непосредственным впрыском [1].

В последние годы широко проводятся исследования в области использования присадок к дизельным топливам в целях уменьшения токсичных выбросов. В результате исследований установлено, что можно в значительной степени уменьшить задымленность отработавших газов посредством добавок к топливу соответствующих химических соединений. [7]

В качестве присадок, уменьшающих содержание сажи в отработанных газах, применяют металлоорганические антидымные химические соединения, механизм действия которых заключается в их рассеивающем воздействии на сажу и каталитическом воздействии на процесс сгорания. Подтверждением данной точки зрения является то, что ряд металлоорганических соединений таких металлов, как свинец, медь, хром, никель, добавляемых к топливу, приводят к понижению температуры воспламенения сажи, но не оказывают влияния на уменьшение ее содержания в отработавших газах. При этом существует единое мнение многих специалистов, что уменьшение интенсивности дымления тем эффективнее, чем сильнее их рассеивающее действие и активнее свободный атом металла. [5]

Сульфамины щелочных металлов, растворенные в дизельном топливе, оказывают сильное рассеивающее действие, препятствуя спеканию кристаллов сажи в более крупные частицы и способствуя тем самым их дожиганию. Среди антидымных присадок наиболее эффективными являются присадки, содержащие соединения бария. Незначительное его содержание (~0,01% по массе) в дизельном топливе вызывает уменьшение сажи, а наибольший эффект в уменьшении дымности достигается при содержании в топливе присадок в пределах 0,02...0,025% [7].

Подобное, но не менее эффективное воздействие на уменьшение дымности оказывают металлоорганические соединения, добавляемые в качестве присадок к топливам. Они характеризуются высокой стабильностью соединений, их распад в пламени происходит только при высоких температурах. В процессе сгорания освобождаются активные атомы металла, и сгорание приобретает каталитический характер.

В качестве присадок к дизельным топливам используют также органические соединения, являющиеся сильными окислителями, которые содержат слабосвязанный кислород. При температуре сжатого заряда, которая создается в камере сгорания, активный кислород легко высвобождается. Это вызывает сокращение периода задержки самовоспламенения. Такими органическими присадками могут быть динитропропан, изоамилнитрат, этилнитрат, n-метиланин и др. [2].

Установлено, что при одинаковом весовом содержании этих соединений в топливе эффективность их действия почти в 3...4 раза ниже по сравнению с металлоорганическими присадками.

Исследования, проведенные по определению влияния присадок, ускоряющих самовоспламенение и процесс дожигания сажи, на протекание процесса сгорания и состава отработавших газов показан в таблице 1 [3, 21-24].

Таблица 1 - Влияние органических присадок на состав отработавших газов дизельного топлива

| Наименование присадки и ее содержание в топливе           | n = 1400 об/мин |                                     |                       |                           |
|---|-----------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
|   | CO, %           | C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> , чнм | NO <sub>x</sub> , чнм | Дымность по шкале Боша, % |
| Дизельное топливо, органические присадки: (15% по объему) | 0,13            | 50                                  | 890                   | 16                        |
| изоамилнитрат   | 0,06            | 42,0                                | 800                   | 12                        |
| этилацетилотан  | 0,09            | 46,5                                | 815                   | 17                        |
| этилнитрат  | 0,09            | 43,0                                | 780                   | 20                        |
| нитропропан   | 0,06            | 45,0                                | 830                   | 11                        |

Примечание: ч.н.м. (число на миллион) = млн<sup>-1</sup>.

Таким образом, противодымные присадки (0,25...0,5% по массе) улучшают сгорание дизельного топлива и снижают в отработавших газах содержание сажи, отодвигая предел дымления двигателей. Присутствие сажи, из-за ее канцерогенности, увеличивает токсичность. Присадки содержат соединения кальция, марганца, бария.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильные двигатели [Текст] / под ред. Ховаха М.С. – М.: Машиностроение. - 1997. - 591 с.
2. Алексеев, В.Н. Автотракторные эксплуатационные материалы. Воениздат [Текст] / В.Н. Алексеев, И.Ф. Кувайцев. - М. - 1985. - 220 с.
3. Белов, П.М. Двигатели армейских машин [Текст] / В.Н. Алексеев, И.Ф. Кувайцев. - ЧИ. - М.: Воениздат. - 1979. - 512 с.
4. Брусинцев, И.В. Автотракторные топлива и смазочные материалы [Текст] / И.В. Брусинцев и др. - М.: Машгиз. - 1988. - 312 с.
5. Вагнер, В.Л. Снижение дымности дизелей [Текст] / В.Л. Вагнер и др. - Барнаул.: Изд. Алт. ГТУ им. Ползунова И.И. -1991. - 140 с.
6. Герасимов, А.Т. Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобилей с дизельными двигателями [Текст]: дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 1993. – 190 с.
7. Гуреев, Л.А. Испаряемость топлив для поршневых двигателей [Текст] / Л.А. Гуреев, Г.М. Кампфер. – М.: Химия, 1992. – 264 с.
8. Гуреев, А.А. Топлива для дизелей. Свойства и применение. Нефть и газ [Текст] / А.А. Гуреев, В.С. Азев, Г.М. Кампфер. – М. - 1996. – 442 с.
9. Данилов, А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей. Справочник химия [Текст] / А.А. Гуреев, В.С. Азев, Г.М. Кампфер. – М., 2000. – 232 с.
10. Звонов, В.А. Образование оксидов азота при сгорании альтернативных топлив в дизеле [Текст] / В.А. Звонов // Автомобильная промышленность. – М. - 2003. - № 3. – С. 10...13.
11. Игнатенко, Р.А. Экологические проблемы использования целевого дизельного топлива [Текст]: доклад на НТК в Сам.ГАЗКУ / Р.А. Игнатенко. – Самара, 2004. – 21 с.

12. Ирисов, А.С. Испаряемость топлив для поршневых двигателей и методы ее исследования [Текст] / А.С. Ирисов. - М.: Гостоптехиздат, 1983. - 113 с.
13. Кобяков, Е.И. Совершенствование экологических показателей дизелей при одновременном использовании антидымных присадок в топливо и каталитической нейтрализации отработавших газов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Кобяков Е.И. - Барнаул.: Алт.ГТУ, 2005. - 185 с.
14. Копеин, А.В. Проблемы и перспективы снижения токсичности отработавших газов дизелей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Копеин А.В. - Челябинск.: ЧГТУ, 2002. - 152 с.
15. Куваева, Е.Н. Влияние многофункциональной присадки на экологические и эксплуатационные свойства моторных топлив [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Куваева Е.Н. - Тюмень.: ТГТУ, 2000. - 22 с.
16. Марков, В.А. Токсичность отработавших газов дизелей [Текст] / В.А. Марков и др. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2-е изд. переработанное и дополненное. - 2002. - 376 с.
17. Стрельников, В.А. Снижение токсичных выбросов автотракторных дизелей [Текст] / В.А. Стрельников // Тракторы и с/х машины. - № 10. - М. - 2003. - С. 6-8.
18. Теория двигателей внутреннего сгорания. Рабочие процессы [Текст] / под ред. Н.Х. Дьяченко. - Л.: Машиностроение, 1977. - 552 с.
19. Чулков, Н.В. Топлива и смазочные материалы: ассортимент, качество, применение, экономия, экология [Текст] / Н.В. Чулков. - М.: Политехника, 1996. - 302 с.
20. Чулков, Н.В. Моторные топлива: ресурсы, качество, заменители [Текст] / Н.В. Чулков. - М.: Политехника, 1998. - 415 с.
21. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - № 4. - 2007. - С. 90-97.
22. 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.
23. 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.
24. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст]: учебное пособие для вузов / Бондаренко Е.В., Новиков А.Н., Филиппов А.А. и др. - Орел, 2010. - 254 с.

**Давыдов Николай Артемьевич**

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»  
Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация транспортных средств»  
E-mail: davnart@mail.ru

**Джерихов Виталий Борисович**

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»  
Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4  
Ст. преподаватель кафедры «Техническая эксплуатация транспортных средств»

**Новожилова Анна Викторовна**

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»  
Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4  
Магистр кафедры «Техническая эксплуатация транспортных средств»  
E-mail: a\_novozhilova@rambler.ru

---

N.A. DAVYDOV, V.B. DZHERIHOV, A.V. NOVOZHILOVA

## FUEL ADDITIVES THAT REDUCE SMOKE AND TOXICITY OF EXHAUST GASES OF DIESEL ENGINES

*Currently, the increasing distribution receive transport diesel engines. Automotive firms use diesel engines not only on large trucks and medium-duty trucks, buses, which are traditionally equipped with such engines, but also expand the use of diesel engines in the legovykh and light-duty trucks. This is due to the fact that the diesel engines run on relatively cheap diesel fuel different from gasoline engines and better fuel economy, as a rule, less emissions. However, diesel engines do not always meet today's stringent requirements for exhaust emissions. This article discusses one of the possible solutions to reduce emissions.*

**Keywords:** car, diesel fuel, additives, smoke, toxicity of the fulfilled gases.

### BIBLIOGRAPHY

1. Avtomobil`nye dvigateli [Tekst] / pod red. Hovakha M.S. - M.: Mashinostroenie. - 1997. - 591 s.
2. Alekseev, V.N. Avtotraktornye ekspluatatsionnye materialy. Voenizdat [Tekst] / V.N. Alekseev, I.F. Kuvaytsev. - M. - 1985. - 220 s.
3. Belov, P.M. Dvigateli armeyskikh mashin [Tekst] / V.N. Alekseev, I.F. Kuvaytsev. - CHI. - M.: Voenizdat. - 1979. - 512 s.

4. Brusintsev, I.V. Avtotraktornye topliva i smazochnye materialy [Tekst] / I.V. Brusintsev i dr. - M.: Mashgiz. - 1988. - 312 s.
5. Vagner, V.L. Snizhenie dymnosti dizeley [Tekst] / V.L. Vagner i dr. - Barnaul.: Izd. Alt. GTU im. Polzunova I.I. - 1991. - 140 s.
6. Gerasimov, A.T. Snizhenie vybrosov vrednykh veshchestv s otrabotavshimi gazami avtomobiley s dizel'nymi dvigatelyami [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk. - SPb, 1993. - 190 s.
7. Gureev, L.A. Isparyaemost' topliv dlya porshnevnykh dvigateley [Tekst] / L.A. Gureev, G.M. Kampfer. - M.: Himiya, 1992. - 264 s.
8. Gureev, A.A. Topliva dlya dizeley. Svoystva i primeneniye. Neft' i gaz [Tekst] / A.A. Gureev, V.S. Azev, G.M. Kampfer. - M. - 1996. - 442 s.
9. Danilov, A.M. Primeniye prisadok v toplivakh dlya avtomobiley. Spravochnik khimiya [Tekst] / A.A. Gureev, V.S. Azev, G.M. Kampfer. - M., 2000. - 232 s.
10. Zvonov, V.A. Obrazovanie oksidov azota pri sgoranii al'ternativnykh topliv v dizele [Tekst] / V.A. Zvonov // Avtomobil'naya promyshlennost'. - M. - 2003. - № 3. - S. 10...13.
11. Ignatenko, R.A. Ekologicheskie problemy ispol'zovaniya tselevogo dizel'nogo topliva [Tekst]: doklad na NTK v Sam.GAEKU / R.A. Ignatenko. - Samara, 2004. - 21 s.
12. Irisov, A.S. Isparyaemost' topliv dlya porshnevnykh dvigateley i metody ee issledovaniya [Tekst] / A.S. Irisov. - M.: Gostoptekhizdat, 1983. - 113 s.
13. Kobyakov, E.I. Sovershenstvovanie ekologicheskikh pokazateley dizeley pri odnovremennom ispol'zovanii antidymnykh prisadok v toplivo i kataliticheskoy neytralizatsii otrabotavshikh gazov [Tekst]: dis. ... kand.tekhn.nauk / Kobyakov E.I. - Barnaul.: Alt.GTU, 2005. - 185 s.
14. Kopein, A.V. Problemy i perspektivy snizheniya toksichnosti otrabotavshikh gazov dizeley [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Kopein A.V. - Chelyabinsk.: CHGTU, 2002. - 152 s.
15. Kuvaeva, E.N. Vliyaniye mnogofunktsional'noy prisadki na ekologicheskie i ekspluatatsionnye svoystva motornykh topliv [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Kuvaeva E.N. - Tyumen': TGTU, 2000. - 22 s.
16. Markov, V.A. Toksichnost' otrabotavshikh gazov dizeley [Tekst] / V.A. Markov i dr. - M.: MGTU im. N.E. Bauman. - 2-e izd. pererabotannoe i dopolnennoe. - 2002. - 376 s.
17. Strel'nikov, V.A. Snizhenie toksichnykh vybrosov avtotraktornykh dizeley [Tekst] / V.A. Strel'nikov // Traktory i s/kh mashiny. - № 10. - M. - 2003. - S. 6-8.
18. Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya. Rabochie protsessy [Tekst] / pod red. N.H. D'yachenko. - L.: Mashinostroeniye, 1977. - 552 s.
19. Chulkov, N.V. Topliva i smazochnye materialy: assortiment, kachestvo, primeniye, ekonomiya, ekologiya [Tekst] / N.V. Chulkov. - M.: Politekhnik, 1996. - 302 s.
20. Chulkov, N.V. Motornye topliva: resursy, kachestvo, zameniteli [Tekst] / N.V. Chulkov. - M.: Politekhnik, 1998. - 415 s.
21. Novikov, A.N. Upravleniye kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - № 4. - 2007. - S. 90-97.
22. Novikov, A.N. Ekologicheskii monitoring vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu go-roda [Tekst] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Remont, vosstanovleniye, modernizatsiya. - № 6. - 2006. - S. 33-34.
23. 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.
24. Ekologicheskaya bezopasnost' avtomobil'nogo transporta [Tekst]: uchebnoye posobie dlya vuzov / Bondarenko E.V., Novikov A.N., Fillipov A.A. i dr. - Orel, 2010. - 254 s.

**Davydov Nikolay Artem'evich**

FGBOU VPO «Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»  
Address: Russia, 190005, g. St. Petersburg, 2nd Krasnoarmejskaya Street., 4  
Candidate tehn., assistant professor of «Technical operation of vehicles»  
E-mail: davnart@mail.ru

**Dzherihov Vitaliy Borisovich**

FGBOU VPO «Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»  
Address: Russia, 190005, g. St. Petersburg, 2nd Krasnoarmejskaya Street., 4  
Senior lecturer in the «Technical operation of vehicles»

**Novozhilova Anna Viktorovna**

FGBOU VPO «Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering»  
Address: Russia, 190005, g. St. Petersburg, 2nd Krasnoarmejskaya Street., 4  
Master of the department «Technical operation of vehicles»  
E-mail: a\_novozhilova@rambler.ru

## СЛОЖНЫЕ САМОРАЗВИВАЮЩИЕСЯ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

*Мировоззренческой основой содержания статьи являются естественно-научная картина мира, законы биосферы, экономики природы, идеология гуманизма и фундаментальные знания в области коэволюционного взаимодействия общества и природы. При использовании системной методологии рассматриваются концептуальные основы формирования объектов природы и общества как сложных саморазвивающихся систем. В качестве объекта исследования предлагается саморазвивающиеся социоприродоэкономическая транспортная система.*

*Ключевые слова:* природа, общество, система, биосфера, саморазвитие, взаимодействие, целостность, среда, качество, объект.

В древности антропогенные воздействия на окружающую среду были незначительны, они не могли привести к радикальным экологическим изменениям в природе. И только XX в. с колоссальным развитием производительных сил стал критической точкой отсчета, за которой от характера взаимодействия природы и общества стала зависеть судьба человечества.

Одним из первых осознал эту новую реальность наш великий соотечественник Вернадский В.И. [3]. Он подчеркивал, что человечество стало мощной геологической силой, способной производить глобальные изменения на Земле. В связи с этим **биосфера** как область активной жизни превращается в **ноосферу** – сферу разума. Он писал о последней, что это «такого рода состояние биосферы, в котором должны проявиться разум и направляемая им работа человека, как новая небывалая на планете геологическая сила». «Человек может и должен перестраивать своим трудом и **мыслью** область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше». Из теории ноосферы вытекает важный принцип совместной **коэволюции** общества и природы, необходимости гармоничного совместного развития человечества и биосферы [11].

К сожалению, до идеалов В.И. Вернадского еще далеко и назвать современную биосферу с ее критическим состоянием сферой разума сложно. Экономическое развитие человечества в XX в. полностью игнорировало законы биосферы. И лишь в самые последние годы пришло осознание, что без адаптации экономического развития к природным закономерностям, подчинения экологическому императиву (перехода к экологически устойчивому типу производства и потребления) человечество ожидает катастрофа.

Экологическое поведение является существенным элементом экологического сознания и мышления человека. Это объясняется тем, что под экологическим сознанием подразумевают не только определенные знания людей по экологическим проблемам, но и конкретные действия общества и отдельных людей по решению этих проблем.

Устойчивое развитие цивилизации возможно при выполнении законов всеобщей связи вещей и явлений в природе и в обществе, что связано с законами: физико – химического единства живого вещества; развития системы за счет окружающей ее среды; константности количества живого вещества, сформулированных В. И. Вернадским, – любая система может развиваться только за счет использования материально – энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды.

Для реализации приведенных законов общество должно выполнять определенную роль в динамике вещественно – энергетических процессов природы, и эта роль заключается в **поддержании целостности биосферы**. Наиболее эффективный путь решения данной проблемы – это переход на реализацию концепции устойчивого развития общества и экономики на основе саморазвивающихся сложных систем. Большие системы приобретают целый ряд новых характеристических признаков. Они дифференцируются на относительно автономные подсистемы,

в которых происходит массовое, стохастическое взаимодействие элементов. Целостность системы предполагает наличие в ней особого блока управления, прямые и обратные связи между ними и подсистемами. Автоматические станки, заводы-автоматы, системы управления космическими кораблями, автоматические системы регуляции грузовыми потоками - с применением компьютерных программ — это примеры больших систем в технике.

Реализация новых идей глобального эволюционизма, который соединял традиционные эволюционные идеи с системными представлениями обеспечил автору возможность видения и разработки объектов природы и общества **как сложных саморазвивающихся систем**, например, усовершенствованная модель «социоприродоэкономическая транспортная система» (рис.1), [7, 9, 10]. В которой взаимодействие общества и природы отвечает признакам единой системы, что дает основание для перенесения на общество законов соотношения части и целого. При этом частью по отношению к биосфере, разумеется, является общество и, следовательно, общество должно нести функциональную значимость в отношении к той системе, элементом которой оно является, т.е. биосфере. Общество, люди должны подчиняться естественным, природным законам в своей хозяйственной деятельности. Таким образом, социальные процессы, прежде всего, экономические должны регулироваться законами биосферы.

Большие системы гомеостатичны. В них обязательно имеется программа функционирования, которая определяет управляющие команды и корректирует поведение системы на основе обратных связей.

Категории части и целого применительно **к сложным саморазвивающимся систем** обретают новые характеристики. Целое уже не исчерпывается свойствами частей, **возникает системное качество** целого. Часть внутри целого и вне его обладает разными свойствами. Сложные системы отличаются от простых наличием системного эффекта и эмерджентности (возникновение, проявление нового). Эмерджентность означает, что суммарный эффект всех элементов системы не равен общему ее эффекту.

Взаимодействие общественного производства и окружающей среды осуществляется на стыке двух глобальных круговоротов: экономического (хозяйственной деятельности людей в обществе) и экологического круговорота вещества и энергии в природной среде, в биосфере нашей планеты. Область данного взаимодействия можно определить как социоприродоэкономическую систему (рис.1). Эту систему при изучении исследуемого объекта необходимо существенно адаптировать к реальной действительности и представить как единую экосферу Земли, в которой происходят основные процессы взаимодействия биосферы, техносферы, ноосферы и транспортного комплекса при интегрировании результатов и затрат этих взаимодействий.

По отношению к саморегулирующимся системам **саморазвивающиеся система** является более сложным типом системной целостности. Этот тип систем характеризуется развитием, в ходе которого происходит переход от одного вида саморегуляции к другому. Саморазвивающимся системам присуща иерархия уровневой организации элементов, **способность создавать** в процессе развития новые уровни. Причём каждый такой новый уровень оказывает обратное воздействие на ранее сложившиеся, перестраивает их, в результате чего система обретает новую целостность. С появлением новых уровней организации система дифференцируется, в ней формируются новые, относительно самостоятельные подсистемы. Вместе с тем перестраивается блок управления, возникают новые параметры порядка, новые типы прямых и обратных связей.

Сложные саморазвивающиеся системы характеризуются открытостью, обменом веществом, энергией и информацией с внешней, внутренней и окружающей природной средами. В таких системах формируются особые информационные структуры, фиксирующие важные для целостности системы особенности её взаимодействия со средами. При этом меняется энергетический баланс в окружающей природной среде. В результате жизнедеятельности происходит не уменьшение свободной энергии в окружающей среде, а ее увеличение, т.е. жизнь антиэнтропийна, а при эволюции саморазвивающиеся система увеличивает (синергирует) свободную энергию. Любая система способна функционировать только при нали-

чий сил, обеспечивающих возникновение и существование связей между ее элементами, т.е. движение здесь играет системнообразующую роль.

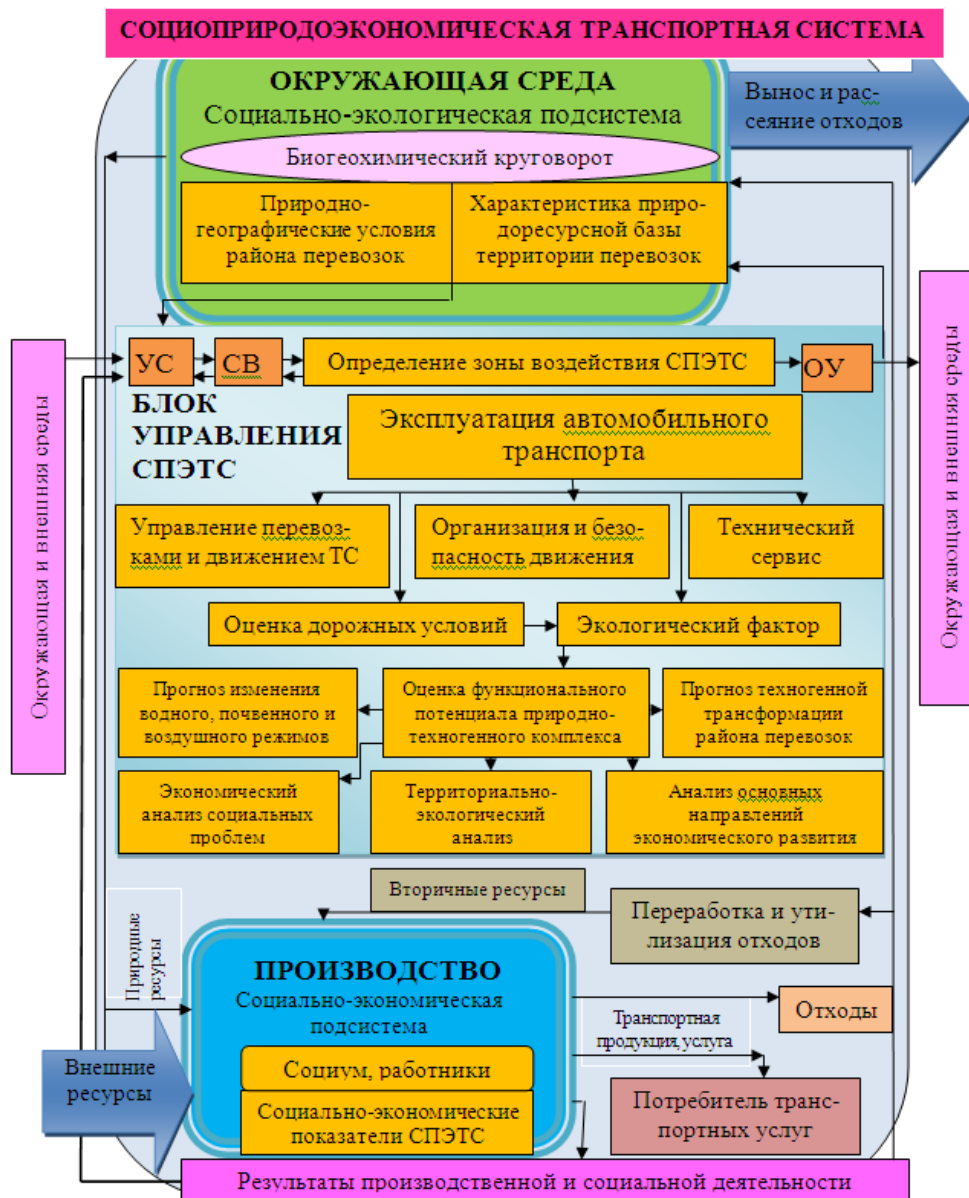


Рисунок 1 - Концептуальная схема модели СПЭТС  
 УС – управляющая система, ОУ – объект управления, СВ – система связи

Эффективность функционирования СПЭТС можно оценивать уменьшением в ней энтропии и ростом синергии в результате движения ресурсов – затрат. Следовательно физический закон синергии, т.е. рост свободной энергии в результате движения разнонаправленных по фазе потоков энергии, может стать экономическим законом организации менеджмента с точки зрения движения ресурсов – затрат.

Синергетика – это наука о самоорганизации. Самоформирование в целостной системе свойств, которыми не обладает ни одна из ее подсистем, ученые признают как методологическую основу самоорганизации открытых систем. В этих системах материя выступает не пассивной субстанцией, описываемой в рамках механистической картины мира, а в новом качестве – спонтанной активности. Известна позиция ведущего ученого академика Пригожина И.Р. в области открытых систем: «Материя становится активной: она порождает необратимые процессы, а необратимые процессы организуют материю» [17].



В соответствии с новой научной парадигмой миропонимания важной задачей является сущность человека, его системное самоорганизующееся начало, включающее в себя всю научную парадигму системных исследований.

Системный подход решает задачи целостности системы, а синергетика обеспечивает развитие этой системы, а главное саморазвитие. Есть все основания синергетическую теорию самоорганизации считать наиболее полной теорией порядка и хаоса, так как она исследует различные этапы процесса эволюции порядка (его возникновения, развития, самоусложнения и разрушения) и проявления различной роли хаоса на этих этапах [2]. Здесь же анализируются закономерности возникновения порядка из хаоса, причины и механизмы относительно устойчивого существования возникающих структур и их распада, принципы спонтанной самоорганизации материи. Сочетание порядка и хаоса в ходе эволюции системы меняются, но при этом остаются неотъемлемой частью процесса самоорганизации.

Сложные саморазвивающиеся системы требуют для своего освоения особой категориальной сетки. Категории части и целого включают в своё содержание новые смыслы. При формировании новых уровней организации происходят перестройка прежней целостности, появление новых параметров порядка. Иначе говоря, необходимо, но недостаточно зафиксировать наличие системного качества целого и следует дополнить это понимание идеей изменения видов системной целостности по мере развития системы. Уже в сложных саморегулирующихся системах появляется новое понимание вещи и процессов взаимодействия. Вещь (система) предстаёт как саморегулируемый процесс. В саморазвивающихся системах эти представления дополняются новыми смыслами.

Традиционная для малых систем акцентировка (вещь как нечто первичное, а взаимодействие — это воздействие одной вещи на другую) сменяется представлениями о **возникновении самих вещей** в результате определённых взаимодействий. Вещь - система предстаёт в качестве процесса постоянного обмена веществом энергией и информацией с внешней, внутренней окружающей средами как своеобразный инвариант в варьируемых взаимодействиях. А усложнение системы в ходе развития, связанное с появлением новых уровней организации, выступает как смена одного инварианта другим, как процесс перехода от одного типа саморегуляции к другому. Процессуальность объекта (системы) проявляется здесь в двух аспектах: и как **саморегуляция**, и как **саморазвитие**.

Освоение саморазвивающихся систем предполагает парадигму с креативным качеством духовности, осознанием единства, в котором все элементы и подсистемы взаимосвязаны и взаимозависимы.

Объектами современных междисциплинарных исследований всё чаще становятся уникальные системы, характеризующиеся открытостью, целостностью и саморазвитием. Деятельность с такими системами требует принципиально новых стратегий. Взаимодействие с ними человека протекает таким образом, что само человеческое действие не является чем-то внешним, а включается в систему, видоизменяя каждый раз поле её возможных состояний.

Сегодня познавательное и технологическое освоение сложных саморазвивающихся систем начинает определять стратегию переднего края науки и технологического развития. К таким системам относятся биологические объекты, рассматриваемые не только в аспекте их функционирования, но и в аспекте развития; объекты современных биотехнологий и, прежде всего, генетической инженерии; транспорт; системы современного проектирования, когда берётся не только та или иная технико - технологическая система, но ещё более сложный развивающийся комплекс: человек — технико - технологическая система, плюс экологическая система и культурная среда, принимающая новую технологию, и весь этот комплекс рассматривается в развитии.

Успехи нано – и био – технологий, использование эффективных техноциклов обращения с отходами, разработка способов утилизации космической энергии приближает время, когда не бытие будет определять сознание живущего поколения, привыкшего брать у природы все и в достаточном количестве, а, наоборот, человеческое сознание по сохранению биосферы будет определять наше дальнейшее бытие.

Предлагаемый объект исследования – саморазвивающаяся социоэкологоэкономическая транспортная система позволяет усилить первоочередную важность природоцентрического эколога – экономического сознания и мышления населения, духовной и нравственной составляющих в решении проблем социума и мировой экономики;

Разработаны теоретико – методологические подходы развития теории саморазвивающихся систем; фундаментальные основы гармонизации взаимодействия «человечество – искусственный мир – биосфера»; важные аспекты концепции устойчивого развития и стратегия будущей цивилизации, методы разрешения ее глобальных проблем на основе функционирования ноосферно – совместимой нравственной экоэкономики знаний [2, 3, 4, 6, 9, 10, 11].

Для решения проблем транспортного комплекса на основе разработанной методологии рекомендуется молодым ученым: реализовать возможности применения синергетического знания в изучении живых открытых систем, к которым в первую очередь, относим человека с его разумом и с природоцентрическим экологическим сознанием и мышлением; установить причины, источники, механизмы техногенного давления на природу; рассматривать все человеческое хозяйство в контексте взаимодействия экономики человека и экономики природы; создать методы организации и осуществления эффективного и экологически улучшенного грузодвижения; разработать научно-методические положения и организационно- технологический механизм функционирования СПЭТС для обеспечения эффективной доставки грузов на основе стандартов серии ИСО и требований по экологии – использование биосферно-совместимых технологий на транспорте [7, 8, 9, 10].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалкин, Л.И. О новой концепции долгосрочной стратегии [Текст] / Л.И. Абалкин // Вопросы экономики. – 2008. - №2. – С.37-38.
2. Василькова, В.В. Порядок и хаос в развитии социальных систем: (Синергетика и теория социальной самоорганизации) [Текст] / В.В. Василькова // Спб. – 1999.
3. Вернадский, В.И. Жизнь замечательных людей; Сер. биограф.; вып. 800 [Текст] / В.И. Вернадский // М.: Мол.гвардия. – 2001. – С.484.
4. Горшков, В.В. Биотическая регуляция окружающей среды [Текст] / В.В. Горшков // М.: Экология. – 1999. - №2. – С.10-15.
5. Данилов – Данильян, В.И. Возможна ли «коэволюция природы и общества?» [Текст] / В.И. Данилов – Данильян // Вопросы философии. – 1998. - №8. – С. 26-31.
6. Кондратьев, К.Я. Перспективы развития цивилизации: многомерный анализ [Текст] / К.Я. Кондратьев, В.Ф. Крапивин, В.П. Савиных // М.: Логос. – 2003. – С. 576.
7. Корчагин, В.А. Социоприродоэкономические системы автотранспортного комплекса [Текст] / В.А. Корчагин // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2005. - №7. – С. 16-20
8. Корчагин, В.А. Интегрированная система экомаркетинга и экологистики для устойчивого транспортного обслуживания потребителей наукоемкой продукции [Текст] / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева // Известия Самарского научного центра РАН, Тольятти. – 2011. – С. 112.
9. Корчагин, В.А. Ноосферологические подходы создания социоприродоэкономических транспортно-логистических систем [Текст] / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева // Автотранспортное предприятие. – 2012. - №1. – С. 45-48.
10. Корчагин, В.А. Научно-обоснованное управление открытыми автотранспортными системами [Текст] / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева, Т.В. Корчагина // Фундаментальные исследования. – 2012. - №11. – С. 148-152.
11. Моисеев, Н.Н. Судьба цивилизации. Путь разума. [Текст] / Н.Н. Моисеев // М.: МНЭПУ. – 1998. – с.196.
12. Новиков, А.Н. Экологический мониторинг воздействия автотранспорта на акустическую среду города [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2006. - № 6. - С. 33-34.
13. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 1. - С.107-111.
14. Новиков, А.Н. Управление воздействием потоков автотранспорта на качество акустической среды города на основе информационных технологий [Текст] / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт.- № 4-16. - 2007. - С. 226-232.
15. Сорокин, П.А. Главные тенденции нашего времени [Текст] / П.А. Сорокин // М.: Наука. – 1997. – с.160.

16. Пригожин, И.Р. Процесс самоорганизации в популяции насекомых [Текст] / И.Р. Пригожин, И. Стенгерс // Синергетика и психология ... - С.26-33.
17. Уваров, Е.А. Саморазвивающиеся системы: теоретико-методологический анализ [Текст] / Е.А. Уваров // Псих.-пед. Журнал Гаудеамус. Тамбов. – 2003. - №1. – С.20-33.
18. Aldaihani, Majid. Hybrid scheduling methods for paratransit operations / Majid Aldaihani, Maged M. Desouky // Computers & Industrial Engineering. - 2003. - V. 45. - S. 75 - 96.
19. Cheung, R. K. An attribute-decision model for cross-border drayage problem / R. Cheung, N. Shi, W. B. Powell, H. P. Simao // Transportation Research. - Part E. - 2008. - № 44. - S. 217 - 234.
20. Lo Hong K. Modeling competitive multi-modal transit services: a nested logit approach / Hong K. Lo, Chun-Wing Yip, Quentin K. Wan // Transportation Research. - Part C. - 2004. - V. 12. - S. 251 - 272.

**Корчагин Виктор Алексеевич**

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

Адрес: 398600, Россия, г.Липецк, ул.Московская, 30

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление автотранспортом», Заслуженный деятель науки РФ

E-mail: kafedrauat@mail.ru

**Новиков Александр Николаевич**

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

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

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Ляпин Сергей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

Адрес: 398600, Россия, г.Липецк, ул.Московская, 30

Д-р техн. наук, профессор, декан факультета Инженеров транспорта

E-mail: lyapinserg2012@yandex.ru

**Ризаева Юлия Николаевна**

ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»

Адрес: 398600, Россия, г.Липецк, ул.Московская, 30

Д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры «Управление автотранспортом»

E-mail: rizaeva.u.n@yandex.ru

V. A. KORCHAGIN, A. N. NOVIKOV, S. A. LYAPIN, Yu. N. RIZAEVA

## COMPLEX SELF-DEVELOPING TRANSPORT SYSTEM

*The ideological basis of the contents of the article are natural-scientific picture of the world, the laws of the biosphere, the economy of nature, the ideology of humanism and fundamental knowledge in the field of co-evolutionary interaction between society and nature. When using the methodology considers conceptual bases of formation of objects of nature and of society as a complex self-developing systems. The object of the study suggests Socialisticheskaya self-developing transport system.*

**Keywords:** nature, society, system, biosphere, self-development, inter-action, integrity, environment, quality, object.

## BIBLIOGRAPHY

1. Abalkin L. I. About the new concept of a long-term strategy [Text] / L. I. Abalkin // Problems of Economics. – 2008. - No. 2. – S. 37-38.
2. Vasilkova V. V. Order and chaos in development of social systems: (Synergetics and theory of social self-organization) [Text] / V. V. Vasilkov // SPb. – 1999.
3. Vernadsky V. I. The life of the awa.people; Ser. biogr.; vol. 800 [Text] / V. I. Vernadsky // M.: Mol.guard. – 2001. – S. 484.
4. Gorshkov V. V. Biotic regulation of the environment [Text] / V. V. Gorshkov // M.: Ecology. – 1999. - No. 2. – S.10-15.
5. Danilov – Danilyan V. I. Possible "co-evolution of nature and society?" [Text] / V. I. Danilov – Danilyan // Problems of philosophy. – 1998. - No. 8. – S. 26-31.
6. Kondratyev K. Y. Perspectives of civilization development: multidimensional analysis [Text] / K. Ya. Kondratyev, V. F. Krapivin, V. P. Savinykh // M.: Logos. – 2003. – s. 576.

7. Korchagin V. A. Socialisticheskiy system of the motor complex [Text] / V. A. Korchagin // Cargo and passenger motor transport service. – 2005. - No. 7. – S.16-20.
8. Korchagin V. A. An integrated system of eco-marketing and ekologistyka steadily for th transport service consumers of high technology products [Text] / V. A. Korchagin, Yu.N. Rizaeva // Izvestiya Samara scientific center of RAS, Togliatti, Russia. – 2011. – s. 112.
9. Korchagin V. A. Noospheregenesis approaches create sociopedagogic-ski transport and logistics systems [Text] / V. A. Korchagin, Yu.N. Rizaeva // Autotrans-tailor an enterprise. – 2012. - No. 1. – S. 45-48.
10. Korchagin V. A. Evidence-based public transport systems [Text] / V. A. Korchagin, Yu.N. Rizaeva, T. V. Korchagina // Fundamental research-tion. – 2012. - No. 11. – S. 148-152.
11. Moiseev N. N. The fate of civilization. The path of reason. [Text] / N. N. Moiseev // M.: NEM-PU. – 1998. – s. 196.
12. Novikov A. N. Environmental monitoring of the impact of transport on the acoustic environment of the city [Text] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasiliev // Repair, re-formation, modernization, No. 6. - 2006. - S. 33-34.
13. Novikov A. N. Ways to reduce the negative impact of road traffic flows on the quality of the acoustic environment [Text] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasiliev // World of transport and technological machines. - 2009. - No. 1. - S. 107-111.
14. Novikov A. N. Managing the impact of the flow of vehicles on the quality of the acoustic environment of the city based on information technology [Text] / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasiliev // proceedings of Orel state technical University. Series: Construction and transport.- No. 4-16. - 2007. - S. 226-232.
15. Sorokin P. A. Major tendencies of our time [Text] // P.A. Sorokin // M.: Nauka. – 1997. – s. 160.
16. Prigogine, I. R. self-organization Process in the insect population [Text] / I. R. Prigozhin, I. Stengers // Synergetics and psychology ... S. 26-33.
17. Uvarov, E. A. self-Developing systems: theoretical and methodological analysis [Text] / E. A. Uvarov // Psycho.-PED. The Magazine Gaudeamus. Tambov. – 2003. - No. 1. – S. 20-33.
18. Aldaihani, Majid. Hybrid scheduling methods for paratransit operations / Majid Aldaihani, Maged M. Dessouky // Computers & Industrial Engineering. - 2003. - V. 45. - S. 75 - 96.
19. Cheung, R. K. An attribute-decision model for cross-border drayage problem / R. Cheung, N. Shi, W. B. Powell, H. P. Simao // Transportation Research. - Part E. - 2008. - № 44. - S. 217 - 234.
20. Lo Hong K. Modeling competitive multi-modal transit services: a nested logit approach / Hong K. Lo, Chun-Wing Yip, Quentin K. Wan // Transportation Research. - Part C. - 2004. - V. 12. - S. 251 - 272.

**Korchagin Victor Alekseevich**

FGBOU VPO «Lipetsk State Technical University»

Address: 398600, Russia, Lipetsk, Moskovskaya, 30

Doctor of technical Sciences, Professor, head of Department «Management of automobile transportation», Honored worker of science of the Russian Federation

E-mail: kafedrauat@mail.ru

**Novikov Alexander Nikolaevich**

FGBOU VO «Oryol State University of name I.S. Turgeneva»

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29

Doctor of technical Sciences, Professor, head of Department of «Service and repair»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Lyapin Sergey Aleksandrovich**

FGBOU VPO «Lipetsk State Technical University»

Address: 398600, Russia, Lipetsk, Moskovskaya, 30

Doctor of technical Sciences, Professor, Dean of the faculty of transport engineers

E-mail: lyapinserg2012@yandex.ru

**Rizaeva Julia Nikolaevna**

FGBOU VPO «Lipetsk State Technical University»

Address: 398600, Russia, Lipetsk, Moskovskaya, 30

Doctor of technical Sciences, associate Professor «Management of automobile transportation»

E-mail: rizaeva.u.n@yandex.ru

УДК 378.146

Ю.Г. САПРОНОВ, С.Г. СОЛОВЬЕВ, Ю.Г. АСЦАТУРОВ

## **О РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ С УЧЕТОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ**

*Рассмотрена методика достижения практико-ориентированных результатов, соответствующих требованиям профессиональных стандартов, потребностям отраслевых рынков труда, конкретным организациям и предприятиям работодателей, являющихся заказчиками специалистов автомобильного профиля.*

**Ключевые слова:** *практико-ориентированные результаты обучения; профессиональные стандарты*

Одной из целей, которые должны быть достигнуты при разработке основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) прикладного бакалавриата по ФГОС ВО 23.03.03 - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» с профилем «Техническая эксплуатация и экспертиза объектов и систем автотранспорта», является её приоритетная ориентация на конечные практико-ориентированные результаты, соответствующие требованиям профессиональных стандартов (ПС), потребностям отраслевых рынков труда и конкретным организациям и предприятиям работодателей, являющихся заказчиками специалистов данного профиля [1].

Номенклатура и наполнение учебных дисциплин и практик ОПОП, объём практической части обучения, тип использованных образовательных технологий и формы реализации образовательного процесса должны обеспечить формирование такого набора компетенций, который позволит выпускнику успешно осуществлять все виды профессиональной деятельности, закрепленные в ОПОП по выбранному им профилю подготовки, на производстве в должностях, предусмотренных ПС.

Рассмотрим один из аспектов разработки ОПОП – определение номенклатуры и содержания дисциплин учебного плана в области общепрофессиональной и специальной подготовки бакалавра с учетом требований профессиональных стандартов.

ПС представляют собой характеристику квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности. Они должны применяться работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления [2].

Разработка ПС в нашей стране началась в 2013 г. и продолжается в настоящее время. На сегодняшний день в национальном реестре по специалистам высшего уровня квалификации по областям профессиональной деятельности, связанным с автомобилестроением, ремонтом и техническим обслуживанием автомобильного транспорта на предприятиях, а также оказанием автосервисных услуг населению и предприятиям содержится 20 утвержденных ПС, 6 проектов находятся в стадии завершения разработки.

В каждом ПС определенного наименования, например, «специалист по мехатронным системам автомобиля» содержится следующая основная информация:

- наименование, код и краткое описание вида профессиональной деятельности, отнесенного ко всем видам экономической деятельности, где этот вид может осуществляться;
- описание трудовых функций и трудовых действий с соответствующими им уровнями квалификаций;

- список наименований возможных занимаемых должностей и требования к уровню образования и обучения;
- квалификационные требования (требования к необходимым умениям и знаниям для выполнения трудовых функций).

Разработка дисциплинарного наполнения учебного плана должна производиться на основании анализа и сопоставления информации и требований, записанных в ФГОС ВО и ОПОП с требованиями одного или нескольких ПС по согласованным видам профессиональной деятельности и трудовым функциям специалиста в одной и той же или родственных сферах производства и предприятий [3]. Эта работа может быть проведена в несколько этапов.

**Этап 1. Создание рабочей группы по разработке ОПОП.** Задачей рабочей группы является разработка согласованных подходов к разработке ОПОП с точки зрения обеспечения учета требований профессиональных стандартов или иных квалификационных требований [3].

С учетом направления и профиля ОПОП, а также основных мест трудоустройства выпускников вуза, освоивших ОПОП (станций технического обслуживания автомобилей, дилерских центров и автотранспортных предприятий), нами создана рабочая группа, в которую вошли представители:

- автотранспортного предприятия «Горавтотранс» (г. Шахты);
- дилерского центра «Тойота Центр ЮГ» (г. Ростов – на – Дону);
- дилера «Ниссан» в г Шахты - «Олимп Моторс»;
- станции технического обслуживания автомобилей «Абсолют – Авто» (г. Шахты), входящую в сеть «Бош – Автосервис»;
- преподаватели различных кафедр, являющиеся членами научно-методического совета направления «Техника и технология наземного транспорта».

**Этап 2. Определение укрупненной выборки ПС для разработки учебного плана.** Для определения укрупненной выборки ПС, которые могут быть использованы при разработке учебного плана, было осуществлено следующее:

1. проведён анализ таких элементов ФГОС и ОП как область профессиональной деятельности, объекты профессиональной деятельности, виды профессиональной деятельности, применительно к направлению и профилю подготовки бакалавров и выбраны ключевые слова и предложения;

2. из национального реестра профессиональных стандартов выбраны все стандарты для специалистов высшего уровня квалификации, включенные в группы областей профессиональной деятельности, установленных для ПС и которые в наибольшей степени, отражают области и объекты профессиональной деятельности, прописанные в ФГОСе. В нашем случае, это группы: 17 – транспорт, 31 - автомобилестроение; 33 – сервис, оказание услуг населению, 40 – сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности;

3. выявлены формальные и смысловые (сущностные) совпадения ключевых слов и предложений со смысловыми частями или полным текстом информации, приведенной в разделе I каждого профессионального стандарта (наименование вида профессиональной деятельности, основная цель профессиональной деятельности и отнесение профессиональной деятельности к видам экономической деятельности).

В генеральную выборку были включены те стандарты, которые имели хотя бы одно вышеуказанное совпадение не менее чем по двум элементам ФГОСа.

Здесь необходимо сделать следующее примечание. После проведения работ разработчиками ФГОС ВО и УМО по актуализации государственных образовательных стандартов с учетом принятых ПС укрупненная группа ПС должна быть указана в ФГОСе [4].

На сегодняшний день, в отсутствие информации об актуализации ФГОС ВО по направлению 23.03.03, в результате выполнения первого этапа в генеральную выборку вошло 19 профессиональных стандартов:

1. ПС – 192. Специалист в области охраны труда;
2. ПС – 200. Специалист промышленного инжиниринга в автомобилестроении;
3. ПС – 202. Специалист по мехатронике в автомобилестроении;
4. ПС – 203. Специалист по инструментальной оснастке в автомобилестроении;
5. ПС – 204. Специалист по мехатронным системам автомобиля;
6. ПС – 208. Специалист окрасочного производства в автомобилестроении;
7. ПС – 210. Специалист по сборке агрегатов и автомобиля;
8. ПС – 217. Специалист по продажам в автомобилестроении;
9. ПС – 218. Специалист по исследованию и анализу рынка автомобилестроения;
10. ПС – 220. Специалист по термообработке в автомобилестроении;
11. ПС – 221. Технолог в автомобилестроении;
12. ПС – 222. Специалист технологической подготовки производства в автомобилестроении;
13. ПС – 223. Специалист по прессовым работам в автомобилестроении;
14. ПС – 224. Специалист по наладке оборудования в автомобилестроении;
15. ПС – 225. Логист автомобилестроения;
16. ПС – 226. Специалист металлообрабатывающего производства в автомобилестроении;
17. ПС – 227. Специалист по металлоконструкциям в автомобилестроении;
18. ПС – 247. Специалист по сертификации продукции;
19. ПС – 250. Специалист по качеству продукции.

### **Этап 3. Определение выборки профессиональных стандартов для разработки ОПОП, реализующей подготовку бакалавров по видам профессиональной деятельности**

Для определения профессиональных стандартов, которые могут быть использованы при проектировании ОПОП и разработке учебного плана, были выполнены следующие работы.

Анализ ФГОС и ПС на предмет совпадения таких элементов ФГОС и ОПОП как виды профессиональной деятельности и профессиональные задачи выпускника, применительно к направлению и профилю подготовки бакалавров, с информацией, представленной в разделе II каждого профессионального стандарта укрупненной выборки (наименование трудовых функций для уровня квалификации, соответствующего уровню профессионального образования – бакалавриат) на предмет установления совпадения.

При рассмотрении ПС членами рабочей группы анализировались все трудовые функции, но приоритет отдавался тем функциям, которые, по мнению представителей работодателей, специалисты должны выполнять при работе на автоэксплуатирующих или автообслуживающих предприятиях. При анализе ПС также учитывалось, что формулировки требований ФГОС ВО и ПС могут формально не совпадать, поэтому сопоставление производилось, прежде всего, по их смысловому содержанию. По количеству содержательных совпадений определялась значимость ПС с позиции его использования при разработке учебного плана (табл. 1).

С учетом того, что на сегодняшний день реестр ПС разработан не в полном объеме, следует иметь в виду, что не все позиции профессиональных задач выпускника ФГОСа найдут соответствие с трудовыми функциями отобранных профессиональных стандартов. А это значит, что дисциплинарное наполнение учебного плана должно пересматриваться по мере включения в реестр новых профессиональных стандартов.

Таблица 1 - Сопоставление профессиональных компетенций ФГОС и трудовых функций ПС применительно к сервисно-эксплуатационной деятельности (выборочно)

| Требования ФГОС   | Требования ПС |                      |   |   |
|---|---------------|----------------------|---|---|
| Компетенции   | Номер ПС      | Уровень квалификации | Обобщенные трудовые функции (ОТФ),<br>трудоуые функции (ТФ)   | Трудовые действия (указываются только для ТФ)   |
| - способностью использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, полученные с применением диагностической аппаратуры, и по косвенным признакам (ПК-39) | 202           | 4                    | ОТФ – Монтаж, ремонт, наладка, регулировка, диагностика и испытания мехатронных систем.                       | -   |
|   | 204           | 4                    | ОТФ - Контроль качества выполнения предпродажной подготовки, технического обслуживания и ремонта автомобиля.  | -   |
|   | 208           | 4                    | ТФ – Определение ремонтпригодности и методов ремонта кузова и деталей.  | Разработка предложений по совершенствованию методов ремонта в зависимости от выявленных дефектов        |
|   | 224           | 4                    | ТФ – Организация и проведение работ по обслуживанию оборудования при технологической подготовке производства. | Техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования. Монтаж технологического оборудования   |
| - владением знаниями нормативов выбора и расстановки технологического оборудования (ПК-42)  | 221           | 4                    | ТФ – Разработка предложений по технологической подготовке производства.                                       | Анализ потребности в оборудовании и материалах для подготовки производства.                             |
|   | 224           | 5                    | ТФ – Организация и проведение работ по технологическому перевооружению производства.                          | Организация и проведение работ по внедрению новых технологических процессов, оборудования и материалов. |

**Этап 4. Формирование перечня профессиональных компетенций, вносимых в ОПОП.** Совокупность компетенций, которые должны быть сформированы у выпускников ОПОП, включает:

- полный набор компетенций из ФГОС, соответствующих данному виду профессиональной деятельности;
- дополнительные компетенции (по необходимости) из ФГОС, отнесенные к другим видам профессиональной деятельности;
- дополнительные компетенции (по необходимости) сформулированные по результатам анализа ПС.

Как известно, профессиональные компетенции могут формироваться образовательной программой на двух или трех уровнях. Первый, базовый уровень компетенции должен быть сформирован у всех выпускников в обязательном порядке. Более высокий уровень компетенций формируется у выпускника вуза в процессе получения практического опыта во время работы (стажировки, прохождения практики) на инженерной должности, а также после прохождения курсов повышения квалификации или профессиональной переподготовки.

Выпускник, обладающий компетенциями базового уровня, должен быть готовым выполнять профессиональные обязанности на всех должностях первой ступени карьерной лестницы. Применительно к ПС эти должности и трудовые функции соответствуют первому по порядку уровню квалификации, требующего бакалаврского образования. В связи с этим,



принято решение перечень компетенций для ОПОП формировать исходя из требований ПС, соответствующих трудовым функциям, прежде всего, данного уровня квалификации. В отдельных случаях, когда компетенция из ФГОСа не должна быть проявлена специалистом при выполнении трудовых функций по требованиям ПС к данному уровню квалификации, анализу подвергались трудовые функции следующего по порядку уровня квалификации [5-7].

Сопоставление компетенций из ФГОСа, соответствующих данному виду профессиональной деятельности и трудовых, в т.ч. обобщенных, функций из ПС показало, что все они хорошо «укладываются» в требования выбранных ПС. Одновременно с этим для удовлетворения требований ПС в перечень компетенций ОПОП необходимо включать дополнительные компетенции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по разработке и реализации образовательных программ высшего образования уровня бакалавриата. Тип образовательной программы «Прикладной бакалавриат». Утверждено зам. министра образования и науки РФ А.А. Климовым 11.09.2014 г. N АК-2916/05.
2. О Правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов: постановление правительства РФ от 22 января 2013 г. №23.
3. Методические рекомендации по разработке основных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов. Утверждено министром образования и науки РФ Д.В. Ливановым 22.01.2015 г. № ДЛ – 1/05вн.
4. Методические рекомендации по актуализации действующих федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования с учетом принимаемых профессиональных стандартов. Утверждено министром образования и науки РФ Д.В. Ливановым 22.01.2015 г. № ДЛ – 2/05вн.
5. Новиков, А.Н. Модульная технология как средство повышения качества обучения в вузе [Текст] / А.Н Новиков, Г.В. Букалова // Стандарты и мониторинг в образовании. - 2001. - №2. - С.39-42.
6. Новиков, А.Н. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения [Текст] / А.Н. Новиков, А.П. Трящин, Ю.Н. Баранов, В.И. Самусенко, А.М. Никитин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2014. - № 4 (44). - С. 188-195.
7. 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. 100-102.

### **Сапронов Юрий Георгиевич**

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: Россия, 346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Шевченко, д. 147

Канд. техн. наук, профессор кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»

E-mail: asobd@sssu.ru

### **Соловьев Сергей Геннадьевич**

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: Россия, 346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Шевченко, д. 147

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»

E-mail: nemnul3@sssu.ru

### **Асатуров Юрий Георгиевич**

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

Адрес: Россия, 346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Шевченко, д. 147

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта»

E-mail: astur73@rambler.ru

YU.G. SAPRONOV, S.G. SOLOVYEV, YU.G. ASTSATUROV

## THE DEVELOPMENT OF BASIC EDUCATION PROFESSIONAL-ENFORCEMENT PROGRAM IN VIEW OF SEASONED PROFESSIONAL STANDART

*The method of achievement of practice-oriented results that meet the requirements of professional standards, the needs of the sectoral labour markets, specific organizations and enterprises of employers that are customers of specialists of the automobile profile.*

**Keywords:** *practice-oriented learning outcomes; professional standards*

### BIBLIOGRAPHY

1. Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke i realizatsii obrazovatel'nykh programm vysshego obrazovaniya urovnya bakalavriata. Tip obrazovatel'noy programmy "Prikladnoy bakalavriat". Utverzhdeno zam. ministra obrazovaniya i nauki RF A.A. Klimovym 11.09.2014 g. N AK-2916/05.
2. O Pravilakh razrabotki, utverzhdeniya i primeneniya professional'nykh standartov: postanovlenie pravitel'stva RF ot 22 yanvarya 2013 g. №23.
3. Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke osnovnykh obrazovatel'nykh programm i dopolnitel'nykh professional'nykh programm s uchetom sootvetstvuyushchikh professional'nykh standartov. Utverzhdeno ministrom obrazovaniya i nauki RF D.V. Livanovym 22.01.2015 g. № DL - 1/05vn.
4. Metodicheskie rekomendatsii po aktualizatsii deystvuyushchikh federal'nykh gosudarstvennykh obrazovatel'nykh standartov vysshego obrazovaniya s uchetom prinimaemykh professional'nykh standartov. Utverzhdeno ministrom obrazovaniya i nauki RF D.V. Livanovym 22.01.2015 g. № DL - 2/05vn.
5. Novikov, A.N. Modul'naya tekhnologiya kak sredstvo povysheniya kachestva obucheniya v vuze [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Standarty i monitoring v obrazovanii. - 2001. - №2. - S.39-42.
6. 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.
7. 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. 100-102.

#### **Sapronov Yuri Georgievich**

Institute of the service sector and enterprise (branch) DSTU

Address: Russia, 346500, Rostov Region, Shakhty, str. Shevchenko Street 147

Candidate. of Tehn. Sciences, Professor. Department «Equipment and technologies road transport»

E-mail: asobd@sssu.ru

#### **Solovyov Sergey Gennadievich**

Institute of the service sector and enterprise (branch) DSTU

Address: Russia, 346500, Rostov Region, Shakhty, str. Shevchenko Street 147

Candidate. of Tehn. Sciences, associate Professor. Department «Equipment and technologies road transport»

E-mail: nemnul3@sssu.ru

#### **Astsaturov Yuri Georgievich**

Institute of the service sector and enterprise (branch) DSTU

Address: Russia, 346500, Rostov Region, Shakhty, str. Shevchenko Street 147

Candidate. of Tehn. Sciences, associate Professor. Department «Equipment and technologies road transport»

E-mail: astur73@rambler.ru

УДК 621-05

Е.А. АЛДОШИНА, А.В. АЛДОШИН, Л.И. ИВАНИНА

## САМОПОЗНАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В ПРОСТРАНСТВЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ: СПЕЦИФИКА И ПРОБЛЕМА АКТИВИЗАЦИИ

*В статье раскрываются проблемы сущности и специфики процессов самопознания и самоуправления психофизическим состоянием инженерных кадров в образовательном пространстве физической культуры показана структура и содержание комплекса условий (организационно-функциональных, процессуально-содержательных, управленческих и информационных) повышения эффективности процессов для разработки индивидуальных проектов здорового стиля жизни и управление ими.*

**Ключевые слова:** самопознание; познавательная деятельность; инженерных кадров; самооценка; физическое совершенство.

Познавательная деятельность, направленная на себя в рамках дисциплины «Физическая культура» заключается в обучении инженерных кадров основам оценки психофизического состояния своего организма и, в конечном счете, - оценке уровня своего здоровья. Инженеры должны знать основы перехода от здоровья к болезни, от нормы к патологии, как следствия постепенного снижения адаптационных возможностей организма, в результате которого возникают и различные пограничные состояния, получившие название донологических состояний. Умение проводить комплексную оценку уровня здоровья позволит им выявить в своем организме слабые звенья и скорректировать свой образ жизни. А для этого они должны знать роль движения, двигательного действия и физических упражнений, составляющих основу физической культуры личности, в собственной жизнедеятельности [1, 2].

Как к способу познания закономерностей работы мозга и управления движениями обратился Н.А. Бернштейн. Им были открыты такие фундаментальные явления в управлении, как сенсорные коррекции, более известные теперь в кибернетике как «обратные связи», принцип иерархического, уровневого управления, концепция физиологии активности и многое другое [4].

В основе всего научного творчества Н.А. Бернштейна лежит его понимание жизнедеятельности организма, где организм рассматривается им не как пассивная реактивная система, отвечающая на внешние стимулы и приспособляющаяся к условиям среды (так считали мыслители периода «классического» механицизма в физиологии), а как созданная в процессе эволюции активная целеустремленная система [4].

Действия организма направлены каждый раз на удовлетворение своих потребностей, на достижение определенной цели, которую Н.А. Бернштейн образно назвал «моделью потребного будущего» [4]. Иначе говоря, процесс жизни есть не «уравновешивание с окружающей средой», а преодоление этой среды, направленное не на сохранение статуса, а на движение в сторону родовой программы развития и самообеспечения. Для выполнения того или другого движения мозг не только посылает определенную «команду» к мышцам, но и получает от периферийных органов чувств сигналы о достигнутых результатах и на их основании дает новые, корректирующие «команды». Таким образом, происходит процесс построения движений, в котором между мозгом и периферийной нервной системой существует не только прямая, но и обратная связь. Для построения движений различной сложности «команды» отдаются на иерархически различных уровнях нервной системы. При автоматизации движений эта функция управления передается на более низкий (неосознаваемый) уровень.

Факторы развития познавательной деятельности Н.А. Бернштейн разделил соответственно на составные компоненты: обучение, воспитание, развитие, где происходит педагогическое воздействие, то есть управление ими с целью развития познавательной деятельности [4].

В обучении (самообразовании) прослеживается формирование учебных и профессио-

нальных мотивов, познавательных интересов, самостоятельности, творчества, инициативы, профессиональной компетентности, учебной успешности; в воспитании (самовоспитании) – формирование когнитивных потребностей, ценностного отношения к профессии и образованию, профессиональной и познавательной направленности, инициативы; в личностном развитии – развитие интеллекта, умственной самостоятельности, мыслительных вербальных и невербальных действий, формирование волевых качеств, мышления.

В статье «Кому и как разрабатывать психологию?» (1873) И. М. Сеченов намечает условия, необходимые и достаточные, по его мнению, для формирования двигательных навыков. К ним он относит пять следующих условий: «При всяком заучивании нужно: чтобы рука предварительно обладала известной степенью поворотливости, чтобы она умела увернуться в любую сторону, сгибаться и разгибаться во всех сочленениях; чтобы она слушалась во всех этих движениях глаза; чтобы человек умел подражать показываемой ему форме движения; чтобы он умел отличать хороший результат правильного движения от дурного результата неправильного и, наконец, чтобы он упражнялся как можно более под контролем достижения нормального результата» [13].

Определено, что получение информации извне осуществляется с помощью сенсорных систем. В случае необходимости происходит анализ и синтез получаемой информации с одновременной интеграцией ее с информацией, извлеченной из памяти. По мере увеличения объема знаний и различных координаций, развития глубокого анализа и синтеза создавшейся ситуации, способности к точным двигательным действиям, расширяется и возможность относительно быстрого «создания» большего разнообразия вариантов решения или создания необходимых двигательных конструкций.

Выявлено, что основой любого сложного целенаправленного движения является предварительное формирование программ в высших отделах центральной нервной системы. Программа определяет конкретные движения для достижения той или иной цели, формируются пространственные, временные и силовые параметры в соответствии с реальной обстановкой [3].

Мысленное моделирование человеком различных событий имеет, как минимум, два аспекта: принятие решения и стратегия решения задач. В их решении главенствующая роль принадлежит ассоциативным зонам мозга, осуществляющим анализ и синтез двигательного действия, программирование поведения. Линия поведения выбирается из некоторого числа альтернативных тактик через проверку мотивационной системы. Процессы предвосхищающего выбора поведения существенно страдают при ограничении физической, умственной активности по различным причинам. Происходит распад поведенческих программ, наблюдается неспособность поддерживать нормальную временную организацию поведения. Программы действий бесцельно повторяются, застаиваются и постепенно стираются. Отсюда физическую пассивность можно рассматривать как определенную «деформацию сознания», возникшую под влиянием отклонений в физическом развитии и состоянии здоровья.

В каждый отдельный момент времени функциональное состояние человека представляет собой целостную совокупность характеристик активированных функциональных систем поведенческого, психологического, нейрофизиологического и других иерархических уровней организаций, обеспечивающих достижение социально значимого результата. Отсутствие между ними обусловленности ведет к разбалансировке систем, дополнительным эмоциональным нагрузкам, формированию инертного мышления, угнетению ориентировочно-исследовательской деятельности, негативному отношению к обучению, неврозам. Нередко устанавливаемая «высокая планка», даже для способного к обучению человека, не всегда позволяет преодолеть предлагаемое задание чисто физически.

Взаимосвязь между характеристиками психомоторики, уровнем интеллектуального развития и успешностью школьного обучения у подростков показали, что в наибольшей степени стремление к целостному познанию человека отражается в единстве его физического, умственного и нравственного развития. Успешное выполнения действия, требующие тонкой зрительно-моторной координации, тем выше интеллектуальные

показатели, в особенности невербальные, тем выше успеваемость и другие показатели познавательных способностей, и наоборот. Мозг способен контролировать приток раздражителей и интенсивность двигательной деятельности, а тем самым и уровень собственной активности [8, 9].

Познавая мир через систему своих ценностей, человек делает их опорными точками духовного, интеллектуального, чувственного и физического мира. Индивидуальный опыт приобретается различными путями, в основе которых лежит общая способность человека к обучению (самосовершенствованию), тесно связанная со свойством фиксировать на определенный момент времени элементы, то есть обладать памятью. Различная деятельность, общение, изменение мотивационной структуры и потребности, биологические, психические процессы, происходящие в личности, – все это влияет на результат воспитания. Применение результатов собственного двигательного опыта в значительной мере способствует становлению и развитию познавательных интересов и активности [7, 9].

Таким образом, физические упражнения являются важнейшим элементом познания мира, саморазвития и соответственно самоуправления самим собой. Выполнение различных физических упражнений позволяет проникать во внутренние психические процессы личности, вести наблюдение и управление этими процессами через предметные действия. Управляя информацией и превращая ее в знания для использования разнообразных физических упражнений, человек улучшает свое физическое состояние и подготовленность, физически совершенствуется.

Физическое совершенство отражает такую степень физических возможностей, ее пластической свободы, которые позволяют личности наиболее полно реализовывать свои сущностные силы, успешно принимать участие в необходимых обществу и желательных для нее видах социально-трудовой деятельности, усиливают ее адаптивные возможности и рост на этой основе социальной отдачи. Степень физического совершенства определяется тем, насколько прочную основу оно представляет для дальнейшего развития, в какой мере оно «открыто» новым качественным изменениям и создает условия для перевода личности в иное, более совершенное качество. Этим и обеспечивается механизм перехода управления в самоуправление.

В пространстве физической культуры кругозор личности определяется знаниями. Их можно разделить: теоретические, методические и практические. Теоретические знания охватывают историю развития физической культуры, закономерности работы организма человека в двигательной деятельности и выполнения двигательных действий, физического самовоспитания и самосовершенствования, самоорганизации и саморегуляции, самоконтроля и самокоррекции. Эти знания необходимы для объяснения и связаны с вопросом «почему?». Методические знания обеспечивают возможность получить ответ на вопрос: «Как использовать теоретические знания на практике, как реализовать самоуправление информацией в сфере физической культуры?» Практические знания характеризуют ответ на вопрос: «Как эффективно выполнять то или иное физическое упражнение, двигательное действие?»

Знания необходимы для самопознания личности в процессе физкультурно-спортивной деятельности. Прежде всего, это относится к самосознанию, то есть осознанию себя как личности, осознанию своих интересов, стремлений, переживаний. Переживание различных эмоций, сопровождающих самопознание, формирует отношение к себе и образует самооценку личности. Она имеет две стороны: содержательную (знания) и эмоциональную (отношение). Знания о себе соотносятся со знаниями о других и с идеалом. В результате выносятся суждение, что у индивида лучше, а что хуже, чем у других, и как соответствовать идеалу, выносятся оценка самому себе.

Самооценка – это результат сравнительного познания себя, а не просто констатация наличных возможностей. В связи с самооценкой возникают такие личностные качества, как самоуважение, тщеславие, честолюбие. Самооценка имеет ряд функций: сравнительного познания себя (чего я стою); прогностическая (что я могу); регулятивная (что я должен делать, чтобы не потерять самоуважение, иметь душевный комфорт).

В процессе физической подготовки инженер ставит перед собой цели определенной трудности, то есть имеет определенный уровень притязаний, который должен быть адекват-

ным его реальным возможностям. Если уровень притязаний занижен, то это может сковывать инициативу и активность личности в физическом совершенствовании; завышенный уровень может привести к разочарованию в занятиях, потере веры в свои силы.

Убеждения определяют направленность оценок и взглядов личности в пространстве физической культуры, побуждают ее активность, становятся принципами ее поведения, придают поступкам особую значимость и направленность.

Потребности в физической культуре – главная побудительная, направляющая и регулирующая сила поведения личности. Они имеют широкий спектр: потребность в движениях и физических нагрузках; в общении, контактах и проведении свободного времени в кругу друзей; в играх, развлечениях, отдыхе, эмоциональной разрядке; в самоутверждении, укреплении позиций своего Я; в познании; в эстетическом наслаждении; в улучшении качества физкультурно-спортивных занятий, в комфорте и др. Удовлетворение потребностей сопровождается положительными эмоциональными состояниями (радость, счастье), при неудовлетворении – отрицательными (отчаяние, разочарование, печаль). Обычно выбирается тот вид деятельности, который в большей степени позволяет удовлетворить возникшую потребность и получить положительные эмоции.

Возникающая на основе потребностей система мотивов определяет направленность личности, стимулирует и мобилизует ее на проявление активности в физической культуре. Можно выделить следующие мотивы:

- физического совершенствования, связанные со стремлением ускорить темпы собственного развития, занять достойное место в своем окружении, добиться признания, уважения;
- дружеской солидарности, продиктованные желанием быть вместе с друзьями, общаться, сотрудничать с ними;
- долженствования, связанные с необходимостью посещать занятия по физической подготовке, выполнять требования учебной программы;
- соперничества, характеризующие стремление выделиться, самоутвердиться в своей среде, добиться авторитета, поднять свой престиж, быть первым, достичь как можно большего;
- подражания, связанные со стремлением быть похожим на тех, кто достиг определенных успехов в физкультурно-спортивной деятельности или обладает особыми качествами и достоинствами, приобретенными в результате занятий;
- спортивные, определяющие стремление добиться каких-либо значительных результатов;
- процессуальные, когда внимание сосредоточено не на результате своей деятельности, а на самом процессе;
- игровые, выступающие средством развлечения, нервной разрядки, отдыха;
- комфортности, определяющие желание заниматься физическими упражнениями в благоприятных условиях, и др.

В побуждении инженерных кадров к самопознанию в процессе занятий физической культурой и спортом значительную роль играют интересы. Они отражают избирательное отношение человека к объекту, обладающему важностью и эмоциональной привлекательностью. Когда уровень осознания интереса невысок, преобладает эмоциональная привлекательность. Чем выше этот уровень, тем большую роль играет объективная значимость. В интересе отражаются потребности человека и средства их удовлетворения.

Интересы обычно возникают на основе тех мотивов и целей физкультурно-спортивной деятельности, которые связаны:

- с удовлетворением процессом занятий (динамичность, эмоциональность, новизна, разнообразие, общение и др.);
- с результатами занятий (приобретение новых знаний, умений и навыков, овладение разнообразными двигательными действиями, испытание себя, улучшение результата и др.);

- с перспективой занятий (физическое совершенство и гармоничное развитие, воспитание личностных качеств, укрепление здоровья, повышение спортивной квалификации и др.).

Процесс физической подготовки отличает то, что в нем объективно-научный и чувственный, переживаемый, ценностный компоненты соединены, не существуют друг без друга и обуславливаются одним источником – практическим отношением к окружающей действительности. Возникновение неспецифической активизации, создаваемой формирующей системой, процессом физического воспитания, регулирует психофизическое состояние организма.

Особенно важно, чтобы процесс физической подготовки не только обеспечивался необходимым количеством поднятых килограммов и пробегаемых метров, подтягиваний и прыжков, а воздействием на биосоциальную целостность человека. Невозможно судить о физической культуре личности, опираясь лишь на развитие ее физических возможностей, без учета ее мыслей, чувств, ценностных ориентаций, направленности и степени развитости интересов, потребностей, убеждений.

Психологический механизм самоуправления довольно сложен. Личность выборочно относится к внешнему воспитательному или обучающему воздействию. Она принимает или отвергает его, являясь тем самым активным регулятором собственной физической и психической деятельности. Всякое изменение в развитии личности происходит как ее собственный эмоциональный выбор или сознательное решение, то есть регулируется личностью «изнутри». Основу внутреннего саморегулирующего механизма представляют интегральные качества: потребности, направленность (интересы, убеждения, социальные установки, ценностные ориентации, мировоззрение), Я-концепция.

Для того чтобы представить механизм самоуправления, необходимо определить сущность и структуру понятия «самоуправление». В анализируемое понятие входит два слова «само» и «управление». Управление принято трактовать как функцию организованных систем различной природы, обеспечивающую сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности.

Сам процесс управления заключается в том, что управляющее начало контролирует управляемое и своими действиями побуждает управляемое изменять свои параметры для достижения результатов. Таким образом, управление – это, прежде всего, действие субъекта управления над объектом или иначе наиболее общий случай процесса осознанной деятельности разумного существа [12].

Управление - деятельность субъекта, направленная на себя или на внешние, по отношению к себе, объекты, субъекты с целью их преобразования или изменения их свойств, по заранее-продуманному плану по достижению желаемой цели.

Слово «само» означает как раз направленность действия на того, кто его производит. Самоуправление – это управление, но направленное на сам субъект, на его деятельность и осуществляемое самим субъектом управления. В качестве субъекта может выступать и отдельный человек. При этом диалектика связи между управлением и самоуправлением довольно непростая. Человек одновременно и объект управления и субъект управления психическими процессами, действиями, поведением. В данном случае органом управления выступает его личность, которая является организатором, формирующим способность к деятельности, свою активность. Человек по отношению к своей деятельности является и объектом и субъектом управления: он принимает решение, дает сам себе команду, выполняет ее, при этом контролируя свои действия. Уровень самоуправления – одна из главных характеристик личностного развития [14].

Самоуправление выступает как набор определенных характеристик учения. В широком смысле этого слова самоуправление – это управление обучаемого своими умственными и практическими действиями.

Эффективность жизнедеятельности личности в значительной мере обусловлена степенью сформированности отдельных моментов и структуры самоуправления: целеполагания, прогнозирования, планирования, самоконтроля, способности на их основе изменить процесс общения, свое поведение и деятельность. В большинстве случаев овладение этими элемен-

тами и объединение их в целостную структуру самоуправления происходит стихийно, методом «проб» и «ошибок». Но именно целостная система самоуправления придает процессу деятельности и общения целенаправленность и обеспечивает его эффективность [10]. В другой трактовке самоуправление - это самостоятельный, специфический вид активности человека наряду с выделенными ранее четырьмя другими видами активности – субъективными переживаниями, деятельностью, поведением и общением [15-20].

Таким образом, анализ многочисленных данных позволяет констатировать, что самоуправление – это комплексное понятие, включающее целеполагание, прогнозирование, планирование средств, с помощью которых достигаются цели реализации программы, самоконтроль, коррекция результатов со стороны субъекта деятельности. Самоуправление выступает характеристикой деятельности, способность к самоуправлению – качество, обеспечивающее осознанность, целевую направленность на эффективность деятельности. Все этапы целостного процесса самоуправления представляют собой усложняющиеся организации, включающие в себя предыдущие этапы в измененном, трансформированном виде. При этом самый сложный – последний этап, включающий все предыдущие [11].

Задачи этапа профессиональной подготовки и в частности физической подготовки определяют роль и значение информации, полученной по каждому из указанных направлений [5, 6]. У каждого инженера есть свои сильные и слабые стороны, причем первые могут компенсировать наличие вторых. Это характерно для любого этапа подготовки, а также профессиональной деятельности. Наиболее типичные варианты компенсации осуществляются следующим образом:

- недостаток тактического мышления компенсируется через ускорение быстроты двигательной реакции, устойчивости и распределение внимания, чувства времени, дистанции и пр.;
- недостатки в распределении внимания компенсируются быстротой восприятия и мыслительных операций, точностью мышечно-двигательных дифференциаций;
- недостаточная скорость двигательных реакций компенсируется способностью прогнозирования, чувством дистанции, чувством времени, пространства, распределением внимания и его устойчивостью, тактическим мышлением;
- недостаточная точность двигательных дифференциаций компенсируются вниманием, быстротой двигательной реакции, чувством времени и пр.

В ряде исследований обоснованно отмечается, что оптимальная реализация самоуправления как средства подготовки будущих инженерных кадров в образовательном учреждении достижима при соблюдении определенных организационных и психолого-педагогических условий. Так, общими для всех анализируемых работ являются следующие условия [4]:

- приближение системы самоуправления по основным формам и содержанию к будущей профессиональной деятельности;
- компетентность профессионального педагогического руководства самоуправлением;
- максимальная опора на мотивы участия в самоуправленческой деятельности;
- учет индивидуальных особенностей;
- наличие теоретических знаний, практических умений и навыков в области самоуправленческой деятельности;
- самостоятельная активность;
- поэтапное формирование самоуправления;
- социально-культурно-этнические особенности;
- качество методического обеспечения учебного процесса, то есть обеспечение дидактического процесса соответствующими методиками – совокупностью методов, методических приемов, частных методических процедур и операций;
- качество программно-методических комплексов, представляющих совокупность программных продуктов учебного назначения, созданных под конкретные методики обучения;
- преемственность в изучении естественно-научных, общепрофессиональных и специальных дисциплин, реализация междисциплинарных связей;
- учет возможных затруднений и способов их преодоления.



Таким образом, содержание сложного и достаточно противоречивого процесса формирования самоуправления обучающегося можно представить более полно только с учетом влияния социальных, гносеологических, психологических факторов и условий, в их единстве и взаимосвязи. Учитывая специфику учебной работы будущих инженеров в системе образования, повышение требований к их самостоятельности и активности, а также необходимости индивидуализации процесса обучения, одним из эффективных путей решения данного вопроса является активное самоуправление студентом своей познавательной деятельностью, выступающей как цель, процесс и результат деятельности, а также как способность, обеспечивающая осознанность, целевую направленность и эффективность управления психофизическими состояниями в образовательном пространстве физической культуры.

Полагаем, что особое значение для формирования эффективного самоуправления инженерными кадрами имеет разработка форм, способов и средств рациональной организации самостоятельной работы на аудиторных занятиях и во внеаудиторное время; исследование механизма, структуры, особенностей процесса самостоятельной работы в познавательной деятельности. В предлагаемой статье раскрываются вопросы изучения возможностей самого инженера включаться в процесс управления и самим собой, поскольку он должен в органичном единстве осваивать предметную и организационную стороны учения в целом и в сфере физической культуры в частности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, В.И. Проблемы педагогического мониторинга качества образования [Текст] / В.И. Андреев // Известия Российской Академии образования. - 2001. - № 1. - С. 35-37.
2. Асташина, М.П. Здоровье и образ жизни школьников, студентов и призывной молодежи: состояние проблемы, пути решения [Текст]: монография / М.П. Асташина. - Н. Новгород, 2005. - 312 с.
3. Бароненко, В.А. Основы здорового образа жизни [Текст]: учебное пособие / В.А. Бароненко, В.Н. Люберцев, Л.А. Рапопорт. - Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 1999. - 410 с.
4. Бернштейн, Н.А. Некоторые назревающие проблемы регуляции двигательных актов [Текст] / Н.А. Бернштейн // Вопросы психологии. - 1957. - № 6. - С. 70-91.
5. Богданов, В.М. Информационные технологии обучения в преподавании физической культуры [Текст] / В.М. Богданов // Теория и практика физической культуры. - 2001. - № 8. - С. 55-59.
6. Виленский, М.Я. Физическая культура как базовый компонент профессионально-личностного развития учителя [Текст] / М.Я. Виленский, В.С. Макеева // Педагогическое образование и наука. - 2003. - № 3. - С. 10-15.
7. Макеева, В.С. Управление психофизическим состоянием студентов в процессе физического воспитания [Текст] / В.С. Макеева // Образование и самообразование». - 2009. - С. 225-230.
8. Макеева, В.С. Самооценка психофизического состояния в процессе физической подготовки курсантов вузов МВД России, обучающихся по профилю ГИБДД [Текст]: учебное пособие / В.С. Макеева; под ред. В.С. Макеева, А.В. Алдошина, А.В. Кирикова, С.А. Моськина. - Орел: Орловский юридический институт МВД России. - 2010. - 100 с.
9. Матова, М.А. Формирование асимметрии и симметрии зрительного восприятия в процессе практической деятельности человека [Текст] / М.А. Матова. - 1980. - № 1. С. 64-72.
10. Пейсахов, Н.М. Развитие самоуправления в учебно-познавательной деятельности [Текст] / Н.М. Пейсахов. - М.: Педагогика, 1985. - 144 с.
11. Петкова, И.И. Самостоятельность учащихся в организации познавательной деятельности при решении профессиональных задач и ее воспитание в процессе обучения [Текст] / И.И. Петкова, З.А. Решетова // Психолого-педагогические проблемы профессионального обучения. - М. - 1979. - С. 32-37.
12. Полянский, В.П. Формирование теории и совершенствование практики профессионально-прикладной физической культуры как особого социокультурного образования [Текст] / В.П. Полянский // Теория и практика физической культуры. - 2008. - № 5. - С. 12-17.
13. Сеченов, И.М. Физиология нервной системы [Текст] / И.М. Сеченов. - М. - 1866. - 544 с.
14. Тузиков, А.Р. Развитие самоуправления в учебной деятельности учащихся СПТУ [Текст] / А.Р. Тузиков. - Казань, 1987. - 217 с.
15. Шевцов, С.А. Саморегуляция здоровья в повседневной жизни [Текст] / С.А. Шевцов. - СПб.: изд. «ДИЛЯ», 2005. - 160 с.
16. Новиков, А.Н. Норма результата образования автотранспортного профиля в аспекте качественных характеристик трудовых ресурсов [Текст]: сборник статей VII Международной научно-технической конференции/ЮЗГУ / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015). - Курск, 2015. - С. 153-159.

17. Васильева, В.В. Экологическое образование и воспитание в вузе [Текст]: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 7 частях. ООО «АР-Консалт» / В.В. Васильева // Перспективы развития науки и образования, 2013. - С. 64-65.

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

19. Новиков, А.Н. Систематизация признаков и функций образовательно-педагогических норм [Текст] / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». - Серия «Теория и методика профессионального образования». - 2011. - №3(48).

20. Букалова, Г.В. Профессиональная компетентность как дидактическая категория образовательного процесса [Текст] / Г.В. Букалова, А.Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: ОрёлГТУ, №3(23). – 2009. – С. 104-109.

**Иванина Лариса Ивановна**

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

Адрес: 302019, г. Орел, ул. Генерала родина, д.69

Старший преподаватель кафедры «Физвоспитание»

E-mail: sportogau57@mail.ru

**Алдошина Евгения Александровна**

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

Адрес: 302019, г. Орел, ул. Генерала родина, д.69

Канд. пед. наук, доцент кафедры «Физвоспитание»

E-mail: sportogau57@mail.ru

**Алдошин Андрей Витальевич**

Орловский юридический институт МВД России имени В.В. Лукьянова

Канд. пед. наук, доцент кафедры «Физическая подготовка и спорт»

---

E.A. ALDOSHIN, A.V. ALESHIN, L.I. IVONINA

## SELF ENGINEERING TRAINING IN SPACE PHYSICAL EDUCATION: SPECIFICITY AND PROBLEM ACTIVATION

*In the article the problem of essence and nature of processes of self-knowledge and self-psycho-physical condition engineering staff in educational space of physical culture shows the structure and content of the set of conditions (organizational, functional, procedural and substantive, managerial and information) improve the efficiency of processes for the development of individual projects healthy life style and manage.*

**Keywords:** cognition; cognitive activity; engineering staff; self-esteem; physical perfection.

### BIBLIOGRAPHY

1. Andreev, V.I. Problemy pedagogicheskogo monitoringa kachestva obrazovaniya [Tekst] / V.I. Andreev // Izvestiya Rossiyskoy Akademii obrazovaniya. - 2001. - № 1. - S. 35-37.
2. Astashina, M.P. Zdorov'e i obraz zhizni shkol'nikov, studentov i prizyvnoy molodezhi: sostoyanie problemy, puti resheniya [Tekst]: monografiya / M.P. Astashina. - N. Novgorod, 2005. - 312 s.
3. Baronenko, V.A. Osnovy zdorovogo obraza zhizni [Tekst]: uchebnoe posobie / V.A. Baronenko, V.N. Lyubertsev, L.A. Rapoport. - Ekaterinburg: Izd-vo UGTU, 1999. - 410 s.
4. Bernshteyn, N.A. Nekotorye nazrevayushchie problemy regulyatsii dvigatel'nykh aktov [Tekst] / N.A. Bernshteyn // Voprosy psikhologii. - 1957. - № 6. - S. 70-91.
5. Bogdanov, V.M. Informatsionnye tekhnologii obucheniya v prepodavanii fizicheskoy kul'tury [Tekst] / V.M. Bogdanov // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. - 2001. - № 8. - S. 55-59.
6. Vilenskiy, M.YA. Fizicheskaya kul'tura kak bazovyy komponent professional'no-lichnostnogo razvitiya uchitelya [Tekst] / M.YA. Vilenskiy, V.S. Makeeva // Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka. - 2003. - № 3. - S. 10-15.
7. Makeeva, V.S. Upravlenie psikhofizicheskim sostoyaniem studentov v protsesse fizicheskogo vospitaniya [Tekst] / V.S. Makeeva // Obrazovanie i samoobrazovanie". - 2009. - S. 225-230.
8. Makeeva, V.S. Samootsenka psikhofizicheskogo sostoyaniya v protsesse fizicheskoy podgotovki kursantov vuzov MVD Rossii, obuchayushchikhsya po profilyu GIBDD [Tekst]: uchebnoe posobie / V.S. Makeeva; pod red. V.S. Makeeva, A.V. Aldoshina, A.V. Kirikova, S.A. Mos`kina. - Орел: Орловский юридический институт МВД России. - 2010. - 100 s.
9. Matova, M.A. Formirovanie asimmetrii i simmetrii zritel'nogo vospriyatiya v protsesse prakticheskoy

deyatel'nosti cheloveka [Tekst] / M.A. Matova. - 1980. - № 1. S. 64-72.

10. Peysakhov, N.M. Razvitie samoupravleniya v uchebno-poznavatel'noy deyatel'nosti [Tekst] / N.M. Peysakhov. - M.: Pedagogika, 1985. - 144 s.

11. Petkova, I.I. Samostoyatel'nost' uchashchikhsya v organizatsii poznavatel'noy deyatel'nosti pri re-shenii professional'nykh zadach i ee vospitanie v protsesse obucheniya [Tekst] / I.I. Petkova, Z.A. Reshetova // Psikhologo-pedagogicheskie problemy professional'nogo obucheniya. - M. - 1979. - S. 32-37.

12. Polyanskiy, V.P. Formirovanie teorii i sovershenstvovanie praktiki professional'no-prikladnoy fizicheskoy kul'tury kak osobogo sotsiokul'turnogo obrazovaniya [Tekst] / V.P. Polyanskiy // Teo-riya i praktika fizicheskoy kul'tury. - 2008. - № 5. - S. 12-17.

13. Sechenov, I.M. Fiziologiya nervnoy sistemy [Tekst] / I.M. Sechenov. - M. - 1866. - 544 s.

14. Tuzikov, A.R. Razvitiye6 samoupravleniya v uchebnoy deyatel'nosti uchashchikhsya SPTU [Tekst] / A.R. Tuzikov. - Kazan', 1987. - 217 s.

15. Shevtsov, S.A. Samoregulyatsiya zdorov'ya v povsednevnoy zhizni [Tekst] / S.A. Shevtsov. - SPb.: izd. "DILYA", 2005. - 160 s.

16. Novikov, A.N. Norma rezul'tata obrazovaniya avtotransportnogo profilya v aspekte kachestvennykh kharakteristik trudovykh resursov [Tekst]: sbornik statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii/YUZGU / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2015). - Kursk, 2015. - S. 153-159.

17. Vasil'eva, V.V. Ekologicheskoe obrazovanie i vospitanie v vuze [Tekst]: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 7 chastyakh. OOO "AR-Konsalt" / V.V. Vasil'eva // Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya, 2013. - S. 64-65.

18. 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. - 2012. - №3(38). - S. 100-102.

19. Novikov, A.N. Sistematizatsiya priznakov i funktsiy obrazovatel'no-pedagogicheskikh norm [Tekst] / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Vestnik FGOU VPO "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet im. V.P. Goryachkina". - Seriya "Teoriya i metodika professional'nogo obrazovaniya". - 2011. - №3(48).

20. Bukalova, G.V. Professional'naya kompetentnost' kak didakticheskaya kategoriya obrazovatel'nogo protsesssa [Tekst] / G.V. Bukalova, A.N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: OriolGTU, №3(23). - 2009. - S. 104-109.

**Ivanina Larisa Ivanovna**

FGBOU VPO «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, Orel, st. General homeland, d.69

Senior lecturer of «Physical Training»

E-mail: sportogau57@mail.ru

**Aldoshina Evgenia Aleksandrovna**

FGBOU VPO «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, Orel, st. General homeland, d.69

Kand. ped. Sciences, Associate Professor of the Department «Physical Training»

E-mail: sportogau57@mail.ru

**Aldoshin Andrew Vital'evich**

Orel Law Institute of the Russian Interior Ministry named VV Lukyanov

Kand. ped. Sciences, Associate Professor of the Department «Physical training and sport»

E-mail: sport@orelsau.ru

**ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

УДК 656.072

В.А. ГАВРИКОВ, Е.С. ЮДИНА

**АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*Проведен анализ проблем развития конкуренции на рынке городских пассажирских перевозок, и разработаны теоретические положения и научно-методические рекомендации по формированию и развитию конкурентной среды на рассматриваемом рынке. Результаты представляют собой практические рекомендации, которые могут быть использованы в деятельности региональных и местных органов власти целью формирования единого механизма развития и регулирования конкурентной среды рынка городских пассажирских перевозок.*

**Ключевые слова:** *автотранспортное предприятие, конкурентная среда, пассажирские перевозки.*

Развитие конкуренции на рынке автотранспортных услуг в настоящее время проходит в сложных специфических условиях. Разобщенность субъектов и объектов транспортной инфраструктуры, отсутствие действенных механизмов государственного регулирования автотранспортной деятельности, хаотичность и отсутствие множества процессов, обеспечивающих эффективное функционирование отрасли, привели к значительному снижению качества автотранспортных услуг и эффективности работы автотранспортных организаций [1-3].

Основная задача конкуренции поддерживать спонтанный порядок, независимый от воли и желания отдельных субъектов рынка. Ф. Хейк считает, что такой порядок представляет собой взаимоприспособление стратегий субъектов рынка осуществляемых по принципу отрицательной обратной связи. При установлении конкурентного порядка, который формируется в определенных условиях и зависит от факторов и инструментов воздействия со стороны государства, рынок становится самоорганизующейся и саморегулирующей системой [4].

Данный порядок сохраняется при условии создания и поддержания на рынке конкурентной среды. В экономической литературе встречаются различные трактовки содержания категории «конкурентная среда». Множественные трактовки этого понятия объясняются различными позициями экономистов, к примеру, такие ученые как Г.Л. Азоев, Ф. Хаейк, М. Портер основной акцент делают на поведенческой концепции конкуренции, как совокупности взаимонезависимых попыток различных продавцов установить контроль на рынке [5,6], при этом, другие ученые - на институциональной (структурной) концепции конкуренции (С.Л. Брю, К.Р.Макконнелл, Т.Ю. Овсянникова, А.С. Новоселов [7-9]), третьи - на сочетании этих двух концепций (Л. Самуэльсон, Д. Хейнч, Дж. Грайм, Р. Пиндайк [10,11]).

Соглашаясь с такими учеными, как А. Блинов [12], Н. Усик [13], Г. Дубнянская [14], мы считаем, что в формировании конкурентной среды важнейшее место должно отдаваться государству. Государство, посредством разработки и совершенствования законодательства, контроля над структурой рынка, предотвращения злоупотреблений рыночной власти, стимулирования предпринимательской деятельности должно создавать базовые условия для формирования и развития конкурентной среды.

Развитая конкурентная среда рынка автотранспортных услуг дает возможность автотранспортным предприятиям обнаруживать и использовать возможности получения прибыли на этом рынке посредством удовлетворения потребностей потребителей [15]. Высокий уровень административных и экономических барьеров для входа на рынок, а также инфраструктурные ограничения значительно снижают темпы развития конкурентной среды на рассматриваемом рынке. Рассматривая перевозки пассажиров автобусами малой и средней вместимости, можно отметить, что для этого сегмента экономические барьеры входа не высоки и легко преодолимы. Транспортные средства быстро окупаются, наиболее распространенное транспортное средство - микроавтобус, в среднем окупается за год. Наиболее существенны-

ми экономические барьеры становятся, если речь идет о перевозках автобусами большой и особо большой вместимости, не каждые хозяйствующие субъекты могут их преодолеть.

Основной проблемой развития конкуренции на рынках городских пассажирских перевозок, на наш взгляд, являются административные барьеры, сгруппируем их в виде схемы [16] (рис. 1).

Сами предприниматели регистрацию предприятия не считают существенным барьером для входа на рынок. Однако уже на этой стадии появляются непроизводительные потери предпринимателей.

Как показывает практика, лицензирование также не является непреодолимым барьером, многие специалисты и предприниматели считают, что лицензирование изжило себя и превратилось в простую формальность.



Рисунок 1 - Административные барьеры входа на рынок городских пассажирских перевозок

Более существенным административным барьером для крупных частных перевозчиков является конкурсная система, на основании которой перевозчики закрепляются за конкретным маршрутом перевозок. А для малых предприятий и индивидуальных предпринимателей такая система становится и вовсе непреодолимым барьером, поскольку условием допуска к участию в конкурсах является, как правило, достаточно большое число транспортных средств, позволяющее осуществлять перевозки одному хозяйствующему субъекту на рассматриваемом маршруте [17, 18].

Тарифное регулирование также является серьезным административным барьером входа на рынок городских пассажирских перевозок, сдерживающим развитие ценовой конкуренции, которая при наличии дублирующих маршрутов и совпадающих участков разных маршрутов способна обеспечить снижение цены проезда.

На примере Волгограда рассмотрим влияние тарифного регулирования, в виде установления фиксированного тарифа, на развитие конкуренции на рынке городских пассажирских перевозок и динамику изменения цены проезда в общественном транспорте. В результате дерегулирования тарифов в Волгограде перевозчики установили тарифы на маршруты в зависимости от длины маршрута, времени суток, и от насыщенности маршрута.

Тариф менялся не только в зависимости от насыщенности маршрута, но и от уровня конкуренции на протяжении одного маршрута, т.е. на накладывающихся участках разных маршрутов, где конкуренция за перевозчика обострялась, устанавливался тариф существенно ниже, чем на остальной части маршрута.

В результате такая практика позволила при 30%-ном увеличении стоимости топлива сохранить тарифы на прежнем уровне. Однако после введения администрацией тарифного регулирования стоимость проезда в городском общественном транспорте существенно возросла. То есть даже введенный минимальный тариф превышал тарифы, сложившиеся в результате конкурентной борьбы перевозчиков.

Также, рассматривая вопрос развития конкуренции на рынке городских пассажирских перевозок, следует проанализировать схемы улично-дорожных сетей российских городов. Большинство из них спланировано по радиально-кольцевому принципу. В связи с этим маршрутная сеть городского пассажирского транспорта, как правило, не имеет параллельных маршрутов и редко имеет совпадающие участки нескольких маршрутов. В сложившейся ситуации пассажир может добраться до нужного места по единственному маршруту. Говоря о конкуренции на рынке городских пассажирских перевозок, следует учитывать, есть ли у пассажира возможность выбора перевозчиков. Принимая во внимание, что правом на осуществление перевозок на конкретном маршруте обладает лишь один перевозчик, пассажиру не предоставляется право выбора перевозчика, так как их просто нет на данном маршруте. Городской рынок оказывается разделенным по территориальному принципу на ряд локальных рынков-маршрутов, на которых хозяйствующий субъект, осуществляющий перевозки, является монополистом. В такой ситуации отношения «пассажир – перевозчик» не являются в полном смысле рыночными. Пассажир выбирает не того перевозчика, у которого низкие цены и высокое качество услуг, а того, кто едет по нужному ему маршруту. Исключения бывают лишь в том случае, когда несколько маршрутов на каком-то своем участке совпадают, т.е. накладываются друг на друга, и только для тех пассажиров, у которых маршрут их передвижения лежит в пределах этого участка, есть право выбора перевозчика, то есть на этом участке существует реальная конкуренция.

Таким образом, можно сделать вывод, что специфика транспортной инфраструктуры обусловила структуру рынка городских пассажирских перевозок, которая представляет собой частично связанные локальные рынки, географическими границами которых являются маршруты.

Серьезным фактором, сдерживающим конкуренцию на рынке городских пассажирских перевозок, является «теневой» сектор перевозчиков, которые не являются самостоятельными игроками на рынке перевозок. Структуру такого рынка представим на рисунке 2.

Этот сектор образован малыми предприятиями и индивидуальными предпринимателями, которые в силу специфики конкурсного отбора не смогли получить право работы на городских рынках пассажирских перевозок.

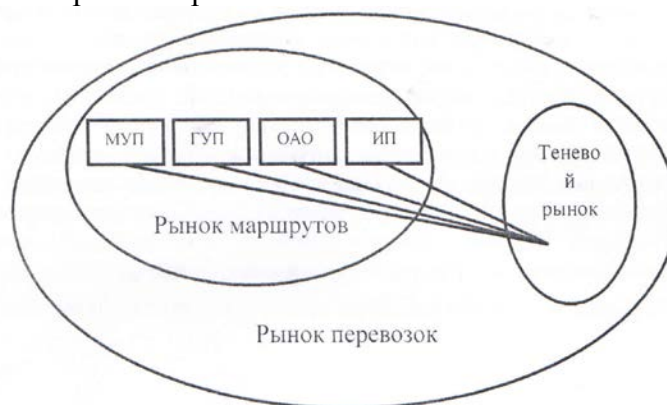


Рисунок 2 - Рынок городских пассажирских перевозок

В результате рынок городских пассажирских перевозок деструктурирован: правовые формы обусловлены не реальными отношениями, а минимизацией налогообложения. Из этого делаем следующий вывод: ограничение доступа малых предприятий и индивидуальных предприятий на рынок городских пассажирских перевозок является одной из причин сдерживания конкуренции, увеличения стоимости перевозок и создания рынков маршрутов.

Также такое положение на рынке городских пассажирских перевозок привело к тому, что у заказчика перевозок, в роли которого выступают органы местного самоуправления, отсутствуют инструменты воздействия на перевозчика в случае невыполнения или несоблюдения договорных обязательств.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что существующие подходы к организации работы городского пассажирского транспорта привели к ограничению конкуренции, к возникновению предпосылок коррупции, лоббированию интересов отдельных хозяйствующих субъектов и повышению тарифов.

С целью дальнейшего анализа рынка городских пассажирских перевозок и разработки методических рекомендаций по повышению качества транспортного обслуживания населения, при непосредственном участии автора [19], было проведено обследование пассажиропотока на наиболее значимых маршрутах г. Тамбова.

В результате обследования было определено среднее количество пассажиров перевозимых в течение дня ( $Q$ ), коэффициент наполняемости подвижного состава в разные промежутки времени ( $\gamma$ ) и средний коэффициент наполняемости в течение дня.

Исследование пассажиропотока показало, что средний коэффициент наполняемости автобусов ниже рекомендуемого (0,60 - 0,65), при котором обеспечивается надлежащий комфорт поездки пассажира и оптимальная эффективность использования подвижного состава.

Также было выявлено, что рассматриваемые маршруты большей частью своей протяженности накладываются друг на друга, в связи с чем, на данном участке маршрутов возникает конкуренция между перевозчиками. Следовательно, по законам рынка конкуренция должна привести к снижению цены на этом участке маршрутов и повышению качества обслуживания пассажиров, однако, в силу специфики работы городского общественного автомобильного транспорта мы наблюдаем, что конкуренция нескольких перевозчиков на одном и том же маршруте является контрпродуктивной и не способствует повышению качества и эффективности работы общественного транспорта. Это проявляется в технологических нарушениях правил перевозок, несоблюдении расписания и графиков движения, снижении безопасности перевозок. В погоне за прибылью конкурирующих на данном участке перевозчиков происходит перенасыщение данных маршрутов подвижным составом, что приводит к возникновению очередей автобусов на промежуточных остановочных пунктах, к возникновению заторовых ситуаций на проезжей части и, как следствие, к увеличению времени, затрачиваемого пассажиром на передвижение, что является одним из основных факторов снижения качества обслуживания пассажиров.

Таким образом, можно сделать вывод, что государство, переводя автотранспортную отрасль на рыночные отношения, не создало условия для развития конкурентной среды на рассматриваемом рынке. Сегодня спрос на услугу определяется не условиями, которые в ходе конкурентной борьбы предлагает перевозчик, а независимыми от предложения стабильно существующими условиями; потребитель услуги, которому предстоит ее оплачивать, ни в какой форме не участвует в этом процессе и никак не влияет на выбор; продажная цена услуги не участвует в конкурсе, не называется конкурирующими перевозчиками, а, независимо от конкурса и конкурсантов, назначается в ее предельном значении вышестоящей организацией. И конкурс, на сегодня, является лишь формой раздела рынка, остающегося монопольным, на отдельные сегменты.

Отсутствие конкуренции на рынке услуг городского пассажирского транспорта привело к ряду серьезных недостатков и негативных тенденций в функционировании пассажирского транспорта. В число основных недостатков, определяющих сущность проблемной ситуации, входят:

- неустойчивое финансовое состояние предприятий транспорта общего пользования, серьезный дефицит финансовых ресурсов, приведшие к существенному спаду инвестиционной активности, в первую очередь, в части приобретения транспортных средств;
- неудовлетворительное состояние парка автобусов и троллейбусов, до 80% которых находятся за пределами амортизационных сроков, сильно изношены, требуют больших затрат на их ремонт и поддержание в приемлемом техническом состоянии;
- снижение качества транспортного обслуживания населения и уровня безопасности функционирования общественного транспорта;
- отсутствие обратной связи органов власти с населением по вопросам проводимой транспортной политики [20-23].

Для решения данной проблемы необходимо разработать такую модель взаимодействия перевозчиков и органов муниципального управления, которая обеспечит рентабельность перевозок и будет вынуждать транспортные предприятия сокращать издержки и бороться за рынок.

На наш взгляд, при проведении конкурсов на право работы на городских маршрутах члены комиссии должны учитывать не только качественные показатели предлагаемых автотранспортных услуг, как происходит в настоящее время, но и цену предлагаемых услуг (рис. 3). Такой подход к организации городских пассажирских перевозок позволит создать условия для развития, на этапе распределения маршрутов между автотранспортными предприятиями, как неценовой, так и ценовой конкуренции.

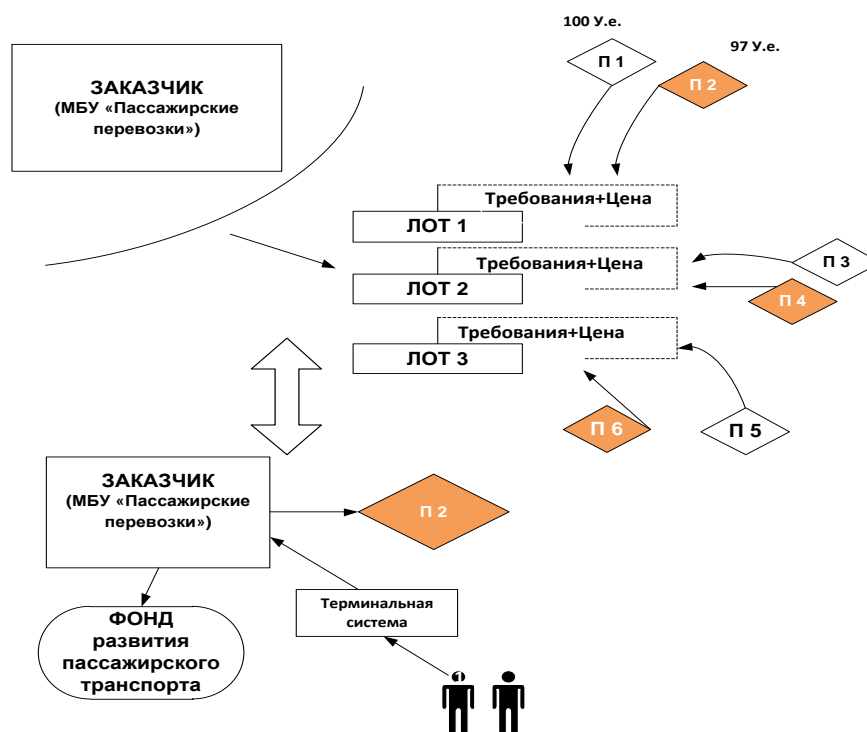


Рисунок 3 - Схема организации работы городского пассажирского транспорта

Основным отличием предлагаемого подхода к проведению конкурсов на право заключения договоров на перевозку пассажиров по внутригородским маршрутам является введение такого критерия как «Цена перевозок на маршруте».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пеньшин, Н.В. Транспортная инфраструктура в решении проблем конкурентоспособности услуг автомобильного транспорта [Текст]: монография / Н.В. Пеньшин. - Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. - 112 с.
2. Пеньшин, Н.В. Конкурентоспособность услуг автомобильного транспорта в условиях пост-кризисной модернизации экономики России [Текст] / Н.В. Пеньшин. - Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. - 156 с.
3. Пеньшин, Н.В. Эффективность и качество как фактор конкурентоспособности услуг на автомобильном транспорте [Текст]: монография / Н.В. Пеньшин; под науч. ред. В.П. Бычкова. - Тамбов: ГОУ ВПО ТГТУ, 2008. - 224 с.
4. Хайек, Ф. Индивидуализм и экономический порядок [Текст] / Ф. Хайек. - М.: Изограф: Начала-Фонд, 2000. - 255 с.
5. Азоев, Г.Л. Конкуренция: анализ, стратегия и практика [Текст] / Г.Л. Азоев. - М.: Центр экономики и маркетинга, 1996. - 208 с.
6. Портер, М. Конкуренция [Текст] / М. Портер. - М.: Вильямс, 2000. - 495 с.
7. Маршалова, А.С. Управление экономикой региона [Текст]: учебное пособие / А.С. Маршалова, А.С. Новоселов. - Новосибирск: Сибирское соглашение, 2001. - 404 с.



8. Овсянникова, Т.Ю. Конкурентная среда на рынке жилой недвижимости: особенности и закономерности [Текст] / Т.Ю. Овсянникова, И. В. Югова // Вестник Томского государственного университета. Экономика. - 2012. - № 1 (17). - С. 187-193.
9. Новоселов, А.С. Теория региональных рынков [Текст] / А.С. Новоселов. - Ростов- на-Дону: Феникс, 2002. - 448 с.
10. Самуэльсон, П. Экономика [Текст] / П. Самуэльсон. - М.: НПО «АЛГОН», ВНИИСИ, 1992. Т. 2.
11. Пиндайк, Р. Микроэкономика [Текст] / Р. Пиндайк, Д. Рубинфельд. - Пер. с англ. - М.: Экономика: Дело, 1992. - 402 с.
12. Блинов, А. Стратегическое управление региональными рынками [Текст] / А. Блинов // Инвестиции в России. - 2004. - №4. - С. 24-29.
13. Усик, Н.И. Формирование конкурентной среды в России [Текст]: монография / Н.И. Усик. - СПб.: СПбГУ, ОЦЭиМДООЗ. - 211 с.
14. Дубянская, Г.Ю. Стратегия развития России и потенциал государства XXI века [Текст] / Г.Ю. Дубянская; под ред. Ю.М. Осипова, В.Г. Белолипецкого, Е.С. Зотовой // Экономическая теория на пороге XXI века – 5: Неэкономика. - М.: Юристъ. - 2001. - С. 212.
15. Морозова, Н.С. Теория и методология формирования и развития конкуренции в туризме [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра. эконом. Наук (08.00.05) / Морозова Н.С. – Сочи, 2012. – 48 с.
16. Коссой, Ю.М. Конкуренция на городском пассажирском транспорте. Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния [Текст] / Ю.М. Коссой // Материалы XIII международной (шестнадцатой Екатеринбургской) науч.-прак. конф.– Екатеринбург: АМБ. - 2007. - С.183-191.
17. Артемьев, И.Ю. Битва за конкуренцию [Текст] / И.Ю. Артемьев. - М.: ТМ-Менеджмент, 2009. - 393с.
18. Основы антимонопольного регулирования в Российской Федерации [Текст]: монография / под общ.ред. И.Ю. Артемьева. – М. Полигран-Т, 2009. – 280 с.
19. Гавриков, В.А. Качество как фактор конкурентоспособности автотранспортного предприятия [Текст] / В.А. Гавриков // Вопросы современной науки и практики. - Ун-т им. В.И.Вернадского. – 2011. – № 3. - С. 17–23.
20. Коренькова, С.М. Управление маркетинговой деятельностью в системе пассажирского транспорта общего пользования в муниципальном образовании [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. эконом. наук (08.00.05) / Коренькова С.М.; Орловский государственный технический университет. - Орел, 2007. - 22 с.
21. Новиков, А.Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле [Текст] / А.Н. Новиков, С.Ю. Радченко, А.Л. Севостьянов, А.С. Бодров, А.А. Катунин и др. // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - №4 (35). - С. 69-77.
22. 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.
23. Новиков, А.Н. Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла [Текст] / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 4 (39). - С. 69-74.

**Гавриков Владимир Александрович**

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Адрес: 392000, Россия, г. Тамбов, ул. Советская 106

Канд. техн. наук, ассистент кафедры «Организация перевозок и безопасность дорожного движения»

E-mail: avto@mail.tambov.ru

**Юдина Екатерина Сергеевна**

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Адрес: 392000, Россия, г. Тамбов, ул. Советская 106

Студентка

E-mail: avto@mail.tambov.ru

V.A. GAVRIKOV, E.S. YUDINA

## ANALYSIS OF COMPETITION ON THE MARKET OF CITY PASSENGER

*The analysis of the problems of competition in the urban passenger transport, and developed theoretical positions and scientific guidelines for the formation and development of the competitive environment in the market in question. The results are practical recommendations that can be used in regional and local authorities with the aim of forming a single mechanism for the development and regulation of competitive environment of the market of urban passenger transport.*

**Keywords:** motor company, competitive environment, Passenger Transportation.

## BIBLIOGRAPHY

1. Pen`shin, N.V. Transportnaya infrastruktura v reshenii problem konkurentosposobnosti uslug avtomobil`nogo transporta [Tekst]: monografiya / N.V. Pen`shin. - Tambov: GOU VPO TGTU, 2011. - 112 s.
2. Pen`shin, N.V. Konkurentosposobnost` uslug avtomobil`nogo transporta v usloviyakh post-krizisnoy modernizatsii ekonomiki Rossii [Tekst] / N.V. Pen`shin. - Tambov: GOU VPO TGTU, 2010. - 156 s.
3. Pen`shin, N.V. Effektivnost` i kachestvo kak faktor konkurentosposobnosti uslug na avtomobil`nom transporte [Tekst]: monografiya / N.V. Pen`shin; pod nauch. red. V.P. Bychkova. - Tambov: GOU VPO TGTU, 2008. - 224 s.
4. Hayek, F. Individualizm i ekonomicheskiy poryadok [Tekst] / F. Hayek. - M.: Izograf: Nachala-Fond, 2000. - 255 s.
5. Azoev, G.L. Konkurenciya: analiz, strategiya i praktika [Tekst] / G.L. Azoev. - M.: Tsentr ekonomiki i marketinga, 1996. - 208 s.
6. Porter, M. Konkurenciya [Tekst] / M. Porter. - M.: Vil`yams, 2000. - 495 s.
7. Marshalova, A.S. Upravlenie ekonomikoy regiona [Tekst]: uchebnoe posobie / A.S. Marshalova, A.S. Novoselov. - Novosibirsk: Sibirskoe soglashenie, 2001. - 404 s.
8. Ovsyannikova, T.YU. Konkurentnaya sreda na rynke zhiloy nedvizhimosti: osobennosti i zakonomernosti [Tekst] / T.YU. Ovsyannikova, I. V. YUgova // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika. - 2012. - № 1 (17). - S. 187-193.
9. Novoselov, A.C. Teoriya regional`nykh rynkov [Tekst] / A.C. Novoselov. - Rostov-na-Donu: Feniks, 2002. - 448 s.
10. Samuel`son, P. Ekonomika [Tekst] / P. Samuel`son. - M.: NPO «ALGON», VNIISI, 1992. T. 2.
11. Pindayk, R. Mikroekonomika [Tekst] / R. Pindayk, D. Rubinfel`d. - Per. s angl. - M.: Ekonomika: Delo, 1992. - 402 s.
12. Blinov, A. Strategicheskoe upravlenie regional`nymi rynkami [Tekst] / A. Blinov // Investitsii v Rossii. - 2004. - № 4. - S. 24-29.
13. Usik, N.I. Formirovanie konkurentnoy sredy v Rossii [Tekst]: monografiya / N.I. Usik. - SPb.: SPbGU, OTSEIMDOOZ. - 211 s.
14. Dubyanskaya, G.YU. Strategiya razvitiya Rossii i potentsial gosudarstva XXI veka [Tekst] / G.YU. Dubyanskaya; pod red. YU.M. Osipova, V.G. Belolipetskogo, E.S. Zotovoy // Ekonomicheskaya teoriya na poroge XXI veka - 5: Neoeconomika. - M.: YUrist». - 2001. - S. 212.
15. Morozova, N.S. Teoriya i metodologiya formirovaniya i razvitiya konkurencii v turizme [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra. ekonom. Nauk (08.00.05) / Morozova N.S. - Sochi, 2012. - 48 s.
16. Kossov, YU.M. Konkurenciya na gorodskom passazhirskom transporte. Sotsial`no-ekonomicheskie problemy razvitiya transportnykh sistem gorodov i zon ikh vliyaniya [Tekst] / YU.M. Kossov // Materialy XIII mezhdunarodnoy (shestnadtsatoy Ekaterinburgskoy) nauch.-prak. konf.- Ekaterinburg: AMB. - 2007. - S.183-191.
17. Artem`ev, I.YU. Bitva za konkurenciyu [Tekst] / I.YU. Artem`ev. - M.: TM-Menedzhment, 2009. - 393s.
18. Osnovy antimonopol`nogo regulirovaniya v Rossiyskoy Federatsii [Tekst]: monografiya / pod obshch.red. I.YU. Artem`eva. - M. Poligran-T, 2009. - 280 s.
19. Gavrikov, V.A. Kachestvo kak faktor konkurentosposobnosti avtotransportnogo predpriyatiya [Tekst] / V.A. Gavrikov // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. - Un-t im. V.I.Vernadskogo. - 2011. - № 3. - S. 17-23.
20. Koren`kova, S.M. Upravlenie marketingovoy deyatel`nost`yu v sisteme passazhirskogo transporta obshchego pol`zovaniya v munitsipal`nom obrazovanii [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. ekonom. nauk (08.00.05) / Koren`kova S.M.; Orlovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. - Orel, 2007. - 22 s.
21. Novikov, A.N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle [Tekst] / A.N. Novikov, S.YU. Radchenko, A.L. Sevost`yanov, A.S. Bodrov, A.A. Katunin i dr. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 4 (35). - S. 69-77.
22. 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.
23. Novikov, A.N. Analiz stepeni zagruzki marshrutnoy transportnoy seti goroda Orla [Tekst] / A.N. Novikov, A.L. Sevost`yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 4 (39). - S. 69-74.

### **Gavrikov Vladimir Aleksandrovich**

FGBOU VPO «Tambov State Technical University»

Адрес: 392000, Russia, Tambov, str. Sovetskaya, 106

C.e.s., assistant of the Department «Organization of Transportation and Road Safety»

E-mail: avto@mail.tambov.ru

### **Yudina Catherine Sergeevna**

FGBOU VPO «Tambov State Technical University»

Адрес: 392000, Russia, Tambov, str. Sovetskaya, 106

Student

E-mail: avto@mail.tambov.ru

## Уважаемые авторы!

### Просим Вас ознакомиться с основными требованиями к оформлению научных статей.

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.
- Статьи должны быть набраны шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, правое поле - 2 см, левое поле - 2 см, поля внизу и сверху - 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов, сведения об авторах обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается аннотация и перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- Сведения об авторах приводятся в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество; учреждение или организация, адрес учреждения или организации, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, электронная почта.
- В тексте статьи желательно:
  - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
  - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
  - не применять произвольные словообразования;
  - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.
- **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**
- **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.
- Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравниваются по центру страницы, в конце подписи точка не ставится:

#### *Рисунок 1 - Текст подписи*

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте [www.gu-unprk.ru](http://www.gu-unprk.ru).

*Плата с аспирантов за опубликование статей не взимается.*

*Адрес учредителя:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс»  
302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел. +7(4862)420024  
Факс +7(4862)416684  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)  
E-mail: [unpk@ostu.ru](mailto:unpk@ostu.ru)

*Адрес редакции:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс»  
302006, г. Орел, ул. Московская, 77  
Тел. +7 905 856 6556  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)  
E-mail: [srmostu@mail.ru](mailto:srmostu@mail.ru)

Технический редактор, корректор,  
компьютерная верстка И. В. Акимочкина

Подписано в печать 06.05.2016

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 9

Тираж 500 экз.

Заказ № 52/16п1

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева 302030, г. Орел, ул. Московская, 65.