

**Редакционный совет:**

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

**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.

**Киричек А.В.** 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.

**Ушаков Л.С.** д-р техн. наук, проф.

**Редколлегия:**

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

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

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

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

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

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

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

**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)

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

**Марьян Г.** д-р техн. наук, проф. (Молдова)

**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)

**Пржибил 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)

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

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

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

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

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

**Адрес редколлегии:**

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

Тел. +7 (4862) 73-43-50

<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, 2013

## Содержание

### Эксплуатация, ремонт, восстановление

- А. С. Денисов, Б. Ф. Тугушев, Е. Ю. Горшенина** Анализ свойств металла  
наплавленного коленчатого вала автотракторного двигателя камаз-740 при  
восстановительных технологиях 3
- Д. А. Бондарев, И. К. Данилов** Аналитическое исследование изменения  
давления в конце такта сжатия с учетом утечки рабочего тела из  
цилиндропоршневой группы ДВС 9
- В. В. Лянденбургский, С. А. Кривобок, И. В. Кучин** Анализ первичных  
неисправностей топливной аппаратуры дизелей 13
- В. С. Шатерников, Ю. В. Семикопенко, М. В. Шатерников** Пути повышения  
ресурса двигателей карьерных автосамосвалов белаз до капитального  
ремонта 19
- С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов** Разработка средств для обкатки дизелей с  
динамическим нагружением 27

### Технологические машины

- И. Г. Кириченко, С. Г. Ковалевский** Выбор рациональных параметров  
речежного сценного устройства полуприцепного скрепера 34
- С. В. Глуценко** Определение режимов движения боевой гусеничной  
машины по обледенелым дорогам 38
- Е. С. Венцель, Д. Б. Глушкова, А. В. Шукин** Повышение ресурса режущих  
элементов землеройно-транспортных машин путем нанесения ионно-  
плазменного покрытия 45
- В. З. Павлов** Расчетная оценка коэффициента трения качения 49
- Р. А. Кобзев** Синтез пространственных структурных схем  
металлоконструкций тяжелых козловых кранов 56

### Безопасность движения и автомобильные перевозки

- И. Е. Агуреев, В. А. Пышный** Закономерности влияния капитальных  
вложений в развитие улично-дорожной сети на характеристики  
транспортных процессов 61
- П. Пржибыл** Контроль скорости на участке как эффективный инструмент  
улучшения дорожной безопасности 69
- А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, М. В. Кулев, А. В. Кулев, М. М.  
Савин** Обследование пассажиропотоков на сезонных маршрутах города Орла 77
- Е. Ю. Миненко, А. С. Ширишников, Я. А. Филimoncheva** Повышение безопасности  
движения на железнодорожном переезде 85

### Образование и кадры

- А. Янота** Возможности программы европейского сотрудничества в сфере  
научно-технологических исследований для транспортно-ориентированного  
исследования и развития 92
- Т. А. Козина, М. Р. Абубекаров** Интерактивные технологии в процессе  
обучения иностранному языку при подготовке специалистов  
автотранспортного комплекса 99
- Ю. Чарский, Я. Иль, Д. Кокурек** Международное студенческое инженерное  
движение проектный семинар СЕПС 106
- Г. В. Букалова** Нормирование морально-этической сферы компетентности  
выпускника вуза технического профиля 112

### Вопросы экологии

- И. Ф. Сулейманов, Г. В. Маеврин, В. Г. Маеврин, Э. И. Беляев, Р. Г. Хабибуллин,  
И. В. Макарова** Натурные исследования транспортных потоков и  
применение инструментальных методов для оценки качества атмосферного  
воздуха 116
- Г. Г. Ишанин, А. С. Антонов** Обзор основных методов определения двуоксида  
азота в выбросах автотранспортных средств 125



The scholarly  
journal  
A quarterly review

№ 4(43) 2013  
October-December

# World of 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> <b>V.A. Golenkov</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i> <b>S.Y. Radchenko</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i> <i>Vice-Chairman</i> <b>P.A. Astafichev</b> <i>Doc. Law., Prof.</i> <b>M.I. Borzenkov</b> <i>Can. Eng., Prof.</i> <b>T.N. Ivanova</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i> <b>A.V. Kirichek</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i> <b>V.I. Kolchunov</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i> <b>I.S. Konstantinov</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i> <b>A.N. Novikov</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i> <b>L.I. Popova</b> <i>Doc. Ec., Prof.</i> <b>Y.S. Stepanov</b> <i>Doc. Eng., Prof.</i></p>	<p style="text-align: center;"><b>Contents</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Operation, Repair, Restoration</i></p> <p><i>A. S. Denisov, B. F. Tugushev, E. Yu. Gorshenina</i> <b>Analysis of properties of metal of welding-up crankshaft of automotive engine kamaz-740 for rebuilding technologies</b> 3</p> <p><i>D. A. Bondarev, I. K. Danilov</i> <b>Analytical study of pressure at the end of the compression stroke with the working fluid leaks from the cylinder group internal combustion engine</b> 9</p> <p><i>V. V. Lyandenbursky, S. A. Krivobok, I. V. Kuchin</i> <b>Analysis of primary trouble diesel fuel equipment</b> 13</p> <p><i>V. S. Shaternikov, Y. V. Semikopenko, M. V. Shaternikov</i> <b>Ways to increase capacity engine quarry dump belaz to overhaul</b> 19</p> <p><i>S. V. Timohin, J. V. Rodionov</i> <b>Development of tools for rolling diesel engines with dynamic loading</b> 27</p>
<p><i>Editor-in-Chief</i> <b>A.N. Novikov</b> <i>Doc.Eng., Prof.</i> <i>Associate Editors</i> <b>A.A. Katunin</b> <i>Can.Eng.</i> <b>L.S. Ushakov</b> <i>Doc.Eng., Prof.</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Technological Machinery</i></p> <p><i>I. G. Kirichenko, S. G. Kovalevsky</i> <b>Choice of rational parameters of lever coupling device of the semitrailer scraper</b> 34</p> <p><i>S. V. Glushchenko</i> <b>Definition of modes of movement the fighting the track laying vehicle on ice-covered roads</b> 38</p> <p><i>E. S. Venzel, D. B. Glushkova, A. V. Shukin</i> <b>Improving resource cutting elements of earth-moving vehicles by applying ion-plasma coating</b> 45</p> <p><i>V. Z. Pavlov</i> <b>Estimated assessment coefficient of rolling friction</b> 49</p> <p><i>R. A. Kobzев</i> <b>Synthesis of spatial structure of schemes metallokonstruktsy heavy gantry crane</b> 56</p>
<p><i>Editorial Board:</i> <b>I.E. Agureev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>A.V. Bazhinov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Ukraine)</i> <b>V.N. Baskov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>E.V. Bondarenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>U. Brannolte</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Germany)</i> <b>V. Bialy</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Poland)</i> <b>E.S. Vencel</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Ukraine)</i> <b>S.N. Glagolev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>V.B. Gorovic</b> <i>Doc.Eng., Prof. (USA)</i> <b>M. Demic</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Serbia)</i> <b>V.A. Korchagin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>G. Marian</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Moldova)</i> <b>I.G. Martychenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>A.A. Mitusov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> <b>V.V. Nordin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>O. Prentkovskis</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Lithuania)</i> <b>P. Pribyl</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Czech Republic)</i> <b>A.E. Pushkarev</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>A.N. Rementsov</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>L.A. Savin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>L.A. Sivachenko</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Belarus)</i> <b>R.G. Habibullin</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> <b>D.A. Yungmeyster</b> <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Road safety and road transport</i></p> <p><i>I. E. Agureev, V. A. Lush</i> <b>Laws of the influence of capital investment in the development of the urban road network on the characteristics of transport processes</b> 61</p> <p><i>P. Przhibyl</i> <b>Speed control on site as efficient tools improve road safety</b> 69</p> <p><i>A. N. Novikov, A. L. Sevostianov, A. A. Katunin, M. V. Kulev, A. V. Kulev, M. M. Savin</i> <b>Examination of the passenger traffic for seasonal routes for the passage of the inhabitants of the city of Orel to garden bower arrays</b> 77</p> <p><i>E. Y. Minenko, A. S. Shirshikov, J. A. Filimoncheva</i> <b>Increase traffic safety level crossing</b> 85</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> <b>I.V. Akimochkina</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Education and Personnel</i></p> <p><i>A. Janota</i> <b>Opportunities of the cost research program for transport-oriented research and development</b> 92</p> <p><i>T. A. Kozina, M. R. Abubekarov</i> <b>Interactive technologies in education foreign language in training motor complex</b> 99</p> <p><i>G. Royally, J. Ile, J. Kocourek</i> <b>International student's traffic engineering project seminar meps</b> 106</p> <p><i>G. V. Bukalova</i> <b>Rationing moral and ethical services graduate of the university of technical competence profile</b> 112</p>
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Moskovskaya Str., 77 Tel. +7 (4862) 73-43-50 <a href="http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm">http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm</a> E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a></p>	<p style="text-align: center;"><i>Ecological Problems</i></p> <p><i>I. F. Suleymanov, G. V. Mavrin, V. G. Mavrin, E. I. Belyaev, R. G. Habibullin, I. V. Makarova</i> <b>Nature study of transport flows and application of methods of tool for air quality assessment</b> 116</p> <p><i>G. G. Ishanin, A. A. Antonov</i> <b>Overview of the methods of determination of nitrogen dioxide dil emission vehicles</b> 125</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>	
<p>Subscription index: <b>16376</b> in a union catalog "The Press of Russia"</p>	
<p>© State University-ESPC, 2013</p>	

УДК 629.113.004.67

А. С. ДЕНИСОВ, Б. Ф. ТУГУШЕВ, Е. Ю. ГОРШЕНИНА

## АНАЛИЗ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА НАПЛАВЛЕННОГО КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА АВТОТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740 ПРИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

*Рассмотрены операции технологического процесса восстановления коленчатых валов дизельных двигателей, проанализирован зарубежный опыт. На основе проведенных экспериментов предложены основные элементы технологической операции металлопокрытия для восстановления коленчатых валов дизельных двигателей.*

**Ключевые слова:** коленчатый вал, наплавка, микротвердость металла, отпуск, предварительный подогрев.

Если следовать мировому опыту восстановления тяжело нагруженных коленчатых валов и кривошипов, то можно сделать вывод, что в настоящее время принята концепция наплавки под флюсом последовательно двумя проволоками, различными по физико-механическим свойствам. Классической здесь является технология, имеющая название «Глисон-процесс» (“The Gleason Process”) (США, Япония, Австралия, страны Африки), подобная технология распространена также в Европе (например, в Италии) [1]. Особенностью процесса является применение для наплавки прочных и вязких материалов, притом прочность достигается в результате последующей термообработки (продолжительного среднего отпуска при температуре примерно 400 °С), эта же операция придает требуемую твердость металлопокрытиям. Используются тонкие проволоки диаметром не более 1,2 мм, несколько операций магнитной дефектоскопии (не менее трех) с использованием флуоресцирующих составов, правка детали производится в нагретом примерно до 400 °С состоянии, при которой снижается модуль упругости первого рода и уменьшается вероятность появления трещин, притом в основном используется правка местным наклепом. В результате всего технологического процесса металлопокрытия приобретают высокие служебные свойства, в том числе физико-механические. В зонах рабочих поверхностей шеек твердость достигает 50 HRC, предел прочности – 1690 МПа, относительное удлинение – 16%. В зонах галтелей твердость находится в пределах 30 HRC, предел прочности составляет порядка 560 МПа, относительное удлинение – 20%. В целом эти данные приведены на рисунке 1.

План операций технологии восстановления коленчатого вала, предусматривающий достижение указанных свойств, приведен ниже [2]:

1. Тщательная очистка коленчатого вала.
2. Магнитная дефектоскопия.
3. Предварительная шлифовка с минимальным припуском или на 0,050 дюйма (1,27 мм) меньше последнего ремонтного размера.
4. Удаление, если возможно, трещин и проведение контрольной магнитной дефектоскопии.
5. Предварительный подогрев кривошипа, по крайней мере, до температуры 212 F (100 °С), но не более чем до 450 F (примерно 232 °С).
6. Наплавка шеек с применением стальной проволоки и соответствующего флюса. При этом охлаждение на воздухе должно обеспечивать закалку (используются комплекты, предусмотренные компанией «Gleason Engineering Industries, Inc.»).

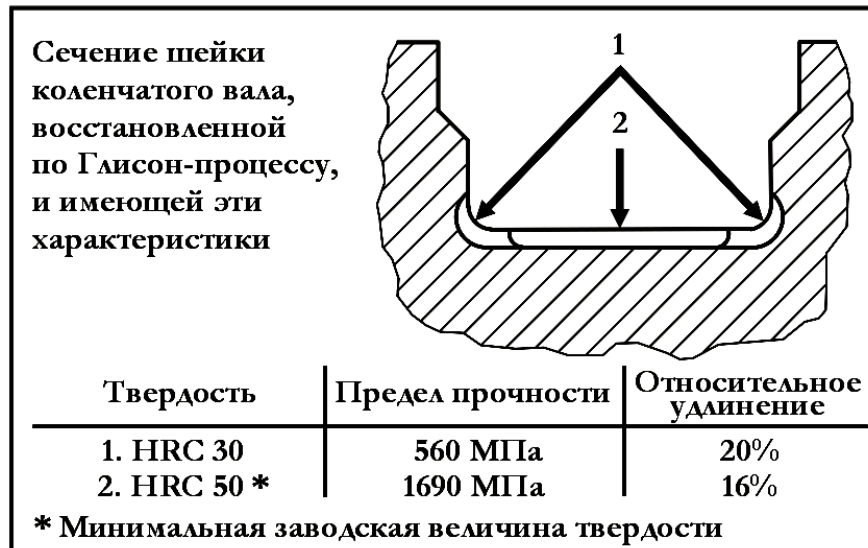


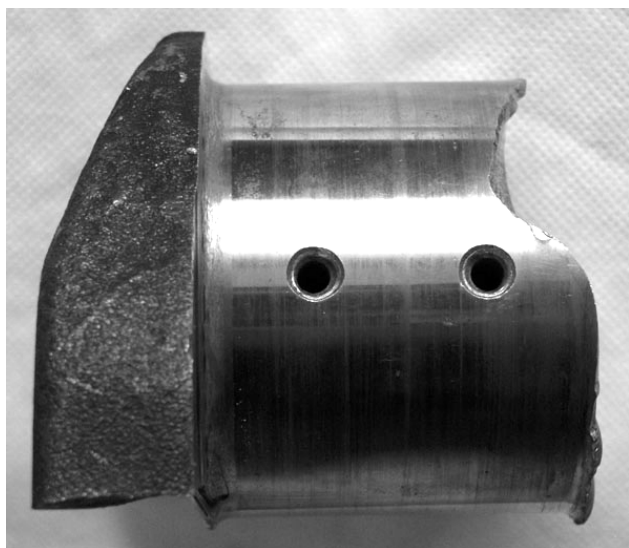
Рисунок 1 - Физико-механические свойства металла восстановленного коленчатого вала после наплавки двумя проволоками (компания "Gleason Engineering Industries, Inc.") [3]

7. Последующий нагрев коленчатого вала до 750 F (примерно 400 °C) и правка в горячем состоянии.
8. Снятие напряжений кривошипа в печи при температуре 750 F (примерно 400 °C) в течение двух часов на дюйм диаметра.
9. Грубая шлифовка в пределах 0,020 дюйма (примерно 0,5 мм) до окончательного размера, тщательная обработка масляных отверстий.
10. Нагрев кривошипа в пределах 650–750 F (примерно 343–400 °C) и окончательная правка вала.
11. Магнитная дефектоскопия.
12. Восстановление поверхности шлифовального круга с особым вниманием к установленному заводом-изготовителем размеру радиуса галтели.
13. Финишное шлифование вала.
14. Полирование шеек коленчатого вала.
15. Монтаж съемных противовесов (если это предусмотрено конструкцией коленчатого вала).
16. Складирование.

Все выглядит логично, ибо разрушение коленчатого вала в эксплуатации происходит чаще всего в результате усталостных явлений в зонах действия максимальных главных напряжений. При этом разрушение вызывают, как правило, нормальные напряжения [4], возникающие в результате изгиба [5]. Для коленчатого вала двигателя КамАЗ-740 это было зафиксировано неоднократно в результате экспериментальных наблюдений, проведенных как самими авторами (рис. 2, 3) так и другими исследователями, также это подтверждено авторами публикуемого материала аналитически в результате конечно-элементного расчета на плоской модели кривошипа (рис. 4).

Открытым остается вопрос о точном химическом составе наплавочных материалов, главным образом проволок. Можно лишь предположить, что в мировой практике применяются мартенситно-стареющие стали, возможно даже с содержанием кобальта. В качестве защитной среды скорее всего используется обыкновенный плавленный флюс.





*Рисунок 2 - Характер разрушения шейки наплавленного коленчатого вала в результате эксплуатации*



*Рисунок 3 - Макроструктура излома в щеке: переход из зоны развития усталостной трещины в зону хрупкого разрушения (50:1)*

Нами было проведено исследование по наплавке коленчатого вала двигателя КамАЗ-740 (материал - сталь 42ХМФА ТУ 14-1-1296-75) порошковой проволокой ПП-Нп-35В9Х3СФ ГОСТ 26101-84 (старое обозначение ПП-3Х2В8) диаметром 3,6 мм под плавляющим флюсом АН-348-А ГОСТ 9087-81 с целью получения твердости, соответствующей техническим условиям завода-изготовителя. Технологическая операция проводилась на переоборудованном токарно-винторезном станке модели 1К62 с наплавочной головкой А-580М и источником питания дуги ВДУ-506. Элементы режима наплавки: напряжение дуги – 28...32 В, величина тока дуги – 250...270 А, скорость подачи проволоки – 49 м/ч, скорость наплавки – 12...15 мм/с, шаг наплавки – 7 мм/об. Часть образцов подвергалась различной последующей термической обработке. Микротвердость измерялась по глубине с использованием прибора ПМТ-3, оснащенного окуляр-микрометром МОВ-1-15. Измерения проводились по методу восстановленного отпечатка в соответствии с ГОСТ 9450-76. Индентором служила алмазная четырехгранная пирамида с квадратным основанием, нагрузка на нее составляла 1,96 Н.

Результаты приведены на рис. 5 и 6. Они позволяют сказать следующее:

1. Практически все образцы, независимо от последующей термообработки, имели в зоне наплавки микротвердость от 4400 МПа до 5700 МПа, что приемлемо с точки зрения технических условий завода-изготовителя.

2. При отсутствии последующей термообработки в зоне наплавленного металла присутствует твердость порядка 5200...5700 МПа, в зоне сплавления наблюдается «пик» твердости, порядка 6800 МПа, что свидетельствует о наличии очень хрупких структур, что является неприемлемым для дальнейшей эксплуатации детали.

3. Отпуск при 500°C в течении 1 часа после наплавки полностью ликвидирует повышенную твердость в зоне сплавления, снижая ее примерно до 4000...4850 МПа без видимых «пиков», что становится приемлемым, оставляя в зоне наплавленного металла твердость в районе 5000 МПа.

4. Добавление операций закалки, а также закалки и последующего отпуска не приводит к существенному выравниванию микротвердости по глубине детали и к существенным ее изменениям в зоне наплавочного металлопокрытия.

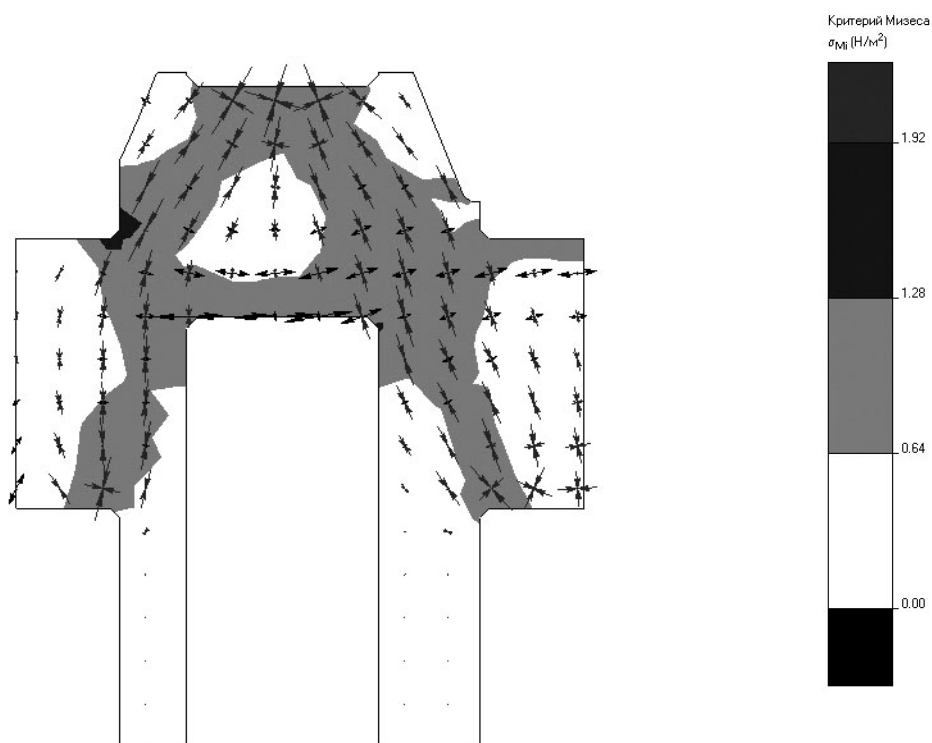


Рисунок 4 - Области значительных напряжений в кривошипе, полученные авторами в результате моделирования по методу конечных элементов

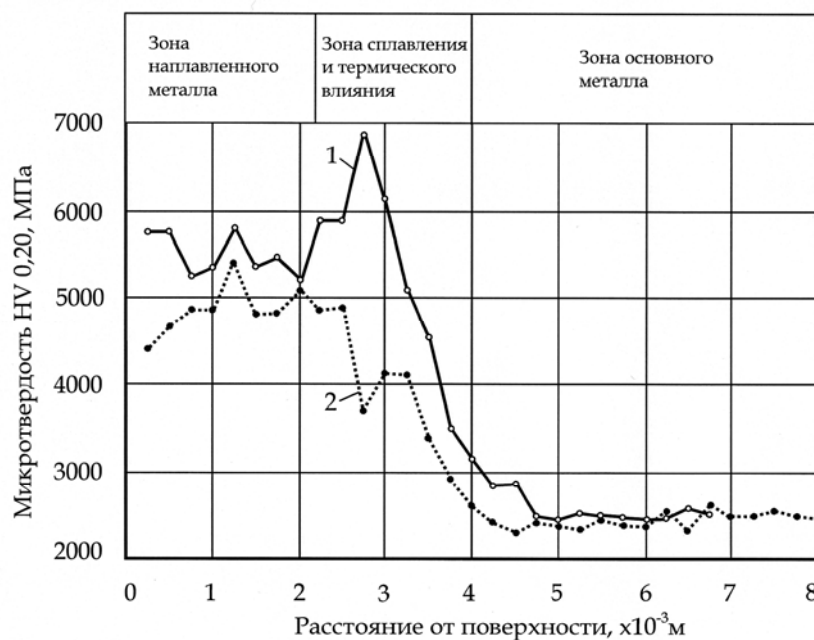


Рисунок 5 - Изменение микротвердости по глубине шейки коленчатого вала двигателя КамАЗ-740, наплавленного ПП-Нп-35В9Х3СФ под флюсом АН-348-А:  
 1 – наплавка без последующей термообработки; 2 – наплавка с последующим отпуском при 500 °С в течение 1 ч



**Рисунок 6 - Изменение микротвердости по глубине шейки коленчатого вала двигателя КамАЗ-740, наплавленного ПП-Нп-35В9Х3СФ под флюсом АН-348-А:**  
 1 – наплавка с последующей закалкой с 1100 °С в воде; 2 – наплавка с последующей закалкой с 1100 °С в воде, затем отпуск при 500 °С в течение 1 ч

Общий вывод: можно использовать наплавку ПП-Нп-35В9Х3СФ с последующим отпуском при температуре 500 °С в течение 1 часа, что дает приемлемую твердость с точки зрения завода изготовителя, но следует всегда учитывать, что наплавочный материал склонен к образованию холодных трещин, что требует предварительного подогрева до значительной температуры (более 250 °С), иначе высока вероятность брака.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тугушев, Б. Ф. Мировая практика восстановления коленчатых валов [Текст] / Б. Ф. Тугушев // Восстановление и упрочнение деталей машин. – 2001. – С. 69-85.
2. Горшенина, Е. Ю. Современные технологии восстановления коленчатых валов [Текст] / Е. Ю. Горшенина, Б. Ф. Тугушев // Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности (МНПК «ЛЭРЭП-2-2007»). - Т. 2. – Саратов. - 2007. - С.233-237.
3. Тугушев, Б. Ф. Американская концепция восстановления тяжело нагруженных коленчатых валов дизельных двигателей [Текст] / Б. Ф. Тугушев // Актуальные проблемы транспорта Поволжья и пути их решения. - 2001. – С. 136-149.
4. Радченко, С. Ю. Анализ видов повреждений шаровых шарниров [Текст] / С. Ю. Радченко, А. Н. Новиков, А. А. Катунин, М. Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - №1(36). – С. 8-15.
5. Денисов, А. С. Анализ эксплуатационных дефектов коленчатого вала двигателя КамАЗ-740 / А. С. Денисов, А. Т. Кулаков, Б. Ф. Тугушев, Е. Ю. Горшенина, А. А. Видинеев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2010. - №6. - С. 30-38.

**Денисов Александр Сергеевич**

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

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

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

E-mail: denisov0307@yandex.ru

**Тугушев Борис Федорович**

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»

E-mail: tugushev@mail.ru

**Горшенина Екатерина Юрьевна**

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»

E-mail: ekaterina\_84\_07@mail.ru

---

A. S. DENISOV, B. F. TUGUSHEV, E. Yu. GORSHENINA

## **ANALYSIS OF PROPERTIES OF METAL OF WELDING-UP CRANKSHAFT OF AUTOMOTIVE ENGINE KAMAZ-740 FOR REBUILDING TECHNOLOGIES**

*Consider the operation of the process recovery of crankshafts of diesel engines, reviewed foreign experience. Based on these experiments suggest key operations metal plating process to recover diesel engine crankshafts.*

**Keywords:** crankshaft, welding, micro-hardness of the metal, tempering, preheating.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Tugushev, B. F. Mirovaya praktika vosstanovleniya kolenchatykh valov [Tekst] / B. F. Tugushev // Vosstanovlenie i uprochnenie detaley mashin. - 2001. - S. 69-85.
2. Gorshenina, E. YU. Sovremennyye tekhnologii vosstanovleniya kolenchatykh valov [Tekst] / E. YU. Gorshenina, B. F. Tugushev // Logistika i ekonomika resursosberezheniya i energosberezheniya v promyshlennosti (MNPК "LEREP-2-2007"). - Т. 2. - Саратов. - 2007. - S.233-237.
3. Tugushev, B. F. Amerikanskaya kontseptsiya vosstanovleniya tyazhelonagruzhennykh kolenchatykh valov di-zel'nykh dvigateley [Tekst] / B. F. Tugushev // Aktual'nye problemy transporta Povolzh'ya i puti ikh resheniya. - 2001. - S. 136-149.
4. Radchenko, S. YU. Analiz vidov povrezhdeniy sharovykh sharnirov [Tekst] / S. YU. Radchenko, A. N. No-vikov, A. A. Katunin, M. D. Tebekin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - №1(36). - S. 8-15.
5. Denisov, A. S. Analiz ekspluatatsionnykh defektov kolenchatogo vala dvigatelya KamAZ-740 / A. S. Denisov, A. T. Kulakov, B. F. Tugushev, E. YU. Gorshenina, A. A. Vidineev // Remont. Vosstanovlenie. Moder-nizatsiya. - 2010. - №6. - S. 30-38.

**Denisov Alexander Sergeevich**

Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department "Automobiles and Automobile Equipment"

Address: 410054, Russia, Saratov, Politekhnikeskaya Street, 77

E-mail: denisov0307@yandex.ru

**Tugushev Boris Fedorovich**

Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov

Ph.D., associate professor of "Automobiles and Automobile Equipment"

Address: 410054, Russia, Saratov, Politekhnikeskaya Street, 77

E-mail: tugushev@mail.ru

**Gorshenina Ekaterina Jur'evna**

Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov

Ph.D., associate professor of "Automobiles and Automobile Equipment"

Address: 410054, Russia, Saratov, Politekhnikeskaya Street, 77

E-mail: ekaterina\_84\_07@mail.ru



Д. А. БОНДАРЕВ, И. К. ДАНИЛОВ

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В КОНЦЕ ТАКТА СЖАТИЯ С УЧЕТОМ УТЕЧКИ РАБОЧЕГО ТЕЛА ИЗ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВС

*Одним из важнейших условий поддержания на высоком уровне эффективности и надежности двигателей, является прогнозирование остаточного ресурса сопряжений.*

*Предложена математическая зависимость изменения давления в надпоршневом пространстве цилиндра ДВС с учетом утечек через сопряжение поршневое кольцо-гильза.*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания (ДВС), поршневое кольцо, температура, давление, объем, масса воздушно-масляной смеси, поворот кривошипного вала (ПКВ).

В процессе эксплуатации двигателя из-за износа образуются утечки рабочего тела через поршневые кольца и впускные (выпускные) клапаны. Причем, основное перетекание рабочего тела из рабочей полости цилиндра происходит через замки поршневых колец. Основанием для этого являются многочисленные результаты измерений протечек рабочего тела через поршневые кольца. При использовании приработанного неизношенного комплекта поршневых колец до 80% протечек приходится на тепловые зазоры поршневых колец [1]. Истечение рабочего тела через замки колец происходит со скоростью 100-300 м/с. При этом время контакта рабочего тела с торцами кольца при истечении через замок ничтожно мало. Процесс истечения воздушно-масляной смеси можно считать адиабатическим [2].

Для общего случая массообмена и теплообмена в надпоршневой полости в момент такта сжатия изменение давления [3]:

$$dp = \frac{kp}{V} \cdot \left[ -\frac{1}{p} \cdot dM_{yT} + \frac{(k-1)}{k} \cdot \frac{(\pm dQ_T)}{p} - dV_{\Pi} \right], \quad (1)$$

где  $dM_{yT}$  - уменьшение массы рабочего тела в надпоршневой полости, обусловленное утечкой рабочего тела через клапаны, поршневые кольца в течение расчетного промежутка времени  $d\tau$ ;

$k$  - показатель адиабаты для реального рабочего тела при значении температуры в начале расчетного промежутка времени;

$dQ_T$  - потери теплоты от поверхности стенок надпоршневой полости к рабочему телу или от рабочего тела в стенки надпоршневой полости в течение расчетного промежутка времени;

$dV_{\Pi}$  - изменение объема надпоршневой полости, обусловленное перемещением поршня в течение расчетного промежутка времени;

$P$  и  $V$  – соответственно давление и объем смеси в начале расчетного промежутка времени.

Для значения расчетного промежутка времени  $d\Delta$ , соответствующего углу поворота кривошипа  $\Delta\varphi = 1 - 5^\circ$  ПКВ [4] в верхней мертвой точке, давление, температура, масса и объем рабочего тела, а также количество теплоты, переданное взаимнообразно от поверхности стенок к рабочему телу надпоршневой полости в конце расчетного промежутка времени [5]:

$$p_{i+1} = p_i + \Delta p_i, \quad (2)$$

$$T_{i+1} = \frac{p_{i+1} \cdot V_{i+1}}{M_{i+1} \cdot R}, \quad (3)$$

$$M_{(i+1)} = M'_V, \quad (4)$$

$$V_{(i+1)} = V_V + \Delta V_{\Pi}, \quad (5)$$

$$Q_{T(i+1)} = Q_{Ti} \pm \Delta Q_{Ti}, \quad (6)$$

где  $p_i, p_{i+1}$  - значения давления в начале и конце расчетного промежутка времени;

$R$  – универсальная газовая постоянная для 1 кг рабочего тела;

$M'_V$  и  $V_V$  – соответственно масса и объем рабочего тела в начале расчетного промежутка времени.

Для расчета конечного значения продолжительности расчетного промежутка времени  $\Delta \tau_i$  (угла поворота кривошипа  $\Delta \varphi_i$ ), уравнение для участка сжатия примет вид [5]:

$$\Delta p_i = \left[ \pm \frac{k_i - 1}{k_i} \cdot \frac{\Delta Q_{Ti}}{p_i} - \Delta V_{\Pi} \right]. \quad (7)$$

Взаимообмен теплоты  $\Delta Q_{Ti}$  от поверхности стенок надпоршневой полости к рабочему телу в течение расчетного промежутка времени [5]:

$$dQ_T = \sum_{j=1}^j \alpha_{Tj} \cdot (T - T_{CTj}) \cdot F_j \cdot d\tau, \quad (8)$$

где  $\alpha_{Tj}$  - коэффициент теплоотдачи от газов к элементу поверхности стенок рабочей полости

«j» с определенными физическими свойствами, учитывающий конвективный теплообмен;

$T$  - текущее значение температуры газов в надпоршневой полости;

$T_{CTj}$  - среднее за цикл значение температуры «j» элемента поверхности;

$F_j$  - площадь «j» элемента поверхности стенок надпоршневой полости.

Недостатком этой модели является исключение влияния утечки рабочего тела через поршневые кольца, что для двигателей с пробегом является недопустимым.

Для учета влияния утечек через поршневые кольца, необходимо произвести расчет массы теряемого рабочего тела между поршневыми кольцами, используя приведенные модели. Дифференциальное уравнение, описывающее характер изменения массы рабочего тела в каждом межкольцевом объеме в процессе работы двигателя:

$$\frac{dM_i}{d\varphi} = \frac{1}{6n} \cdot (\pm G_{i-1} \pm G_i), \quad (9)$$

где  $G_{i-1}, G_i$  – расход рабочего тела через замки поршневых колец.

С учетом (9) уравнение (1) примет вид:

$$dp = \frac{k p}{V} \cdot \left[ -\frac{1}{p} \cdot \left( \frac{dM_i}{d\varphi} \right) + \frac{k-1}{k} \cdot \frac{(\pm dQ_T)}{p} \right] \cdot dV_{\Pi}. \quad (10)$$

Таким образом, нами получено уравнение изменения давления в конце такта сжатия (в течение расчетного промежутка времени  $d\tau$ ), учитывающее утечку рабочего тела из цилиндра ДВС без воспламенения, которое актуально для диагностирования двигателей разработанными средствами контроля. Экспериментальные исследования подтвердили аналитиче-

ский расчет. Использование полученных зависимостей позволит оценить ресурс сопряжений ДВС и в соответствии с методикой [6] определить оптимальную периодичность диагностирования цилиндропоршневой группы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин, Ю. Н. Оценка жидкостного трения в сопряжении цилиндр - поршневое кольцо – поршень [Текст] / Ю. Н. Никитин, Л. Х. Арустамов // Двигателестроение, 1987. - №7. С. 51–53.
2. Петриченко, Р. М. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ [Текст] / Р. М. Петриченко, С. А. Батурич, Ю. Н. Исаков и др.; под общ. ред. Р. М. Петриченко. - Л.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
3. Дьяченко, В. Г. Основы теории рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания [Текст]: учеб. пособие / В. Г. Дьяченко. - Киев: УМК ВО, 1988. - 94 с.
4. Гребенников, С. А. Повышение точности диагностирования механизма газораспределения двигателя внутреннего сгорания по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала [Текст] / С. А. Гребенников, М. Г. Петров, А. С. Гребенников // Вестник Саратовского государственного технического университета. - 2011. - № 52. - С.49-55.
5. Дьяченко, В. Г. Теория двигателей внутреннего сгорания [Текст]: учебник / В. Г. Дьяченко, перевод с украинского языка. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 406 с.
6. Денисов, А. С. Влияние периодичности профилактики на надежность автомобилей [Текст] / А. С. Денисов, В. Н. Басков, В. П. Захаров // Автотранспортное предприятие. – 2011. - № 1. - С. 51-52.
7. Слитников, К. Л. Аналитическое обоснование и разработка устройства для оценки износа цилиндропоршневой группы дизелей [Текст] / К. Л. Слитников, И. К. Данилов, Ю. И. // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - №1(36). – С.15-19.

### **Бондарев Денис Алексеевич**

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

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

Аспирант кафедры «Автомобили и двигатели»

E-mail: ds-bondarev@yandex.ru

### **Данилов Игорь Кеворкович**

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

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

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

E-mail: danilov@sstu.ru

D. A. BONDAREV, I. K. DANILOV

## **ANALYTICAL STUDY OF PRESSURE AT THE END OF THE COMPRESSION STROKE WITH THE WORKING FLUID LEAKS FROM THE CYLINDER GROUP INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

*One important factor in maintaining a high level of efficiency and reliability of the engine , is the prediction of the residual life of interfaces .*

*The mathematical dependence of the pressure in the space overpiston cylinder internal combustion engine with the leakage through the coupling piston ring - liner .*

**Keywords:** *internal combustion engine (DVS) piston ring , temperature , pressure , volume, mass air-oil mixture, turn the crank shaft (PVK).*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Nikitin, YU. N. Otsenka zhidkostnogo treniya v sopryazhenii tsilindr - porshnevoe kol'tso - porshen' [Tekst] / YU. N. Nikitin, L. H. Arustamov // Dvigatellestroenie, 1987. - №7. S. 51-53.
2. Petrichenko, R. M. Elementy sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya DVS: Algoritmy prikladnykh programm [Tekst] / R. M. Petrichenko, S. A. Baturin, YU. N. Isakov i dr.; pod obshch. red. R. M. Petri-chenko. - L.: Mashinostroenie, 1990. - 240 s.

3. D'yachenko, V. G. Osnovy teorii rabochikh protsessov v dvigateleyakh vnutrennego sgoraniya [Tekst]: ucheb. posobie / V. G. D'yachenko. - Kiev: UMK VO, 1988. - 94 s.

4. Grebennikov, S. A. Povyshenie tochnosti diagnostirovaniya mekhanizma gazoraspredeleniya dvigate-lya vnutrennego sgoraniya po vnutritsiklovym izmeneniyam uglovoy skorosti kolenchatogo vala [Tekst] / S. A. Grebennikov, M. G. Petrov, A. S. Grebennikov // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo univer-siteta. - 2011. - № 52. - S.49-55.

5. D'yachenko, V. G. Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst]: uchebник / V. G. D'yachenko, perevod s ukrainskogo yazyka. - Har'kov: HNADU, 2009. - 406 s.

6. Denisov, A. S. Vliyanie periodichnosti profilaktiki na nadezhnost' avtomobiley [Tekst] / A. S. Denisov, V. N. Baskov, V. P. Zakharov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2011. - № 1. - S. 51-52.

7. Slitnikov, K. L. Analiticheskoe obosnovanie i razrabotka ustroystva dlya otsenki iznosa tsilindroporshnevoy gruppy dizeley [Tekst] / K. L. Slitnikov, I. K. Danilov, YU. I. // Mir transporta i tekhnologi-cheskikh mashin. - 2012. - №1(36). - S.15-19.

**Bondarev Denis Alekseevich**

FGBOU VPO "Saratov State Technical University named after Gaga-width YA"

Address: 77 Politechnicheskaya street, Saratov, Russia, 410054

Postgraduate Student of the department «Cars and engines»

E-mail: ds-bondarev@yandex.ru;

**Danilov Igor Kevorkovich**

FGBOU VPO "Saratov State Technical University named after Gaga-width YA"

Address: 77 Politechnicheskaya street, Saratov, Russia, 410054

Doctor of Science in Engineering, Professor of the department «Cars and engines»

E-mail: danilov@sstu.ru

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

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

В. В. ЛЯНДЕНБУРСКИЙ, С. А. КРИВОБОК, И. В. КУЧИН

## АНАЛИЗ ПЕРВИЧНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ

*В процессе проведения экспериментальных исследований по сбору статистического материала по отказам элементов автомобилей КАМАЗ, был выполнен анализ первичных неисправностей топливной аппаратуры дизелей. Собранные статистические материалы позволили выявить, что значительная часть отказов, по своим проявлениям диагностическим показателям указывает на отказы и неисправности в топливной системе высокого давления, что в дальнейшем может быть использовано для вероятностного корректирования нормативов при встроенном диагностировании для обеспечения работоспособности системы.*

**Ключевые слова:** Автомобиль, износ, экспериментальные исследования, топливная система высокого давления, первичные отказы.

В процессе проведения экспериментальных исследований по сбору статистического материала по отказам элементов автомобилей КАМАЗ, кроме отказов по двигателю, рассматривались отказы по трансмиссии, ходовой части, тормозной системе, рулевому управлению и электрооборудованию. В качестве выбранного объекта исследований рассматривается топливная система и дизельный двигатель автомобиля, устанавливаемый на грузовых автомобилях КАМАЗ.

Собранные статистические материалы позволили выявить, что значительная часть отказов, по своим проявлениям диагностическим показателям указывает на отказы и неисправности в системе высокого давления подачи топлива. Вместе с тем более детальная обработка материалов и проведенные работы по диагностированию и выявлению причин неисправностей позволила сделать заключение, что 27% отказов действительно относятся к отказам по двигателю, а 61,5% из них - отказы и неисправности в системе высокого давления подачи топлива.

Так, например, практика работы с автомобилями КАМАЗ позволила выявить, что частый ремонт топливного насоса высокого давления ТНВД приводит к выходу из строя трубопровода высокого давления около 15%. Однако эти неисправности устраняются небольшими разборочно-сборочными работами и не требуют технических воздействий на топливную систему высокого давления.

Учитывая, что количество отказов возрастает с увеличением пробега автомобиля с начала эксплуатации, был проведен специальный анализ имеющихся статистических данных, который позволил установить зависимость нарастания отказов от года эксплуатации автомобиля и пробега. Исходные данные были получены в результате обработки статистической информации, собранной в г. Пензе и Рязани.

Эксплуатируемые грузовые автомобили проходят работы по техническому обслуживанию на автотранспортных предприятиях.

Вместе с тем, при выполнении исследований необходимо было провести изучение отказов элементов топливной системы и выявить основные причины их возникновения. В связи с изложенным, для выполнения работы потребовалось сбор статистических данных по отказам и неисправностям элементов дизельных топливных систем автомобилей КАМАЗ при их эксплуатации в различных условиях.

Цель проведения экспериментальных исследований преследовала выявление наиболее слабых элементов дизельных топливных систем, определения их среднего ресурса в эксплуатации и степени влияния на работоспособность всей системы, разработку мероприятий по выявлению и отказов при эксплуатации.



Дополнительно при выполнении исследований необходимо было провести сравнение статистических материалов при эксплуатации автомобилей в различных условиях.

В ходе эксперимента было важно учесть климатические условия, обеспеченность сервисных предприятий достаточным технологическим оборудованием и квалифицированным ремонтным персоналом. По этим причинам для экспериментальных исследований поставлена задача о проведении эксплуатационных исследований на автотранспортных предприятиях.

В начальный период при проведении экспериментальных исследований в качестве объекта принята дизельная топливная аппаратура грузовых автомобилей российского производства КАМАЗ.

Наиболее важной особенностью дизельной аппаратуры является зависимость от качества топлива. В связи с этим, при проведении экспериментальных исследований по сбору статистических данных об отказах элементов дизельной аппаратуры необходимо было рассматривать конструкции использующихся в настоящее время на автомобилях. Конструктивно системы питания дизелей выполняются по одной из четырех схем: Системы разделенного типа с многоплунжерным ТНВД; Системы разделенного типа с распределительным ТНВД, с применением топливной рампы высокого давления - "Common rail"; Системы на основе насос-форсунок; Системы на основе форсунок с индивидуальными топливными насосами.

Анализ парка дизелей в нашей стране, показывает, что подавляющее большинство они оборудованы системами старого образца, более того, новые грузовые автомобили, выпускаемые в нашей стране, оборудуются механическими многоплунжерными ТНВД и позволяют выполнять нормы токсичности Евро I, II.

По этим причинам в процессе сбора статистических материалов потребовалось анализировать топливную систему в целом и учитывать конструкционные различия между ними. При этом объект исследований (топливная система) рассматривалась как система, состоящая из самого ТНВД и его устройств, представляющих прецизионные пары и исполнительные устройства.

С целью получения наибольшего объема информации об исследуемых объектах дизельной топливной системы грузовых автомобилей методикой исследований предполагалось провести изучение всех обращений на АТП по грузовым автомобилям российского производства при отказах элементов дизельной топливной системы.

В процессе проведения экспериментальных исследований по сбору статистического материала по отказам дизельной топливной системы и их элементов на грузовых автомобилях КамАЗ было обследовано 48 автомобилей.

Собранные статистические материалы позволили выявить, что значительная часть отказов, по своим проявлениям диагностическим показателям указывает на отказы и неисправности в ТНВД. Вместе с тем более детальная обработка материалов и проведенные работы по диагностированию и выявлению причин неисправностей позволила сделать заключение, что 20% отказов относятся к отказам ТНВД.

Результаты статистических данных показывают (табл. 1), что количество отказов в двух городах практически одинаково, и разница минимальна.

Основные отказы включают в себя топливный насос высокого давления, трубопровод высокого давления, форсунки, прочее.

При эксплуатации автомобилей в условиях наибольшее количество отказов приходится на топливные насосы высокого давления. На второй позиции по количеству - трубопровод высокого давления.

К техническому состоянию системы питания дизеля предъявляются особые требования, гарантирующие безотказную и надежную работу топливной аппаратуры. Вызвано это тем, что плунжерные пары топливных насосов высокого давления и игла с корпусом распылителя форсунки (попарно) обработаны и притерты с высокой точностью и представляют

собой прецизионные пары, в которых замена одной из деталей деталью из другой пары не допускается.

На систему питания дизелей приходится до 9% всех неисправностей автомобилей. Характерными причинами первичных неисправностей являются: нарушение герметичности и течь топлива, особенно топливопроводов высокого давления; загрязнение воздушных и особенно топливных фильтров; попадание масла в турбоагнетатель; износ и разрегулировка плунжерных пар насоса высокого давления; потеря герметичности форсунками и снижение давления начала подъема иглы; износ выходных отверстий форсунок, их закоксовывание и засорение (табл. 2).

Таблица 1 - Отказы дизельной топливной системы

№ п/п		Процентное содержание отказа	
		г. Пенза	г. Рязань
		КАМАЗ	КАМАЗ
1	Топливный насос высокого давления:		
1.1	плунжерная пара	7,1	6,7
1.2	пружина толкателя	2,9	2,3
1.3	пружина нагнетательного клапана	2,2	2,3
1.4	нагнетательный клапан	6,8	6,7
2	трубопровод высокого давления:		
2.1	крепление трубопроводов	16,9	16,4
2.2	трубки высокого давления	13,1	13,4
3	Форсунки:		
3.1	пружина	11,1	11,2
3.2	игла	11,9	11,9
3.3	крепление форсунки	10,8	11,2
4.	прочее	17,2	17,9

Таблица 2 - Характеристика первых отказов элементов дизельного автомобиля КАМАЗ

№ п/п	Элементы топливной системы	Пробеги, на которых произошли отказы, тыс. км
1	Топливный насос высокого давления:	
1.1	плунжерная пара	83, 123, 139, 152
1.2	пружина толкателя	81, 150, 156
1.3	пружина нагнетательного клапана	86, 152, 154, 204
1.4	нагнетательный клапан	85, 124, 151
2	трубопровод высокого давления:	
2.1	крепление трубопроводов	75, 79, 86, 152, 205
2.2	трубки высокого давления	79, 86, 150, 187
3	Форсунки:	
3.1	Пружина	83, 153
3.2	Игла	81, 157
3.3	крепление форсунки	79, 150
4.	Прочее	83, 85, 153, 156

К неисправностям системы питания дизельного двигателя относятся:

1. Уменьшение подачи топлива
2. Снижение давления при впрыске топлива
3. Неравномерность работы двигателя.
4. Двигатель работает «вразнос»
5. Повышенное содержание дыма в выхлопных газах.

Эти неисправности приводят к изменению момента начала подачи топлива, неравномерности работы топливного насоса по углу поворота коленчатого вала и количеству подаваемого топлива, ухудшению качества распыливания топлива, что, прежде всего, вызывает повышение дымности отработавших газов и приводит к незначительному повышению расхода топлива и снижению мощности двигателя на 3 - 5%.

Как видно из признаков неисправностей дизельных двигателей в большей степени встречаются неисправности связанные с топливной системой в особенности высокого давления. Ремонт и обслуживание этих систем, дороги из-за нехватки оборудования и квалифицированных специалистов.

Особое внимание при эксплуатации дизельных двигателей должно уделяться качеству топлива. Топливо должно отвечать требованиям технических условий, быть чистым и предварительно отстоянным. Должна быть обеспечена герметичность всей системы питания, исключающая попадание воздуха в систему, через неплотности соединений, что может быть одной из причин перебоев в работе двигателя.

В результате проведенных исследований по сбору статистической информации об отказах элементов дизельной топливной системы грузовых автомобилей КАМАЗ, получены данные о первых неисправностях каждого из элементов. Эмпирические функции имеют зависимости близкие к линейным (рис. 1). Первые неисправности возникают на пробеге от 80-120 тыс.км.

Возможные неисправности двигателей можно разбить на следующие группы по причинам возникновения: конструктивно-производственные недостатки или особенности двигателя; неквалифицированное обслуживание и неграмотная эксплуатация; низкое качество дизельного топлива; «естественный» износ двигателя и топливоподающей аппаратуры; низкое качество ремонта и запасных частей.

Для встроеного диагностирования возникает необходимость выявления наработки до первых неисправностей это необходимо при использовании вероятностно-логического метода выявления неисправностей.

Установлено, что существуют основные отказы: топливный насос высокого давления, трубопровод высокого давления, форсунки, прочее.

С использованием статистических данных определена зависимость ухудшения показателей, работоспособности системы питания дизельного двигателя.

Стоимость выполнения контрольно-диагностических работ с возрастанием пробега автомобиля также как и стоимость устранения отказа возрастает.

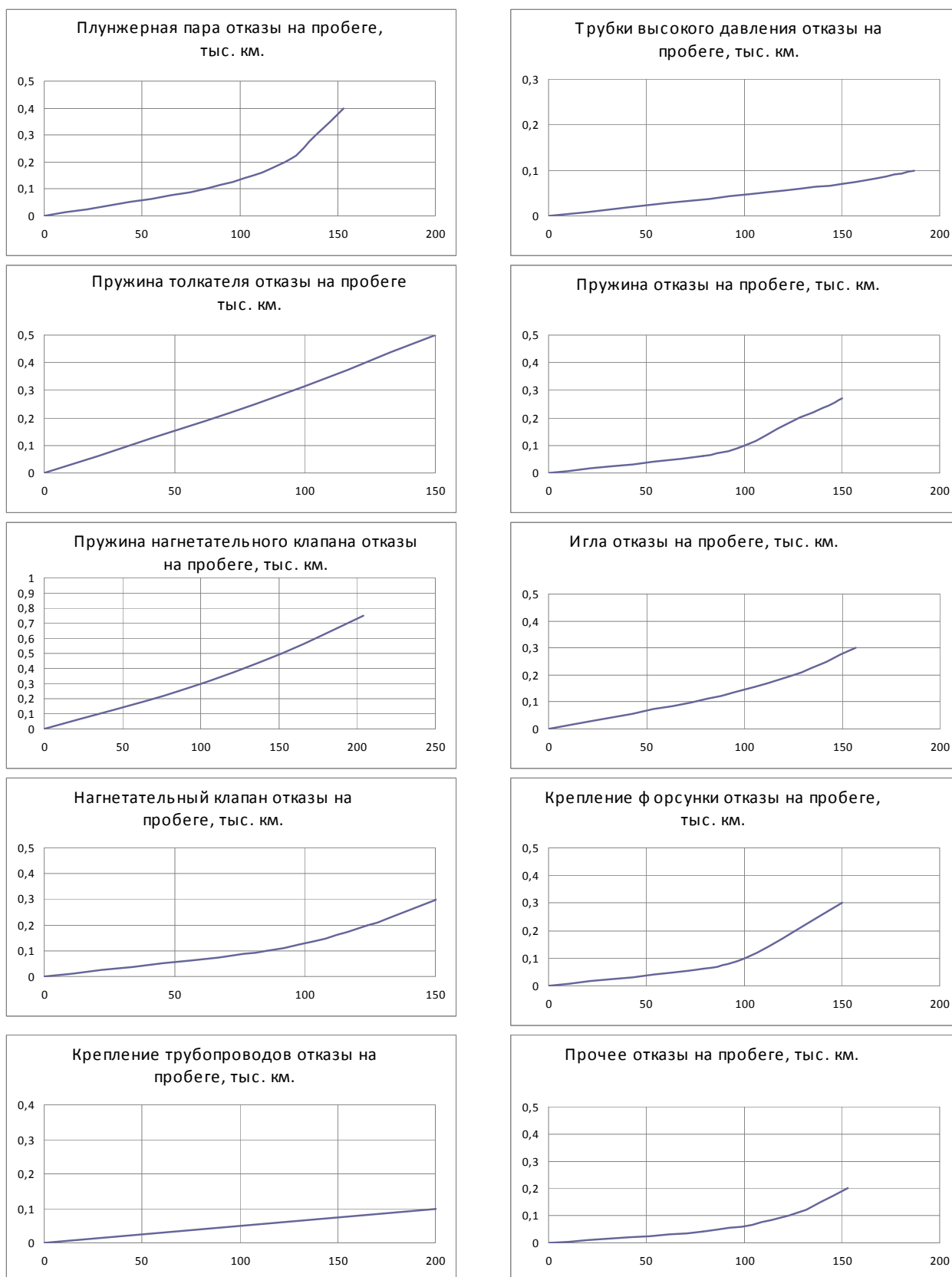


Рисунок 1 - Эмпирические функции распределения наработки до первых отказов элементов дизельного автомобиля КАМАЗ

Установлена доля первичных отказов каждого из элементов дизельной топливной системы, что в дальнейшем может быть использовано для вероятностного корректирования нормативов при встроенном диагностировании для обеспечения работоспособности системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лянденбургский, В. В. Сигнализатор технического состояния автомобилей на автотранспортном предприятии [Текст] / В. В. Лянденбургский, Ю. В. Родионов, А. С. Иванов, Д. А. Симанчев // Мир транспорта и технологических машин. – Орел. - 2010. - № 4. - С. 20-26.
2. Лянденбургский, В. В. Техническая эксплуатация автомобилей. Диагностирование автомобилей. [Текст]: учебное пособие / В. В. Лянденбургский, А. А. Карташов, А. С. Иванов. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 288 с.
3. Лянденбургский, В. В. Анализ неисправностей топливных систем дизельных автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. А. Тарасов, А. В. Федосков, С. А. Кривобок // Мир транспорта и технологических машин. – Орел. - 2011. - № 3. - С. 3-11.

**Лянденбургский Владимир Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Пенза, ул. Титова, 28  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»  
Email: dekauto@pguas.ru

**Кривобок Сергей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Пенза, ул. Титова, 28  
Студент  
Email: dekauto@pguas.ru

**Кучин Игорь Викторович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Пенза, ул. Титова, 28  
Студент  
Email: dekauto@pguas.ru

---

V. V. LYANDENBURSKY, S. A. Krivobok, I. V. Kuchin

## ANALYSIS OF PRIMARY TROUBLE DIESEL FUEL EQUIPMENT

*In the course of carrying out pilot studies on collecting a statistical material on refusals of elements of cars KAMAZ, was made the analysis of primary malfunctions of the fuel equipment of diesels. Collected statistical materials allowed to reveal that the considerable part of refusals, on the manifestations to diagnostic indicators indicates refusals and malfunctions in fuel system of a high pressure that further can be used for a probabilistic correcting of standards at built-in diagnosing for ensuring operability of system.*

**Keywords:** Car, wear, pilot studies, fuel system of a high pressure, primary refusals.

## BIBLIOGRAPHY

1. Lyandenburskiy, V. V. Signalizator tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley na avtotransportnom predpriyatii [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, YU. V. Rodionov, A. S. Ivanov, D. A. Simanchev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel. - 2010. - № 4. - S. 20-26.
2. Lyandenburskiy, V. V. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley. Diagnostirovanie avtomobiley. [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Lyandenburskiy, A. A. Kartashov, A. S. Ivanov. - Penza: PGUAS, 2011. - 288 s.
3. Lyandenburskiy, V. V. Analiz neispravnostey toplivnykh sistem dizel'nykh avtomobiley [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. A. Tarasov, A. V. Fedoskov, S. A. Krivobok // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel. - 2011. - № 3. - S. 3-11.

**Ljandenbursky Vladimir Vladimirovich**

FGBOU VPO «Penza state university of architecture and building»  
Address: 440028, Russia, Penza, Titov's street, 28  
Candidate. tehn. , assistant professor of "Operation of road transport"  
E-mail: dekauto@pguas.ru

**Krivobok Sergey Aleksandrovich**

FGBOU VPO «Penza state university of architecture and building»  
Address: 440028, Russia, Penza, Titov's street, 28  
Student  
E-mail: dekauto@pguas.ru

**Kuchin Igor Viktorovich**

FGBOU VPO «Penza state university of architecture and building»  
Address: 440028, Russia, Penza, Titov's street, 28  
Student  
Email: dekauto@pguas.ru



УДК 622.684:621.43.004.67,004,1.002.237

В. С. ШАТЕРНИКОВ, Ю. В. СЕМИКОПЕНКО, М. В. ШАТЕРНИКОВ

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ ДО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

*Установлена группа основных элементов двигателя, лимитирующих его ресурс. Приведена целевая функция для определения оптимального варианта восстановления работоспособности двигателя. Приведены ограничения на ресурс двигателя после проведения ремонтного воздействия. Рассмотрены, наиболее часто применяемые на практике, стратегии ремонтного обслуживания двигателя и дана краткая их характеристика. Для определения оптимальной стратегии ремонтного воздействия приведена схема моделирующего алгоритма.*

**Ключевые слова:** работоспособность, целевая функция, алгоритм, стратегия ремонтного воздействия, удельные затраты.

Восстановление работоспособности автомобильных двигателей в настоящее время осуществляется в основном путем проведения текущих ремонтных воздействий. Причинами постановки двигателей на ремонтное воздействие, как правило, являются износы деталей цилиндро-поршневой группы (гильз, поршневых колец и частично поршней). Как показали проведенные исследования [1], наработка деталей гильзо-поршневой группы на отказ (рис. 1) составляет: для поршня — 46,4 тыс. км, гильзы цилиндров — 44,59 тыс. км, поршневых колец (компрессионных) — 46,4 тыс. км, поршневого пальца — 69,19 тыс. км. Эти детали, как правило, лимитируют ресурс двигателя до капитального ремонта, который и настоящее время для двигателя ЯМЗ-240 составляет около 50 тыс. км, для ЯМЗ-240Н — 45 тыс. км.

Замена указанных деталей гильзо-поршневой группы после пробега автомобиля 40 - 50 тыс. км, позволяет повысить срок службы двигателя, полнее использовать ресурс более долговечных деталей, уменьшить удельные затраты и продолжительность простоев при ремонтном обслуживании.

Для более полной реализации ресурса двигателя, до ресурса соответствующего капитальному ремонту, как показывают исследования, целесообразна также замена коленчатого вала с вкладышами и головок цилиндров, ресурс которых несколько больше, чем ресурс указанных выше деталей [2].

Для анализа и выбора оптимального варианта восстановления работоспособности двигателя, в данной статье рассматривается целевая функция, имеющая следующий вид:

$$Q = f(C_{дв.}, Z, C_{з.ч.}, C_m, d, q, G, C_{пр}, C_{т.з.}, C_э, C_{об}, C_{н.р.}) \rightarrow \min, \text{руб.}, \quad (1)$$

где Q - общие затраты на поддержание двигателя в работоспособном состоянии с учетом потерь от простоев в ремонте, руб.;

$C_{дв.}$  - остаточная стоимость двигателя к моменту установки его на ремонтное обслуживание, руб.;

Z - заработная плата рабочих, занятых ремонтным обслуживанием двигателей, руб.;

$C_{з.ч.}$  - стоимость запасных частей, необходимых для ремонтного обслуживания двигателя, руб.;

$C_m$  ..... - стоимость материалов, используемых при техническом обслуживании (ТО) и ремонте двигателя, руб.;

d - затраты на доставку двигателя к месту проведения ремонтного обслуживания, руб.;

q - ущерб от простоя при нахождении двигателя в ремонте, руб.;

G - потери от недоиспользования ресурса деталей, преждевременно заменяемых при ремонтном обслуживании, руб.;

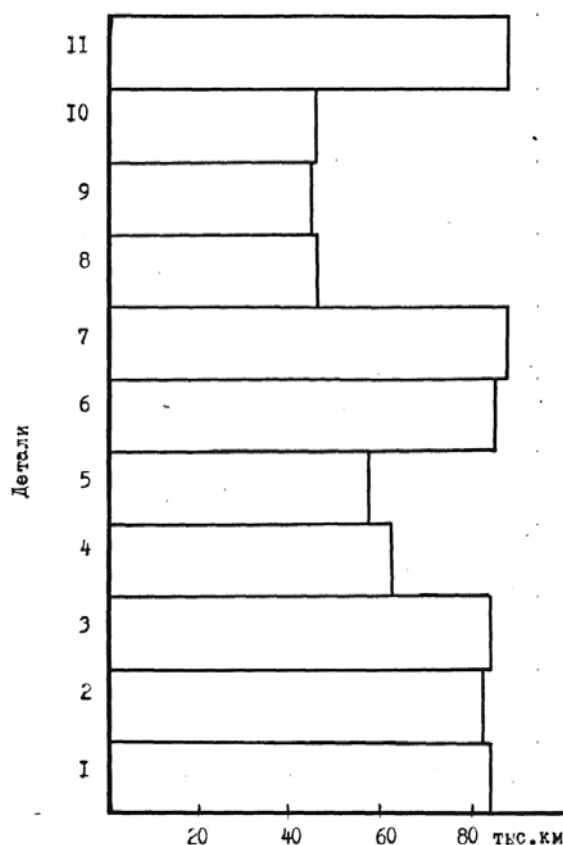
$C_{пр}$  - уменьшение потерь от дополнительных сборок, разборок и приработки деталей при групповой их замене, руб.;

$C_{т.з.}$  - затраты на транспортно-заготовительные работы, выполняемые при проведении ремонтного обслуживания, руб.;

$C_{э}$  - стоимость электроэнергии, расходуемой при проведении ремонтного обслуживания двигателя, руб.;

$C_{об}$  - расходы по содержанию и эксплуатации ремонтного (гаражного) оборудования, отнесенные на двигатель, руб.;

$C_{н.р.}$  - накладные расходы, руб.



**Рисунок 1 - Ресурс основных деталей двигателя ЯМЗ-240Н**

1 – блок цилиндров; 2 – головка цилиндров; 3 – клапана; 4 – вал коленчатый;

5 – вкладыши шатунные; 6 – шатун; 7 – вал распределительный; 8 – поршень; 9 – гильза цилиндров; 10 – кольца поршневые; 11 – палец поршневой

Составляющие целевой функции рассчитываются методами, изложенными в специальной литературе [4].

В основу разработки алгоритма, оптимизации стратегии ремонтного обслуживания объектов производства, положена идея алгоритма «киевский веник» (рис. 2). Суть этой идеи заключается в формулировке правил последовательного сужения множества конкурентно-способных вариантов [3]. Многошаговый процесс этого алгоритма, позволяет на каждом шаге «отметать» некоторое множество вариантов  $\Omega_j$ , о котором в процессе работы алгоритма, становится известным, что оно, не содержит оптимального варианта. Исследования, проведенные на Лебединском горно-обогатительном комбинате (ГОК), показали, что уже после второй итерации установлен оптимальный вариант ремонтного обслуживания для двигателей ЯМЗ-240Н. Это сочетание следующих ремонтных воздействий: предупредительный ремонт № 1 (ПР1) – капитальный ремонт (КР) – предупредительный ремонт № 1 – списание двигателя (ПР1 – КР – ПР1).

Однако необходимо отметить, что такие универсальные методы, как метод полного перебора, динамического программирования, случайного поиска и др., по сравнению с алгоритмом, как «киевский веник», являются менее рациональными. Этот метод положен нами в основу разработанного алгоритма, выбора оптимальной стратегии ремонтных воздействий объектов производства.

При решении задачи выбора оптимальной стратегии ремонтного обслуживания, были введены ограничения на ресурс двигателя после проведения ремонтного воздействия и удельных затрат  $C$  по уходу за двигателем в послеремонтный период:

$$L_{м.р.} \geq L_{\min}, \text{ км}, \quad (2)$$

$$C = \min \left( \frac{Q}{L_{м.р.}} \right), \text{ руб/км}, \quad (3)$$

где  $L_{м.р.}$  — межремонтный ресурс двигателя, км;

$L_{\min}$  — минимально допустимый ресурс двигателя после планируемого ремонтного воздействия (ПР1, ПР2, КР), км;

$C$  — удельные затраты по уходу за двигателем после проведения ремонтного воздействия (ПР1, ПР2, КР), отнесенные на 1000 км пробега автомобиля, руб.

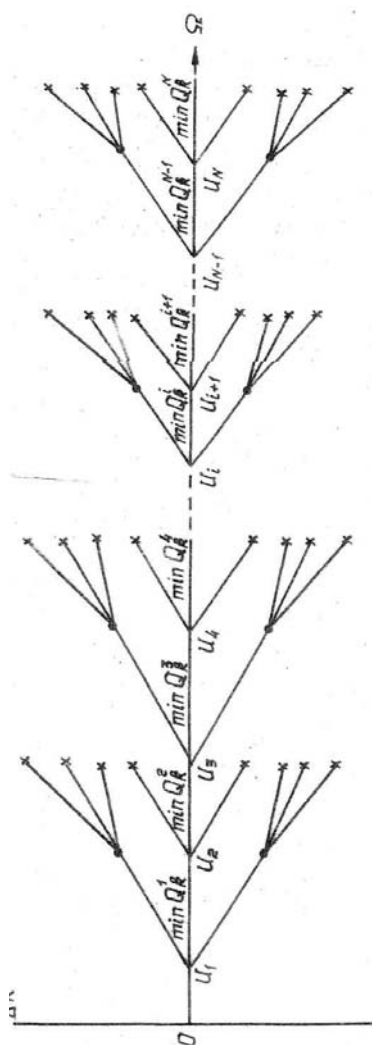


Рисунок 2 - Схема алгоритма с усечением рассматриваемых вариантов после двух итераций

Минимально допустимый ресурс двигателя ЯМЗ-240Н должен быть не ниже 50% фактической средней его величины после проведения ремонтного воздействия № 1 (ПР1). По данным ремонтных мастерских цехов технологического транспорта (ЦТТ) ГОКов и рудоправлений Министерства металлургии РФ [5, 6], средняя наработка указанных двигателей за 2007—2011 гг. после проведения ремонтного воздействия (ПР1) составила 40 тыс. км, поэтому межремонтный ресурс двигателей ЯМЗ-240Н ограничивается величиной  $40 \text{ тыс. км} \times 0,5 = 20 \text{ тыс. км}$ .

Вторым ограничением, при определении оптимальной стратегии ремонтного воздействия, является величина минимальных удельных затрат  $C$ . При организации ремонтного обслуживания двигателей, предпочтение должно отдаваться той стратегии, у которой величина  $C$  будет наименьшей.

Нами рассмотрены три, наиболее часто применяемые на практике, стратегии ремонтного обслуживания: путем проведения капитальных ремонтов (КР — КР); предупредительного ремонта № 1 и капитального ремонта (ПР1—КР); предупредительных ремонтов № 1 (ПР1), № 2 (ПР2) и капитального ремонта (ПР1 — ПР2 — КР).

По первой стратегии капитальные ремонты, как правило, проводятся в мастерских цеха технологического транспорта (ЦТТ) ГОКа. В период между капитальными ремонтами, выполняются еще текущие ремонтные воздействия, без снятия двигателя. Данная стратегия является действующей в большинстве мастерских ЦТТ предприятий ГОКов Министерства металлургии РФ. Недостатком ее является значительное недоиспользование ресурса многих наиболее долговечных деталей, большая продолжительность простоев в ремонтном обслуживании, убытки в связи с этим, и затраты на ремонтные воздействия.

В отличие от первой, по второй стратегии, в период до капитального ремонта выполняется предупредительный ремонт № 1, при котором осуществляется замена наименее долговечных деталей, лимитирующих ресурс двигателя до капитального ремонта (поршневые кольца, гильзы цилиндров, поршни, шатунные вкладыши). Это позволяет полнее использовать ресурс большой группы более долговечных деталей, увеличить срок службы двигателя до капитального ремонта. При наличии запасных частей, весьма часто ПР1 выполняется в мастерских ЦТТ ГОКов.

По третьей стратегии предусматривается кроме первого, еще и второй предупредительный ремонт, при котором заменяются детали средней долговечности (коленчатый вал, головки цилиндров, шатуны и др.). При этом достигается максимальный срок службы двигателя до капитального ремонта. Однако, на практике этот вид стратегии применяется реже, так как при замене коленчатого вала, очень часто возникает необходимость его балансировки с маховиком, что невозможно сделать в мастерских ЦТТ.

Затраты на поддержание двигателя в работоспособном состоянии и потери от простоев при различных стратегиях, неодинаковы; изменяются также остаточная стоимость двигателя, недоиспользование ресурса преждевременно заменяемых деталей, потери ресурса деталей наработку и другие факторы.

Для математического описания зависимостей, необходимых для определения оптимальной стратегии ремонтного воздействия, построены кривые, приведенные на рисунке 3. При построении указанных кривых были использованы экспериментальные данные, полученные в ЦТТ ГОКов Министерства металлургии РФ (Лебединский и Стойленский ГОКи, ЗАО «Гормаш» г. Белгород).

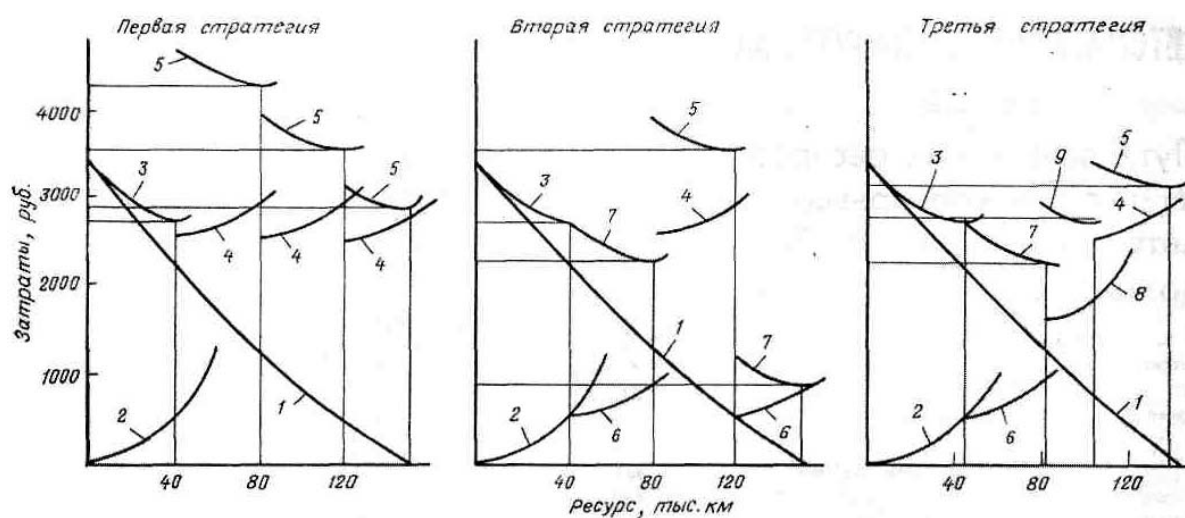


Рисунок 3 - Изменение затрат на поддержание двигателя в работоспособном состоянии в зависимости от принятой стратегии ремонта

Кривые, показанные на рисунке 3, описываются уравнениями регрессии следующего вида:

$$Y = A_0 \cdot L^0 + A_1 \cdot L^1 + A_2 \cdot L^2 + \dots + A_{n-1} \cdot L^{n-1} + A_n \cdot L^n, \quad (4)$$

где  $Y$  — затраты на поддержание двигателя в работоспособном состоянии, руб.;

$A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$  — коэффициенты регрессии;

$L$  - ресурс двигателя, км.

В представленном уравнении неизвестны коэффициенты регрессии  $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$ . Для их определения, применена схема Жордано без обратного хода [7]. Используя такую методику с применением ЭВМ, были определены их численные значения.

Рассмотрим характер кривых на рисунке 3, Кривая 1 показывает характер изменения стоимости двигателя от пробега автомобиля, Во время эксплуатации его элементы изнашиваются и, следовательно, уменьшается его стоимость, которая зависит от норм амортизационных отчислений на капитальный ремонт и на полное восстановление [8].

Характер изменения эксплуатационных затрат на ТО и ремонтные воздействия нового двигателя от величины ресурса показывает кривая 2; кривая 3 – суммарные затраты эксплуатационных затрат и остаточной стоимости двигателя (пробег - 42,5 тыс. км, суммарные затраты на ремонтное обслуживание – 281500 руб.); эксплуатационные затраты после проведения ремонтного воздействия КР (тот же пробег, затраты на ремонт - 280000 руб.) - кривая 4; кривая 5 суммарные эксплуатационные затраты после проведения ремонтного воздействия КР и остаточной стоимости двигателя (пробег - 82 тыс. км, затраты на ремонт - 280000 руб.). Изменения затрат, на ТО и ремонтные воздействия двигателя, происходят неравномерно. В начальный период эксплуатации двигателей, до пробега 40—50 тыс. км., подавляющее их большинство, поддерживается в работоспособном состоянии в основном благодаря проведению ТО, и лишь незначительная часть двигателей - в результате ремонтных воздействий. Следовательно, затраты на ремонтное обслуживание в этот период небольшие. При дальнейшей эксплуатации, работоспособность двигателя поддерживается уже в основном только за счет проведения ремонтных воздействий, число которых резко возрастает, в связи с чем, увеличиваются и затраты на их проведение.

Изменение затрат на ТО, после проведения ремонтного воздействия ПР1, показывает кривая 6. В начальный период эксплуатации двигателя они снижаются, так как затраты на ТО и ремонтные воздействия в этот период увеличиваются медленно, а затем, с увеличением эксплуатационных затрат, растут и суммарные. Кривые 7, 8 и 9 характеризуют те же измене-



ния после проведения, соответственно, капитального ремонта, ремонтного воздействия ПР1 и ПР2.

Для определения оптимальной стратегии ремонтного воздействия разработана схема моделирующего алгоритма (рис. 4), сущность которой заключается в следующем. Вводятся исходные данные начальных функций для ПР1, ПР2 и КР, определяется минимум суммарных затрат на ТО и ремонтные воздействия двигателя  $Q_i$ . По  $Q_i$  определяется величина ресурса  $L_i$ , при котором выполняется тот или иной вид ремонтного воздействия, вычисляются затраты  $C_i$  на 1000 км пробега.

Величина затрат на ремонтные воздействия двигателя, отнесенная на 1000 км пробега автомобиля, после проведения ПР1, ПР2 и КР, определяется по формуле:

$$C_i = \frac{Q_i}{L_i - L_{i-1}}, \text{ руб./1000 км,} \quad (5)$$

где  $Q_i$  - суммарные затраты на ТО и ремонтные воздействия после проведения ПР1, ПР2 и КР, руб.;

$L_i$  - ресурс двигателя после проведения очередного ремонтного воздействия, км;

$L_{i-1}$  - ресурс двигателя до проведения очередного ремонтного воздействия, км.

В результате сравнения значений  $Q_i$ ,  $L_i$ ,  $C_j$ , определяется вид ремонтного воздействия - ПР1, ПР2 или КР. Выбирается такой вид ремонтного воздействия, у которого межремонтный ресурс двигателя не менее минимально допустимого  $L_{\min}$ , а затраты на ремонтные воздействия, отнесенные на 1000 км пробега автомобиля,  $C_i$  наименьшие.

При значениях ресурса  $L_i$  меньше минимально допустимого  $L_{\min}$ , проведение любого ремонтного воздействия (ПР1, ПР2 или КР) нецелесообразно согласно ограничениям по формулам (2) и (3).

Суммируя отдельно значения  $Q_i$  и  $L_i$  для каждой из рассматриваемых стратегий ремонтных воздействий, определяем значения  $C_i$ . Оптимальной считается та стратегия, при которой затраты на ремонтные воздействия двигателя, отнесенные на 1000 км пробега автомобиля, будут наименьшими.

Практическое решение задачи по определению оптимальной стратегии ремонтных воздействий двигателей ЯМЗ-240Н реализовано на машине ЕС-1020 с использованием данных, полученных экспериментально в ЦГТ ГОКов Министерства металлургии РФ. При решении задачи рассматривались три стратегии ремонтных воздействий, перечисленные выше. Оптимальной оказалась вторая стратегия ПР1 - КР.

Удельные затраты на 1000 км пробега по первой стратегии ремонтного воздействия, по результатам исследований на Лебединском и Стойленском ГОКах, для двигателей ЯМЗ-240Н составили 10408 руб., второй— 6004 руб. и третьей - 8552 руб.

Увеличение удельных затрат для первой стратегии обусловлено тем, что при проведении одних только капитальных ремонтов проводится большой объем работ для восстановления работоспособности двигателя, который не всегда обоснован технически и экономически. Вкладывая значительные трудовые, материальные и денежные средства на проведение капитального ремонта двигателя, практически не достигается увеличения срока его службы по сравнению со сроком службы после проведения ремонтного воздействия ПР1.

Для третьей стратегии, увеличение удельных затрат объясняется значительными трудовыми, материальными и денежными средствами на проведение ремонтного воздействия ПР2, величина ресурса в этом случае остается меньше, чем после проведения КР.

Данные экспериментальных исследований и расчетов на ЭВМ показывают, что оптимальный ресурс двигателя до капитального ремонта с введением в ремонтную практику ремонтного воздействия ПР1 для двигателей ЯМЗ-240Н составляет около 82 тыс. км, что, соответственно на 36 % больше, чем при традиционной системе.

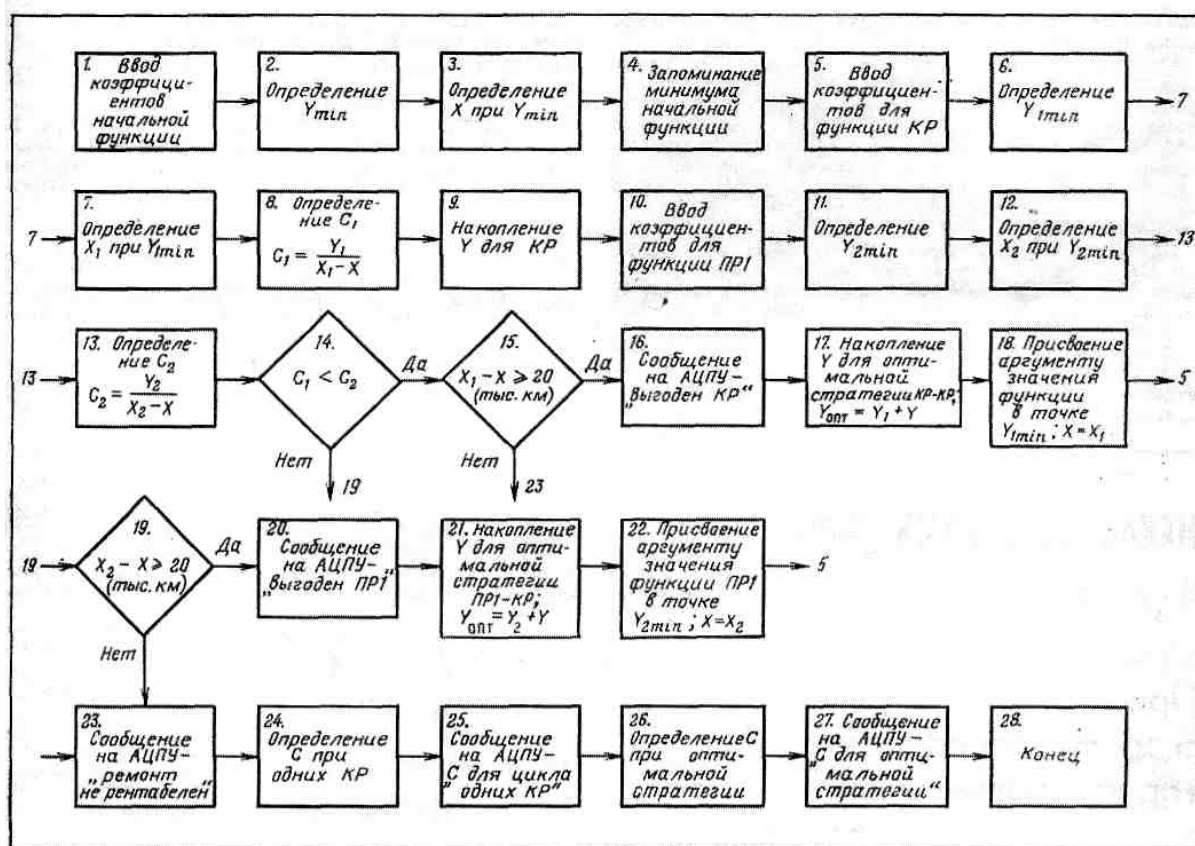


Рисунок 4 - Блок-схема алгоритма выбора оптимальной стратегии ремонта двигателей ЯМЗ-240Н:

$Y_{min}$  - минимальные значения затрат на поддержание двигателя в работоспособном состоянии до проведения ремонта;  $Y_{1min}, Y_{2min}$  - то же, после проведения, соответственно, КР и ПР1;  $Y_{opt} = Y_1 + Y$  - суммарные значения затрат на поддержание двигателя в работоспособном состоянии при  $C_1 < C_2$ ;  $Y_{opt} = Y_2 + Y$  - то же, при  $C_2 < C_1$  и  $X_2 - X_1 \geq 20$  тыс. км для оптимальной стратегии ПР1 - КР;  $X, X_1, X_2$  - значение ресурса двигателя при известной значении, соответственно,  $Y_{min}, Y_{1min}, Y_{2min}$ ;  $C_1, C_2$  - удельные затраты при проведении соответственно КР и ПР1

Данные экспериментальных исследований и расчетов на ЭВМ показывают, что оптимальный ресурс двигателя до капитального ремонта с введением в ремонтную практику ремонтного воздействия ПР1 для двигателей ЯМЗ-240Н составляет около 82 тыс. км, что, соответственно на 36 % больше, чем при традиционной системе.

Проведение промежуточных ремонтных воздействий, по замене наименее долговечных элементов, позволяет значительно повысить срок службы двигателей до капитального ремонта и снизить затраты на их ремонтное обслуживание на 25-30%.

Предложенная математическая модель позволяет исследовать различные стратегии управления работоспособностью двигателя, а также решать комплекс задач по проектированию, эксплуатации и ремонту двигателей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюмин, И. Е. Износы деталей и ресурс двигателей ЯМЗ-240 [Текст] / И. Е. Дюмин, В. С. Шатерников // М.: Автомобильный транспорт, 1980. - № 7. - с. 34-35.
2. Дюмин, И. И. Ресурс автомобильных двигателей и повышение эффективности его использования [Текст] / И. Е. Дюмин // М.: Автомобильный транспорт. 1983. - № 2. - С. 34-37.
3. Михалевич, В. С. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов [Текст] / В. С. Михалевич, В. А. Трубин, Н. З. Шор. - М.: Наука, 1983. - 208 с.
4. Черноудов, Н. Н. Планирование и калькулирование себестоимости промышленной продукции [Текст] / Н. Н. Черноудов, Н. М. Юрьев. - М., Экономика, 1971. - 183 с.
5. Отчет Лебединского ГОКа о выполнении плана по себестоимости товарной продукции [Текст]. - Губкин: ЛГОК, 2005-2012. - 52 с.
6. Отчет Стойленского ГОКа о выполнении плана по себестоимости товарной продукции [Текст]. - Старый Оскол: СГОК, 2005-2012. - 52 с.
7. Березин, И. С. Методы вычислений [Текст] / И. С. Березин, Н. П. Жидков. - М.: Наука, Т. 1, 1966. - 632 с.

8. Постановление Совмина СССР от 22.10.90 г. № 1072 (ред. от 06.04.2001 г.) «О единых нормах амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР» [Текст]. - М.: 2001. - 110 с.

**Шатерников Владимир Степанович**

НЧОУ ВПО «Курский автодорожный институт»

Адрес: 305040, Россия, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 169а

Канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Автомобильное хозяйство и автосервис»

E-mail: noukti@mail.ru

**Семикопенко Юрий Васильевич**

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

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: noukti@mail.ru

**Шатерников Максим Владимирович**

НЧОК ВПО «Курский автодорожный институт», г. Курск

Адрес: 305040, Россия, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 169а

Студент

E-mail: noukti@mail.ru

---

V. S. SHATERNIKOV , Y. V. SEMIKOPENKO , M. V. SHATERNIKOV

## WAYS TO INCREASE CAPACITY ENGINE QUARRY DUMP BELAZ TO OVERHAUL

*Established a group of major engine components that limit its life. Given the objective function of optimal variant disaster recovery engine. Are the limitations on the life of the engine after the repair action. Is considered the most commonly used in practice , strategies and motor repair services summarizes their characteristics . To determine the optimal strategies repair effect is a diagram of the modeling algorithm.*

**Keywords:** performance, the objective function, the algorithm, the strategy of repair effects, unit costs.

### BIBLIOGRAPHY

1. Dyumin, I. E. Iznosy detaley i resurs dvigateley YAMZ-240 [Tekst] / I. E. Dyumin, V. S. Shaternikov // М.: Avtomobil'nyy transport, 1980. - № 7. - с. 34-З5.
2. Dyumin, I. I. Resurs avtomobil'nykh dvigateley i povyshenie effektivnosti ego ispol'zovaniya [Tekst] / I. E. Dyumin // М.: Avtomobil'nyy transport. 1983. - № 2. - С. 34-37.
3. Mikhalevich, V. S. Metody posledovatel'noy optimizatsii v diskretnykh setevykh zadachakh optimal'nogo raspredeleniya resursov [Tekst] / V. S. Mikhalevich, V. A. Trubin, N. Z. Shor. - М.: Nauka, 1983. - 208 s.
4. Chernoudov, N. N. Planirovanie i kal'kulirovanie sebestoimosti promyshlennoy produktsii [Tekst] / N. N. Chernoudov, N. M. YUr'ev. - М., Ekonomika, 1971. - 183 с.
5. Otchet Lebedinskogo GOKa o vypolnenii plana po sebestoimosti tovarnoy produktsii [Tekst]. - Gubkin: LGOK, 2005-2012. - 52 s.
6. Otchet Stoylenskogo GOKa o vypolnenii plana po sebestoimosti tovarnoy produktsii [Tekst]. - Staryy Oskol: SGOK, 2005-2012. - 52 s.
7. Berezin, I. S. Metody vychisleniy [Tekst] / I. S. Berezin, N. P. ZHidkov. - М.: Nauka, Т. 1, 1966. - 632 s.
8. Postanovlenie Sovmina SSSR ot 22.10.90 g. № 1072 (red. ot 06.04.2001 g.) "O edinykh normakh amortizatsionnykh otchisleniy na polnoe vosstanovlenie osnovnykh fondov narodnogo khozyaystva SSSR" [Tekst]. - М.: 2001. - 110 s.

**Shaternikov Vladimir Stepanovich**

NCHOU VPO "Kursk Highway Institute "

Address: 305040 , Russia, Kursk, Kursk, street . 50 years of October, 169a

Candidate . tehn. , Associate Professor , Head. Department " Automotive industry and auto repair "

E-mail: noukti@mail.ru

**Semikopenko Yuri Vasilevich**

FGBOU VPO " Belgorod State Technological University . VG Shukhov "

Address: 308012 , Russia, Belgorod, st. Kostyukova 46

Candidate . tehn. , assistant professor of "Organization and safety"

E-mail: noukti@mail.ru

**Shaternikov Maxim Vladimirovich**

NCHOK VPO "Kursk Highway Institute " , Kursk

Address: 305040 , Russia, Kursk, Kursk, street . 50 years of October, 169a

Student

E-mail: noukti@mail.ru

С. В. ТИМОХИН, Ю. В. РОДИОНОВ

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ДЛЯ ОБКАТКИ ДИЗЕЛЕЙ С ДИНАМИЧЕСКИМ НАГРУЖЕНИЕМ

*Представлены функциональные схемы оборудования для проведения горячей обкатки дизелей в бестормозных неустановившихся режимах, а также алгоритм её проведения. Предложена цифровая автоматизированная система управления обкаткой ДВС с динамическим нагружением, дано описание работы исполнительных механизмов. Подробно рассмотрена электрическая схема блока программного управления.*

**Ключевые слова:** дизель, горячая обкатка, динамическое нагружение, алгоритм.

Для обкатки ДВС с использованием усовершенствованного цикла динамического нагружения (ЦДН) [1] необходимо разработать алгоритмы работы, функциональные, электрические и кинематические схемы отдельных элементов и системы в целом. На первых ступенях обкатки с ДН можно использовать известный алгоритм управления по положению кулачка в зоне верхнего и нижнего пределов УСКВ и с фиксированным временем паузы от момента остановки кулачка в зоне нижнего предела УСКВ до начала следующего такта разгона. Для контроля положения органа управления топливоподачей рекомендуется использовать датчики для многопозиционного контроля положения [2]. Реализация усовершенствованного ЦДН возможна по различным алгоритмам, например по положению рычага РЧВ в зоне верхнего предела УСКВ и времени паузы, обеспечивающей снижение УСКВ до требуемого повышенного нижнего предела. Такой алгоритм наиболее прост в реализации, так как не требует контроля УСКВ в зоне нижнего предела. К его недостатку следует отнести меньшую точность задания и поддержания величины УСКВ на нижнем пределе, вследствие ее задания по времени.

Для реализации предлагаемой технологии обкатки с использованием усовершенствованного ЦДН разработана аналого-цифровая автоматизированная система управления обкаткой ДВС с динамическим нагружением (АСУ-ДН), реализующая алгоритм управления по положению кулачка ИМ в зоне верхнего и нижнего пределов УСКВ на первых ступенях и по значению УСКВ нижнего, переменного предела (или по времени паузы) на последних ступенях обкатки с динамическим нагружением.

Функциональная схема данной АСУ-ДН (рис. 1) содержит блок питания (БП), каретку (К), концевые выключатели (Кв), механизм ручного (МРУ) и дистанционного управления скоростным режимом ДВС (МДУ), задатчик скоростного режима ДВС (ЗСР), задатчик времени паузы (ЗП), регулятор напряжения (РН), задатчик нагрузки (ЗН), переключатель режимов работы (ПРР), таймер (Т), кулачковый преобразователь (КП), тросик (ТС), шкив-сектор (ШС), мотор-редуктор (МР), датчик угла поворота вала мотор-редуктора (ДУП), датчик частоты вращения (ДЧВ), измеритель мощности дизелей (ИМД-Ц), электронный ключ (ЭК).

Каретка, концевые выключатели, механизм ручного и дистанционного управления скоростным режимом ДВС, кулачковый преобразователь, тросик, шкив-сектор, мотор-редуктор и датчик угла поворота вала мотор-редуктора входят в состав первого исполнительного механизма (ИМ), а остальные элементы – в состав блока управления АСУ-ДН.

Первый и второй входы каретки связаны с механизмами ручного и дистанционного управления скоростным режимом ДВС, а первый и второй выходы с первым входом концевых выключателей и первым входом кулачкового преобразователя, выход которого через тросик и шкив-сектор соединен с ДВС, а второй вход связан с выходом мотор-редуктора и входом датчика угла поворота, выход последнего через переключатель режимов работы подключен к первому входу таймера. Второй вход таймера соединен с выходом задатчика паузы, вход которого соединен с выходом концевых выключателей, второй вход которых подключен к плюсовой шине питания. С коленчатым валом ДВС связан датчик частоты враще-

ния прибора измерителя мощности дизелей ИМД-ЦМ (или МИПД-1), который электрически связан с электронным ключом, выход которого подключен к первому входу таймера. Выход таймера соединен с первым входом регулятора напряжения мотор-редуктора, второй вход которого связан с задатчиком нагрузки.

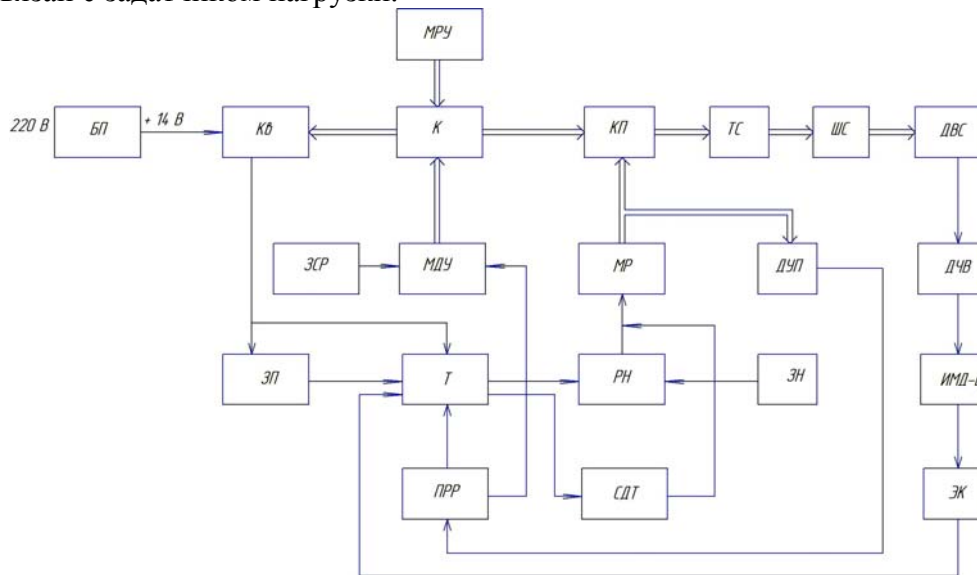


Рисунок 1 – Функциональная схема аналого-цифровой АСУ-ДН (см. позиции в тексте)

Кинематическая схема исполнительного механизма для привода рычага РЧВ 1, отличается от ранее известных, наличием второго мотор-редуктора для дистанционного управления скоростным режимом ДВС конструкцией шкив-сектора с набором отверстий для его установки на ТНВД различных марок.

Электрическая схема АСУ-ДН содержит: блок питания, состоящий из силового понижающего трансформатора  $T1$ , диодного моста  $VD1-VD4$ , фильтра  $C1$  и интегрального стабилизатора напряжения  $DA1$ ; широто-импульсный регулятор напряжения питания мотор-редуктора постоянного тока (М1) на микросхеме  $DA 1$  и транзисторе  $VT1$ , таймер на микросхеме  $DA 2$ , систему динамического торможения мотор-редуктора М1 на транзисторе  $VT2$ , переключатель режимов работы, включающий галетный переключатель  $SA3.1$  и реле  $K2-K6$ , механизм дистанционного управления скоростным режимом ДВС на базе реверсивного мотор-редуктора переменного тока М2, прибор ИМД-ЦМ (или МИПД-1) с датчиком частоты вращения (ДЧВ)  $L1$  и другие элементы.

На передней панели блока управления расположены: диагностический прибор ИМД-ЦМ, тумблеры включения сети, исполнительного механизма, кнопки управления частотой вращения ДВС, переключатель режимов работы, контрольные лампы, регуляторы паузы и нагрузки. На задней стенке прибора установлены штыревые разъемы для подключения кабелей исполнительного механизма, датчика частоты вращения и питания от сети.

Согласно разработанного алгоритма работа АСУ-ДН происходит следующим образом.

В режиме «Настройка» каретка автоматически реверсивным мотор-редуктором перемещается в сторону увеличения частоты вращения коленчатого вала ДВС до срабатывания концевого выключателя  $SF3$ , за счет блокировки кнопки  $SV2$  контактами реле  $K2$ , при этом кулачок первого мотор-редуктора повернется в положение максимального радиуса за счет подключения к выходу таймера соответствующего концевого выключателя датчика угла поворота (ДУП)  $SF1$  контактами реле  $K3.1$ . В этом положении каретки подключают трос к шкив-сектору, установленному на рычаг РЧВ дизеля, отклоняя его до упора в болт ограничения максимальной частоты вращения.

В режиме «Холодная обкатка» включаются реле  $K4$  и  $K5$ , а  $K2$  и  $K3$  выключаются. При этом кулачок повернется в положение минимального радиуса (до срабатывания  $SF2$ ), а



каретка переместится в сторону выключения подачи топлива (до срабатывания  $SF4$ ), таким образом, при холодной обкатке подача топлива будет полностью выключена, а частота вращения коленчатого вала, обеспечиваемая работой устройства для холодной обкатки, будет контролироваться по прибору ИМД-ЦМ, датчик которого устанавливается в резьбовое отверстие напротив зубчатого венца маховика. Холодная обкатка проводится путем прокрутки коленчатого вала ДВС, согласно рекомендованных режимов.

В режиме обкатки на «Холостом ходу» включается реле  $K3$ , обеспечивая поворот кулачка в положение максимального радиуса, а управление частотой вращения ДВС либо рукояткой исполнительного механизма, либо кнопками  $SV1$ ,  $SV2$  на передней панели блока управления, включающими реле  $K2$  и  $K4$ , контакты которых подают питание на реверсивный мотор-редуктор.

В режиме «Обкатка с нагрузкой» включаются реле  $K3$  и  $K5$ , и снимается напряжение с блокирующих контактов  $K1.2$  реле  $K1$ . В этом режиме остановка кулачка будет происходить при минимальном радиусе, обеспечивая чередование тактов разгона и выбега. Скорость перемещения рычага РЧВ и величина динамической нагрузки задается скоростью вращения кулачка и в конечном счете величиной напряжения питания мотор-редуктора постоянного тока, которое регулируется следующим образом. Прямоугольные импульсы с регулируемой скважностью и частотой следования 10 кГц с выхода генератора, собранного на микросхеме  $DA 2$ , открывают полевой транзистор  $VT2$ , подающий питание на мотор-редуктор, обеспечивая плавное изменение действующего значения напряжения питания. Преимуществом данного способа регулирования является высокий (до 90%) к.п.д., что обеспечивает снижение потребления электроэнергии. Для гарантированного достижения верхнего предела УСКВ кулачек имеет зону постоянного максимального радиуса. В конце этой зоны срабатывает ДУП1 и подает команду на увеличение напряжения питания мотор-редуктора в результате чего кулачек быстро поворачивается в зону минимального радиуса, где сработает  $SF2$ , подавая команды на включение таймера и системы динамического торможения кулачка. Он остановится и начнется такт выбега УСКВ.

Быстрая остановка кулачка в положении максимального и минимального радиусов обеспечивается системой динамического торможения на транзисторе  $VT1$  на затвор, которого поступает открывающее напряжение с контактов реле  $K1.1$ , которые одновременно подают закрывающее напряжение на генератор  $DA 1$  и обеспечивают отключение питания мотор-редуктора. После этого электродвигатель мотор-редуктора, вращаясь по инерции, работает в режиме генератора постоянного тока с замкнутым выходом, вследствие чего он быстро останавливается (аналогичный метод торможения мотор-редуктора применяется в стеклоочистителе лобового стекла автомобилей). На первых ступенях обкатки время паузы, задаваемое регулятором таймера, обеспечивает выбег УСКВ до нижнего предела  $\omega_1$  и ее стабилизацию, а на последних – только выбег до повышенного нижнего предела  $\omega'_1$ .

В режиме «Испытаний» дополнительно включается реле  $K6$  и подает на мотор-редуктор максимальное напряжение питания (контактами  $K6.1$ ), обеспечивая максимальную скорость перемещения рычага РЧВ необходимую для испытаний. В этом режиме остановка кулачка происходит, как в зоне минимального, так и максимального радиусов.

Функциональная схема микропроцессорной системы управления обкаткой ДВС с динамическим нагружением (МСУ-ДН) (рис. 2) содержит ДВС 1, снабженный датчиками давления масла 2 в смазочной системе, температуры охлаждающей жидкости 3 и органом управления скоростным режимом ДВС (на рисунке не показан). Оно также содержит первый электронный ключ 4, первый исполнительный механизм (ИМ1) 5, соединенный с органом управления скоростным режимом, второй исполнительный механизм (ИМ2) 6, связанный с механизмом 7 увеличения индикаторной нагрузки (МУИН), сочлененным с выпускной системой ДВС 1 и второй электронный ключ (ЭК2) 8. Блок 9 управления электродвигателем (БУЭ), преобразователь частоты вращения (ПЧ) 10 и электродвигатель (ЭД) 11 соединены последовательно. Персональный компьютер (ПК) 12 и блок программного управления (БПУ)

13 связаны между собой первой двунаправленной линией связи, выходы с первого по восьмой которого соединены с управляющим входом блока 9 управления электродвигателем, первым и вторым входами ИМ1 5, управляющими входами первого 4 и второго 8 ЭК, первым, вторым и третьим входами ИМ2 6 соответственно, при этом выход второго 8 и второй вход первого 4 ЭК соединены с третьим входом-выходом ИМ1 5, первый и второй выходы которого соединены с первым и вторым входами БПУ 13. С третьего по пятый входы БПУ 13 подключены к выходам датчиков давления масла 2 в смазочной системе ДВС 1, температуры охлаждающей жидкости 3 и частоты вращения коленчатого вала 14 соответственно, кроме этого выход первого электронного ключа 4 соединен с минусовой, а второй вход второго электронного ключа 8 с плюсовой шиной питания, при этом цифровой вход-выход ПЧ 10 второй двунаправленной линией связи соединен с вторым цифровым вход-выходом блока 13 программного управления, а выход (вал) электродвигателя 11 связан с коленчатым валом ДВС 1 и входом датчика частоты вращения 14.

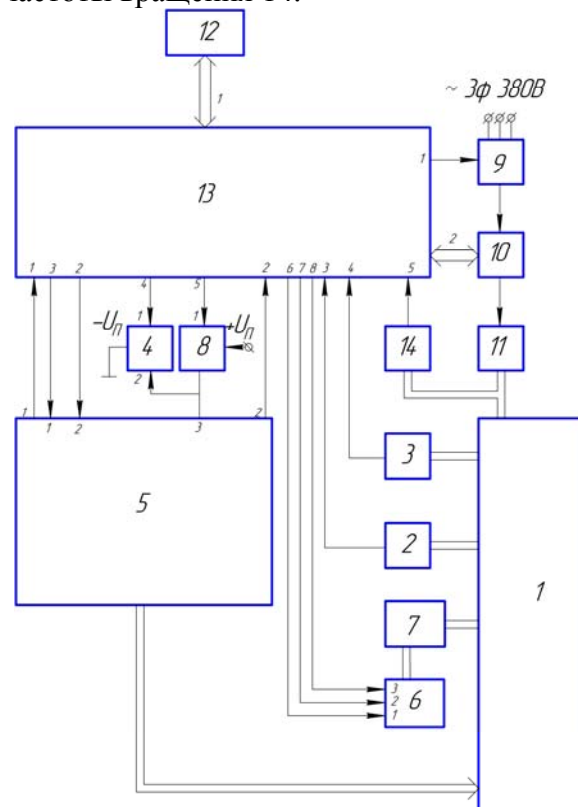


Рисунок 2 – Функциональная схема микропроцессорной системы управления обкаткой ДВС (см. позиции в тексте)

Функциональная схема первого исполнительного механизма (рис. 3) содержит первый реверсивный мотор-редуктор 5.1, а также первый 5.2 и второй 5.3 датчики положения первой подвижной подставки, при этом первый реверсивный мотор-редуктор 5.1, первый преобразователь вращательного движения в поступательное 5.4, мотор-редуктор постоянного тока 5.5, второй преобразователь вращательного движения в поступательное 5.6 и соединительный элемент 5.7 соединены последовательно, выход первого соединительного элемента 5.7 подключен к третьему выходу первого исполнительного механизма 5, выход (выходной вал) мотор-редуктора постоянного тока 5.5 связан с входами первого 5.8 и второго 5.9 датчиков угла поворота, электрические выходы которых подключены соответственно к первому и второму электрическим выходам первого исполнительного механизма 5, выход первого преобразователя вращательного движения в поступательное 5.4 соединен с входами первого 5.2 и второго 5.3 датчиков положения, электрические входы которых подключены соответственно к первому и второму электрическим входам первого исполнительного механизма 5, а выходы к первому и второму входам первого реверсивного мотор-редуктора 5.1 соответственно,

кроме этого третий электрический вход-выход первого исполнительного механизма 5 соединен с плюсовой клеммой питания мотор-редуктора постоянного тока 5.5, а с механическим выходом первого реверсивного мотор-редуктора 5.1 связан выход механизма 5.10 ручного управления скоростным режимом ДВС 1.

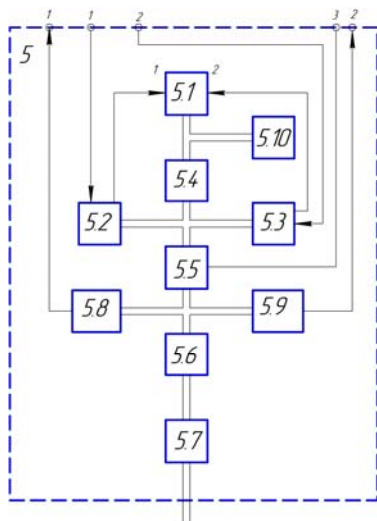


Рисунок 3 – Функциональная схема первого исполнительного механизма (см. позиции в тексте)

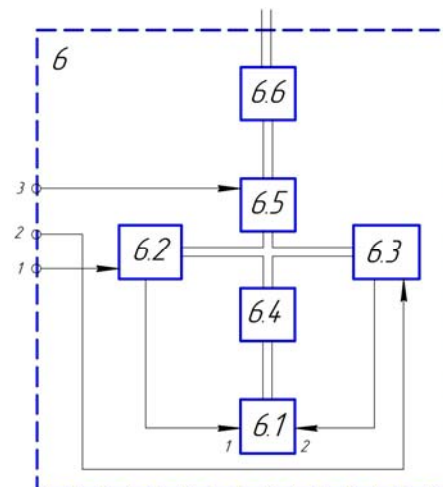


Рисунок 4 – Функциональная схема второго исполнительного механизма (см. позиции в тексте)

Мотор-редуктор постоянного тока 5.5, установленный на первой подвижной подставке, совместно с датчиками угла поворота 5.8, 5.9 его выходного вала, вторым преобразователем вращательного движения в поступательное 5.6 выполненный в виде кулачкового механизма и первого соединительного элемента 5.7, например, тросика или тяги при неизменном напряжении питания электродвигателя мотор-редуктора 5.5 обеспечивает линейный закон перемещения органа управления скоростным режимом ДВС. При автоматической коррекции напряжения питания блоком 13 программного управления (по сигналу обратной связи по частоте вращения коленчатого вала и данных ПЗУ) обеспечивается оптимальный закон перемещения органа управления скоростным режимом ДВС и, соответственно требуемый нагрузочно-скоростной режим обкатки с динамическим нагружением.

Второй 6 исполнительный механизм АСУ-ДН (рис. 4) предназначен для увеличения индикаторной нагрузки на такте выбега ЦДН путем циклического управляемого дросселирования газов на выпуске. Он представляет собой дроссельную заслонку, установленную между выпускным коллектором и глушителем шума выпуска ДВС. Механизм содержит второй реверсивный мотор-редуктор 6.1, а также третий 6.2 и четвертый 6.3 датчики положения второй подвижной подставки, при этом второй реверсивный мотор-редуктор 6.1, третий преобразователь вращательного движения в поступательное 6.4, электромагнит 6.5 и второй соединительный элемент 6.6 соединены последовательно, выход соединительного элемента 6.6 подключен к выходу второго исполнительного механизма 6, к выходу третьего преобразователя вращательного движения в поступательное 6.4 подключены входы третьего 6.2 и четвертого 6.3 датчиков положения второй подвижной подставки, электрические входы которых соединены с первым и вторым входами второго исполнительного механизма 6 соответственно, а выходы - с первым и вторым входами второго реверсивного мотор-редуктора 6.1, кроме этого третий вход второго исполнительного механизма 6 подключен к плюсовой клемме питания электромагнита 6.5.

Второй электронный ключ 8 выполняет функцию усиления по току ШИМ сигнала поступающего с 5 выхода блока 13 программного управления на мотор – редуктор постоянного тока 5.5.

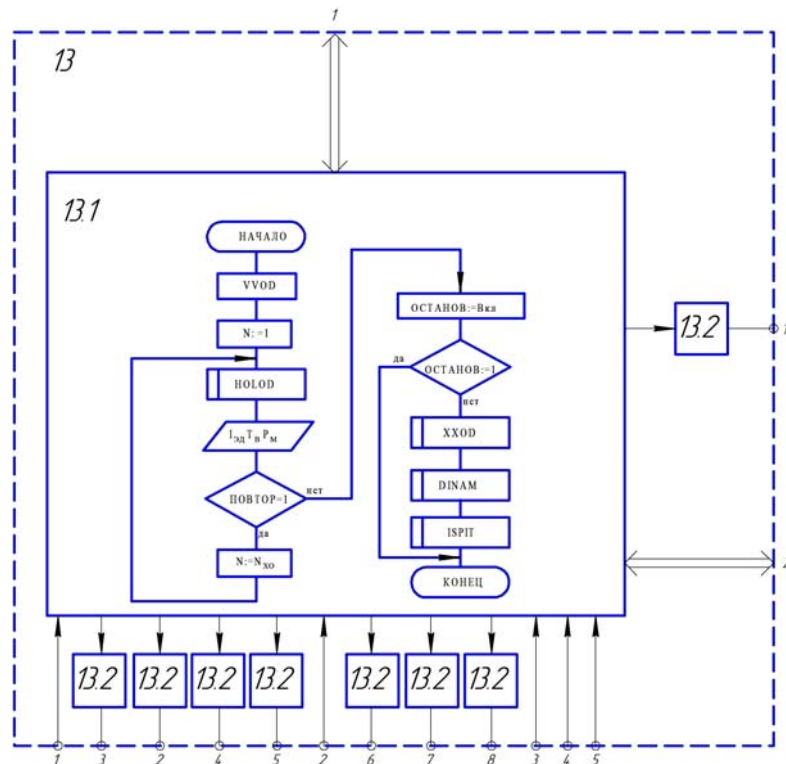


Рисунок 5 – Функциональная схема блока программного управления и общая блок схема реализуемого им алгоритма управления обкаткой.

Блок программного управления (рис. 5) предназначен для управления процессом динамического нагружения двигателя при обкатке в автоматическом режиме. Он обеспечивает реализацию заложенных алгоритмов обкатки ДВС, прием и обработку сигналов датчиков, выдачу специальных команд на исполнительные механизмы. Блок 13 программного управления содержит микропроцессорный вычислитель 13.1 с первого по восьмой выходы которого через электронные ключи 13,2 соединены соответственно с первого по восьмой выходами блока 13 программного управления, а с первого по пятый входы связаны соответственно с первого по пятый входами блока 13 программного управления, при этом первый и второй вход-выходы микропроцессорного вычислителя 13.1 соответственно связаны двунаправленными линиями связи с первым и вторым цифровыми вход-выходами блока 13 программного управления.

Алгоритм работы микропроцессорного вычислителя 13.1 определяет следующую последовательность выполнения обкатки ДВС:

1. Ввод марки ДВС и параметров обкатки.
2. Задание начального номера ступени холодной обкатки. Данный этап обкатки рекомендуется осуществлять с использованием статико-динамического нагружения [3].
3. Выполнение холодной обкатки согласно частного алгоритма модуля HOLOD.
4. Индикация параметров  $I_{эд}$  (ток электродвигателя),  $T_в$  (температура охлаждающей жидкости)  $P_м$  (давление масла с смазочной системе ДВС) последней ступени обкатки.
5. Проверка задания повтора последней ступени холодной прокрутки.
6. Задание последней ступени холодной обкатки.
7. Формирование сигнала запроса на останов после холодной прокрутки.
8. Проверка задания останова ДВС после холодной прокрутки.
9. Выполнение обкатки на холостом ходу согласно частного алгоритма модуля XXOD.
10. Выполнение обкатки с динамическим нагружением согласно частного алгоритма модуля DINAM.
11. Испытания ДВС согласно частного алгоритма модуля ISPIT.

В настоящее время опытный образец предлагаемого оборудования изготовлен, что позволяет приступить к разработке технической документации с целью коммерческой реализации проекта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимохин, С.В. Усовершенствованный цикл динамического нагружения дизелей при обкатке [Текст] / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - №3 (42). – С. 40-46.
2. Пат. 2248579 Российская Федерация, МПК G01 R27/28. Датчик для многопозиционного контроля положения [Текст] / Г. И. Шаронов, В.А. Кучерук, А.С. Ширшиков, Э.Р.Домке, Ю.В. Родионов. - № 2003113817/28; заяв. 12. 05. 03; опубл. 20. 03. 05, Бюл. № 8.
3. Родионов, Ю. В. Результаты исследований холодной обкатки дизеля Д-144 со статико-динамическим нагружением [Текст] / Ю. В. Родионов, С. В. Тимохин С. В. // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). – С. 33-14.

**Тимохин Сергей Викторович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Россия, г.Пенза, ул. Титова, 28  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика»  
E-mail: dspgsha@mail.ru

**Родионов Юрий Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Россия, г.Пенза, ул. Титова, 28  
Д-р техн. наук, профессор, директор автомобильно-дорожного института  
E-mail: dekauto@pguas.ru

---

S. V. TIMOKHIN, J. V. RODIONOV

### DEVELOPMENT OF TOOLS FOR ROLLING DIESEL ENGINES WITH DYNAMIC LOADING

*Functional schemes of equipment for diesel engines hot rolling in transient non-braking modes and the rolling algorithm have been developed. Digital automated control system of rolling the internal combustion engine with dynamic loading has been offered, the mechanism performance being described. The electrical circuit of software control block has been analyzed.*

**Keywords:** diesel, hot rolling, dynamic loading, algorithm.

### BIBLIOGRAPHY

1. Timokhin, S.V. Usovershenstvovannyi tsikl dinamicheskogo nagruzheniya dizeley pri obkatke [Tekst] / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - №3 (42). - S. 40-46.
2. Pat. 2248579 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01 R27/28. Datchik dlya mnogopozitsionnogo kontrolya polozheniya [Tekst] / G. I. Sharonov, V.A. Kucheruk, A.S. Shirshikov, E.R.Domke, YU.V. Rodionov. - № 2003113817/28; zayav. 12. 05. 03; opubl. 20. 03. 05, Byul. № 8.
3. Rodionov, YU. V. Rezul'taty issledovaniy kholodnoy obkatki dizelya D-144 so statiko-dinamicheskim nagruzheniem [Tekst] / YU. V. Rodionov, S. V. Timokhin S. V. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 33-14.

**Timohin Sergey Viktorovich**

VPO "Penza State University of Architecture and Construction"  
Address: 440028, Russia, Penza, ul. Titova, 28  
Dr. Sc. , Professor of the Department "Tractors, cars, and combined heat and power"  
E-mail: dspgsha@mail.ru

**Rodionov Yuri Vladimirovich**

VPO "Penza State University of Architecture and Construction"  
Address: 440028, Russia, Penza, ul. Titova, 28  
Dr. Sc. , Professor, Director of the Automobile and Road Institute  
E-mail: dekauto@pguas.ru

УДК 629.014.3

И. Г. КИРИЧЕНКО, С. Г. КОВАЛЕВСКИЙ

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЫЧАЖНОГО СЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА ПОЛУПРИЦЕПНОГО СКРЕПЕРА

*Рассматриваются теоретические исследования изменения нормальных реакций на осях тягача полуприцепного скрепера в рабочем и транспортном режимах работы. На основе предложенных однофакторных зависимостей получены рациональные области расположения точки приложения сил между тягачом и скрепером, которые могут являться основой для проектирования и модернизации рычажного сцепного устройства полуприцепного скрепера.*

*Ключевые слова:* скрепер, полуприцеп, параметры, сцепное устройство, реакция.

### ВВЕДЕНИЕ

При работе пневмоколесного тягача с полуприцепным скрепером, нагрузки на оси тягача могут существенным образом изменяться, как в процессе копания грунта, так и при его транспортировании. Изменение нормальных реакций на ведущих колесах машины оказывает влияние на ее тягово-сцепные качества [1].

Величины нормальных реакций зависят от конструктивных факторов полуприцепа и режимов его работы. При модульной концепции построения скреперного поезда, его конструктивные параметры, оказывающие влияние на распределение нормальных реакций, изменяются в достаточно широком диапазоне, поэтому исследование закономерностей изменения тягово-сцепных свойств колесного тягача в зависимости от режимов его эксплуатации и конструктивного исполнения сцепного устройства является актуальной задачей.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью и задачами исследования является определение зависимости координат точки приложения силы взаимодействия скрепера и тягача от режима работы и внешних нагрузок, определение общих областей расположения этой точки, для обеспечения равномерного распределения нагрузок на осях тягача, что позволит максимально реализовать тягово-сцепные качества колесной машины, и в свою очередь, будет способствовать повышению производительности скреперного поезда, а также повышению показателей его надежности и долговечности.

### МЕТОД РЕШЕНИЯ

Рассмотрим работу полуприцепного скрепера с шарнирно-рычажным сцепным устройством 1, представленного на рисунке 1, которое позволяет смещать точку приложения силы реакции скрепера на тягач, благодаря качающимся рычагам 2 и 3, которые воспринимают нагрузку на тягач 4 от веса скрепера.

Составим системы уравнений, действующих сил и моментов для тягача и скрепера:

$$-T_1 - T_2 + f[N_1 + N_2] + T = 0, \quad (1)$$

$$N_1 + N_2 - G_2 - N = 0, \quad (2)$$

$$-N_1 \cdot L_2 + G_2 \cdot [L_2 - L_1] + N \cdot [L_2 - X] - T \cdot Y = 0, \quad (3)$$

$$R_2 + f \cdot N_3 - T = 0, \quad (4)$$

$$N_3 + N - G_1 - R_g = 0, \quad (5)$$

$$G_1 \cdot L_3 + R_B \cdot L_4 - N \cdot [L + (L_2 - X)] + T \cdot (h + Y) = 0, \quad (6)$$



где  $N_1$  - реакция грунта на переднюю ось тягача;  
 $N_2$  - реакция грунта на заднюю ось тягача;  
 $N_3$  - реакция грунта на заднюю ось скрепера;  
 $X, Y$  - координаты точки приложения силы реакции скрепера на тягач;  
 $R_r$  - горизонтальная реакция грунта на нож скрепера;  
 $R_b$  - вертикальная реакция грунта на нож скрепера;  
 $G_2$  - вес тягача;  
 $G_1$  - вес скрепера с грунтом;  
 $h$  - глубина копания грунта;  
 $T, N$  - соответственно горизонтальная и вертикальная силы реакции скрепера на тягач.

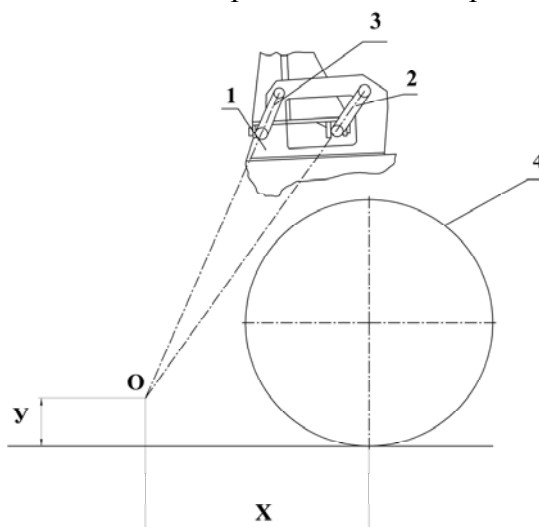


Рисунок 1 – Схема шарнирно-рычажного сцепного устройства

Поскольку седельно-сцепное устройство полуприцепного скрепера должно обеспечивать равномерное распределение нагрузок на осях тягача, то система уравнений, действующих сил и моментов для тягача и скрепера, относительно точки  $O$  (1)–(6) была решена с учетом условия, что реакции опорной поверхности на переднюю и заднюю ось одинаковы. Решение полученной системы уравнений позволило установить зависимость горизонтальной  $X$  и вертикальной  $Y$  координат точки  $O$  относительно точки контакта заднего колеса трактора с поверхностью грунта от горизонтальной реакции грунта на нож скрепера  $R_r$ , веса скрепера с грунтом  $G_1$ , глубины резания грунта  $h$ .

Влияние каждого из факторов, на координаты  $X$  и  $Y$  точки  $O$  было проанализировано на основе построенных однофакторных зависимостей [2]:

$$Y = f(X, R_r), Y = f(X, G_1), Y = f(X, h), X = f(Y, R_r), X = f(Y, G_1), X = f(Y, h).$$

При построении однофакторных зависимостей изменение значений параметров принималось в пределах:

$$R_r = R_{r \min} - R_{r \max}, G_1 = G_{1 \min} - G_{1 \max}, h = h_{\min} - h_{\max}, Y = Y_{\min} - Y_{\max}$$

Графики зависимостей  $Y=f(X, R_r)$  и  $X=f(Y, R_r)$ ; представлены на рисунках 2, 3.

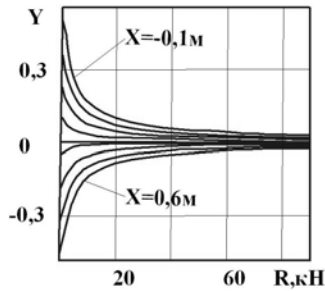


Рисунок 2 – График зависимости координаты  $Y$  от горизонтальной реакции грунта на нож скрепера

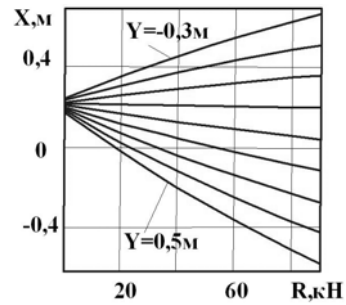


Рисунок 3 – График зависимости координаты  $X$  от горизонтальной реакции грунта на нож скрепера

На следующем этапе были определены области, в которых должна находиться точка приложения силы реакции скрепера на тягач, для обеспечения равномерного распределения нагрузок на осях тягача при изменении каждого из варьируемых факторов. В качестве примера на рисунке 4 представлена область расположения координат точки  $O$  в зависимости от горизонтальной реакции грунта на нож скрепера. Объединенные области расположения точки приложения реакции скрепера на тягач в зависимости от конструктивных и эксплуатационных параметров в рабочем и транспортном режиме представлена на рисунках 5, 6, 7.

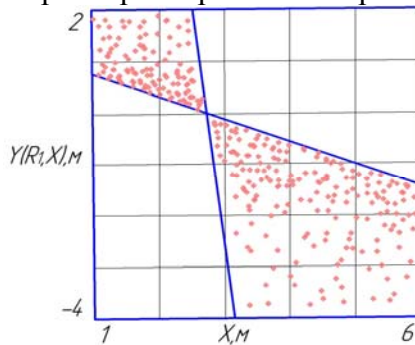


Рисунок 4 – Область расположения координат точки  $O$  в зависимости от горизонтальной реакции грунта на нож скрепера

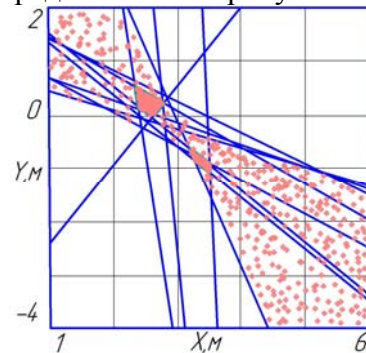


Рисунок 5 – Объединенная область координат точки  $O$  при работе скрепера в рабочем и транспортном режиме

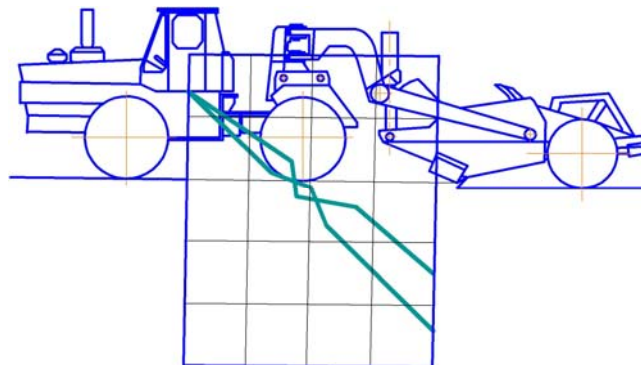


Рисунок 6 – Область координат точки  $O$  при работе скрепера в рабочем режиме

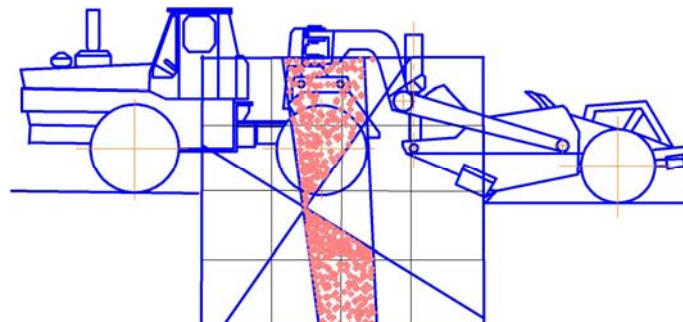


Рисунок 7 – Область координат точки  $O$  при работе скрепера в транспортном режиме

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проведенных исследований показал, что общие рациональные значения координат точки приложения силы реакции скрепера на тягач для обеспечения равномерного распределения нагрузок на осях тягача находятся в зоне, ограниченной значениями  $X$  от 2,5м до 3,1м,  $Y$  от 0,1м до 0,5м. Найденные значения являются основой для проектирования седельно-сцепного устройства полуприцепного пневмоколесного скрепера. В дальнейших исследованиях необходимо определить указанные параметры при работе скрепера с толкачом и в составе скреперного поезда, что позволит уточнить полученные результаты.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириченко, И. Г. Наукові основи створення високоефективних землерийних машин [Текст] / И. Г. Кириченко, Л. В. Назаров та ін. – Харків: ХНАДУ, 2003.- 586с.
2. Ковалевский, С. Г., Лукин С. В. Исследование тяговых качеств скреперного поезда [Текст] / С. Г. Ковалевский, С.В. Лукин // Вестник ХНАДУ. – Вып. 38. – Харків. ХНАДУ. 2007. – С. 145-148.

### Кириченко Игорь Григорьевич

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25  
Д-р техн. наук, профессор, декан механического факультета  
E-mail: meh@khadi.kharkov.ua

### Ковалевский Сергей Германович

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25  
Ст. преподаватель кафедры строительные и дорожные машины  
E-mail: meh@khadi.kharkov.ua

---

I.G. KIRICHENKO, S. G. KOVALEVSKY

## CHOICE OF RATIONAL PARAMETERS OF LEVER COUPLING DEVICE OF THE SEMITRAILER SCRAPER

*Theoretical researches of change of normal reactions are examined on axes tractor of the semitowed dragshovel in the operating and transport conditions of work. On basis offered однофакторных dependences the rational areas of location of point are got appendixes of forces between a tractor and dragshovel, which can be basis for planning and modernizations of lever coupling device of the semitrailer scraper.*

**Keywords:** scraper, semi-trailer, settings, coupling reaction.

## BIBLIOGRAPHY

1. Kirichenko, I. Nazarov HP Century, Scientific principles of design of high-performance earth-moving machines. - Harkov: ХНАДУ, 2003.- 586с.
2. Kovalevsky., S. Lukin examination of the traction qualities of the scraper trains // Vestnik ХНАДУ. - VIP. 38. - Kharkiv city. ХНАДУ, 2007 - С. 145-148.

### Kirichenko Igor Grigorievich

Kharkov national automobile and highway University  
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25  
Dr. V. A. Sciences, Professor, Dean of the mechanical faculty  
E-mail: meh@khadi.kharkov.ua

### Kovalevsky Sergey Germanovich

Kharkov national automobile and highway University  
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25  
Article. teacher of the Department of building and road machines  
E-mail: meh@khadi.kharkov.ua

УДК 629.114

С. В. ГЛУЩЕНКО

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ БОЕВОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ ПО ОБЛЕДЕНЕНЫМ ДОРОГАМ

*В представленной статье на основе теоретических и экспериментальных данных исследования движения боевых гусеничных машин по обледенелым дорогам предлагаются различные режимы движения. Знание механиком-водителем скоростных характеристик боевой гусеничной машины с усовершенствованным движителем позволяет ему более качественно управлять машиной при движении по обледенелым дорогам. Предлагается перспективный способ повышения проходимости в указанных условиях за счет изменения конструкции гусеничного движителя боевой гусеничной машины.*

**Ключевые слова:** боевая гусеничная машина, режим движения, обледенелая дорога.

С целью увеличения сцепных свойств движителя боевой гусеничной машины (БГМ) с обледенелой дорогой на практике применяют съемные дополнительные грунтозацепы (СДГ). Несомненно, проходимость БГМ увеличится, однако механику водителю необходимо знать режимы движения машины в зависимости от конструктивных параметров СДГ и дорожных условий для уверенного и четкого управления.

При разработке рекомендаций механику-водителю по выбору режимов движения БГМ по обледенелым дорогам с учетом оборудования СДГ траков необходимо решить следующие задачи в зависимости от конструкции СДГ и их количества, то есть узнать частные показатели тягово-скоростных свойств. Поэтому необходимо:

- определить величину максимальной возможной скорости движения БГМ по равному горизонтальному участку обледенелой дороги;
- определить передачу, на которой может двигаться БГМ в заданных дорожных условиях;
- определить максимальную величину продольных преодолеваемых обледенелых подъемов дороги, которые могут быть преодолены БГМ на каждой из передач при учете сопротивления движению;
- рассчитать величину средней скорости движения при преодолении максимального возможного угла подъема на соответствующей передаче.

При движении по затяжным подъемам на практике обычно не используют полностью тяговые возможности БГМ, что не обеспечивает преодоление подъема без остановки и переключения передач. Все это может явиться причиной скатывания БГМ назад по склону. Практика показывает, что из-за этого скатывания БГМ назад приходится 19,5 % аварий.

Исходя из условия равномерного прямолинейного движения БГМ с учетом уравнения тягового баланса [1], условие равномерного движения БГМ на обледенелый подъем будет иметь вид:

$$\varphi_{\max} \geq D \geq \psi, \quad (1)$$

где  $D$  – динамический фактор;

$\varphi_{\max}$  – максимальный коэффициент сцепления опорной поверхности гусеничной цепи (ГЦ) БГМ с обледенелым грунтом;

$\psi$  – коэффициент сопротивления движению БГМ.

Частные показатели тягово-скоростных свойств обычно определяются графическим методом, предложенным академиком Е. А. Чудаковым, и основанным на использовании динамической характеристики машины, под которой понимается графическая зависимость динамического фактора  $D$  от скорости ее движения. Эта зависимость может быть построена либо по данным аналитического расчета, либо из графика тягового баланса, либо графоаналитическим методом по внешней характеристике тягового двигателя:

$$M_{\partial} = f(n_{\partial}), \quad (2)$$

где  $M_{\partial}$  – крутящий момент двигателя, Нм;

$n_{\partial}$  – частота вращения вала тягового двигателя, об/мин.

В данном случае была построена на основе тягового расчета динамическая характеристика БГМ – многоцелевого тягача легкого бронирования (МТ-ЛБ).

Такая динамическая характеристика позволяет рассмотреть условие движения МТ-ЛБ, определяемое внешней характеристикой тягового двигателя, и условиями по сцеплению гусеничного движителя (ГД) с обледенелой дорогой. Она позволяет найти запас тягового усилия по передачам и соответственно максимальный угол преодолеваемого МТ-ЛБ обледенелого подъема, а так же соответствующую скорость движения.

Анализ динамической характеристики МТ-ЛБ позволил определить значение максимальной скорости движения МТ-ЛБ на нормальном и замедленном рядах передач при различном количестве СДГ шириной 0,28 м, устанавливаемых на траки ГЦ МТ-ЛБ. Данные расчета представлены в таблице 1 и 2 соответственно. На МТ-ЛБ нормальный и замедленный ряд передач предназначен для более рационального выбора режима движения машины от нагрузки, особенно в момент начала движения с прицепом.

Таблица 1 – Значение максимальной скорости движения МТ-ЛБ на нормальном ряде передач при различном количестве СДГ шириной 0,28 м, устанавливаемых на траки одной ГЦ

Количество СДГ, ед.	1	2	3	4	6	12	18
$N$ передачи	VI	VI	VI	VI	VI	V	V
$v_{MT-LB}$ , км/ч	51	49,5	48,3	47	44,3	39	31

Таблица 2 – Значение максимальной скорости движения МТ-ЛБ на замедленном ряде передач при различном количестве СДГ шириной 0,28 м, устанавливаемых на траки одной ГЦ

Количество СДГ, ед.	1	2	3	4	6	12	18
$N$ передачи	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI
$v_{MT-LB}$ , км/ч	49	47,5	44	43	35	31	27

Как видно из таблицы 1, максимальная скорость МТ-ЛБ (движение на нормальном ряде передач) при количестве СДГ, устанавливаемых на траки ГЦ, равном единице будет составлять 51 км/ч, а таблица 2 показывает величину максимальной скорости 49 км/ч.

При дальнейшем увеличении количества СДГ на траках ГЦ величина коэффициента сопротивления движению увеличивается, а максимальная скорость движения МТ-ЛБ, как на нормальном ряде передач, так и на замедленном ряде передач, уменьшается.

В таблице 3 показана скорость движения МТ-ЛБ на нормальном ряде передач, а в таблице 4 на замедленном ряде передач при соответствующей передаче и установленных на ГЦ СДГ. В числителе приведены максимальные скорости движения, в знаменателе соответственно максимальные преодолеваемые углы подъема.

Таблица 3 – Значения максимальной скорости МТ-ЛБ на нормальном ряде передач и предельного угла подъема при движении по обледенелой дороге

<i>N</i> передачи <i>n</i> СДГ(опорн. ветви ГЦ)	I	II	III	IV	V	VI
–	–	–	–	–	–	–
1	–	–	–	$\frac{16 \text{ км/ч}}{10^0}$	$\frac{21 \text{ км/ч}}{5,9^0}$	$\frac{25 \text{ км/ч}}{3^0}$
2	–	–	–	$\frac{16 \text{ км/ч}}{9,5^0}$	$\frac{21 \text{ км/ч}}{5,7^0}$	$\frac{25 \text{ км/ч}}{2,5^0}$
3	–	–	$\frac{10 \text{ км/ч}}{18,8^0}$	$\frac{16 \text{ км/ч}}{9,3^0}$	$\frac{21 \text{ км/ч}}{5,6^0}$	$\frac{25 \text{ км/ч}}{2^0}$
4	–	–	$\frac{10 \text{ км/ч}}{18^0}$	$\frac{16 \text{ км/ч}}{9,1^0}$	$\frac{21 \text{ км/ч}}{5,4^0}$	$\frac{25 \text{ км/ч}}{1,5^0}$
6	–	–	$\frac{10 \text{ км/ч}}{18,1^0}$	$\frac{16 \text{ км/ч}}{8,7^0}$	$\frac{21 \text{ км/ч}}{5,1^0}$	$\frac{25 \text{ км/ч}}{1,2^0}$
12	–	–	$\frac{10 \text{ км/ч}}{17,1^0}$	$\frac{16 \text{ км/ч}}{8,5^0}$	$\frac{21 \text{ км/ч}}{4,8^0}$	$\frac{25 \text{ км/ч}}{1^0}$
18	–	–	$\frac{10 \text{ км/ч}}{16,3^0}$	$\frac{16 \text{ км/ч}}{6,5^0}$	$\frac{21 \text{ км/ч}}{3,5^0}$	–

Таблица 4 – Значения максимальной скорости МТ-ЛБ на замедленном ряде передач и предельного угла подъема при движении по обледенелой дороге

<i>N</i> передачи <i>n</i> СДГ(опорн. ветви ГЦ)	–	II	III	IV	V	VI
–	–	–	–	–	–	$\frac{24 \text{ км/ч}}{4^0}$
1	–	–	–	–	$\frac{20 \text{ км/ч}}{7,9^0}$	$\frac{24 \text{ км/ч}}{4,6^0}$
2	–	–	–	$\frac{14 \text{ км/ч}}{12,8^0}$	$\frac{20 \text{ км/ч}}{7,7^0}$	$\frac{24 \text{ км/ч}}{4,2^0}$
3	–	–	–	$\frac{14 \text{ км/ч}}{12,6^0}$	$\frac{20 \text{ км/ч}}{7,5^0}$	$\frac{24 \text{ км/ч}}{3,8^0}$
4	–	–	–	$\frac{14 \text{ км/ч}}{12,4^0}$	$\frac{20 \text{ км/ч}}{7,3^0}$	$\frac{24 \text{ км/ч}}{3,4^0}$
6	–	–	–	$\frac{14 \text{ км/ч}}{11,3^0}$	$\frac{20 \text{ км/ч}}{6,6^0}$	$\frac{24 \text{ км/ч}}{3,1^0}$
12	–	–	$\frac{8 \text{ км/ч}}{21,3^0}$	$\frac{14 \text{ км/ч}}{10,8^0}$	$\frac{20 \text{ км/ч}}{5,6^0}$	$\frac{24 \text{ км/ч}}{0,5^0}$
18	–	–	$\frac{8 \text{ км/ч}}{19,8^0}$	$\frac{14 \text{ км/ч}}{9,1^0}$	$\frac{20 \text{ км/ч}}{3,8^0}$	–

Так же в числителе таблицы 4 приведены максимальные скорости движения по обледенелой дороге, в знаменателе соответственно преодолеваемые углы подъема.

С учетом того, что при условии движения МТ-ЛБ по косогору необходимо применять СДГ «полуклинового» профиля. Рабочая ширина такого СДГ в 4 раза меньше цельного «углового» профиля, поэтому для расчета количества установки «клиновых» СДГ, используя данные из таблиц 3 и 4 необходимо количество СДГ увеличить количество в 4 раза.

Таким образом, как видно из таблицы 4 при оборудовании СДГ траков ГЦ МТ-ЛБ в количестве двенадцати и преодолевая обледенелый подъем на III передаче и двигаясь на за-



медленном ряде передач, имеется возможность преодолевать подъем более  $20^{\circ}$ , что соответствует предположениям А. С. Антонова [2].

Анализ проходимости БГМ при движении по дорогам с твердым покрытием, проведенный в работе [3], показал, что для их использования во всей совокупности грунтовых условий необходимо применение ГЦ, способной адаптироваться к любому типу дорожного покрытия. Такое условие движения необходимо с точки зрения поддержания на достаточном для самопередвижения уровне тяговую силу БГМ по сцеплению ГЦ с опорной поверхностью движения.

Многообразие внешних грунтовых условий, отраженное через их типизацию [4], является причиной существования различного характера взаимодействия инородного тела (штамп, грунтозацеп трака ГЦ, СДГ трака ГЦ) с опорной поверхностью движения. Так, для устойчивого передвижения БГМ по твердой опорной поверхности движения необходима реализация нормальной нагрузки под опорной поверхностью ГЦ для погружения грунтозацепов траков ГЦ или СДГ траков ГЦ величиной, на несколько порядков превышающей допустимую для передвижения БГМ по дорожной поверхности со слабым грунтом.

Существующая вероятность пролегания маршрутов передвижения колонн боевых БГМ по асфальтобетонным покрытиям [5] делает обрешивание опорной поверхности ГЦ неотъемлемым элементом конструкции ГД БГМ. Известно, что БГМ с такой ГЦ не разрушает асфальтобетонное покрытие так сильно, как металлические грунтозацепы траков ГЦ, снижая при этом шум и вибрацию. Однако, быстрый износ резинового покрытия трака ГЦ БГМ и низкие сцепные качества с рядом дорожных покрытий (лед, мокрая и обледенелая дорога), которые, в особенности, сказываются на возможности БГМ при движении на подъем, создают необходимость в выработке технических решений по повышению уровня адаптации конструкции ГД БГМ к различным дорожным условиям.

Учитывая выше перечисленные качества различных конструкций ГЦ предлагается конструкция универсального ГД транспортного средства [6].

Технический результат направлен на повышение проходимости транспортного средства за счет увеличения коэффициента сцепления его ГД с мерзлым обледенелым грунтом.

Технический результат достигается тем, что звено ГЦ, содержащее трак, выполненный с углублением на опорной поверхности и ребрами с вырезами и съемный асфальтоходный башмак, размещенный в углублении, и крепящая башмак к траку пружинная пластина, установленная внутри башмака и свободными концами размещенная в вырезах ребер, ребра выполнены в средней части трака, пружинная пластина образована двумя симметрично расположенными по ширине трака частями, каждая из которых с одной стороны выполнена в виде отогнутых под углом друг к другу лепестков, одни из них размещены в теле башмака, а другие образуют свободные концы, при этом другой стороной часть пружинной пластины жестко закреплена на краю трака, на съемном башмаке вдоль продольной оси со стороны опорной поверхности выполнена выемка, в теле трака выполнены гидравлические каналы, на опорную поверхность звена установлена съемная дополнительная наставка, со встроенными в ней подвижными грунтозацепами конической формы и гидравлическими каналами, которая крепится к телу трака двумя болтами, к дополнительной наставке двумя болтами крепится крышка дополнительной наставки, к гребню трака двумя болтами крепится крышка гребня и в верхней части гребня трака установлен гидравлический поршень, в балансире опорного катка выполнен воздушный канал, между двумя частями опорного катка располагается резиновая воздушная камера.

В теле трака выполнены гидравлические каналы, на опорную поверхность звена установлена съемная дополнительная наставка, со встроенными в ней подвижными грунтозацепами конической формы и гидравлическими каналами, которая крепится к телу трака двумя болтами, к дополнительной наставке двумя болтами крепится крышка, к гребню трака двумя болтами крепится крышка гребня, в верхней части гребня трака установлен гидравлический

поршень, в балансире опорного катка выполнен воздушный канал, между двумя частями опорного катка располагается резиновая воздушная камера.

На рисунке 1 изображен элемент универсального ГД транспортного средства – опорный каток-звено ГЦ, поперечный разрез; на рисунке 2 – вид В рисунка 1.

ГД транспортного средства содержит: балансир 2 (рис. 1) с воздушным каналом 1 на который установлен опорный каток 5 гусеничного движителя с резиновым бандажем 6, между двумя частями опорного катка располагается резиновая воздушная камера 3.

Звено ГЦ содержит трак 8, в теле трака выполнены гидравлические каналы 7, в гребне трака 17 установлен гидравлический поршень 4, для возможности монтажа поршня, к гребню трака двумя болтами 20 крепится крышка гребня 21. Асфальтоходный съемный башмак 12 устанавливается на опорную поверхность трака. Внутри башмака встроены части пружинной пластины 9, концы пружинных пластин снабжены отогнутыми лепестками 14, встроенными в теле башмака. Элементы пружинных пластин размещены в теле башмака симметрично по ширине трака.

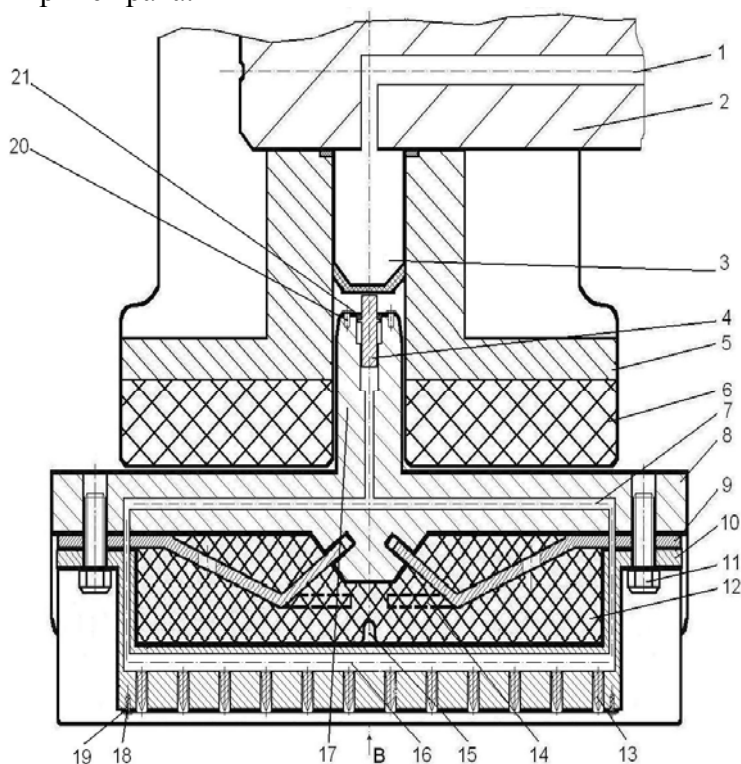


Рисунок 1 – Элемент универсального ГД транспортного средства – опорный каток-звено ГЦ (поперечный разрез)

Противоположные концы пластин 9 скреплены с подошвой трака с помощью болтового соединения 11. В средней части тела башмака 2 со стороны опорной поверхности выполнена выемка 15.

Перед сборкой башмак изгибается под углом  $20-30^{\circ}$  для заведения лепестков пружинных пластин 9 в вырезы в ребрах трака 8, после чего противоположные концы пластин скрепляются с подошвой трака 8 с помощью болтового соединения 11. С помощью этого же соединения к траку 8 крепится съемная дополнительная наставка 10 (рис. 1, 2) с гидравлическими каналами 16 и подвижными грунтозацепами 13, установленная на опорной поверхности звена ГЦ поверх съемного асфальтоходного башмака 12. Для исключения самовыподания подвижных грунтозацепов и возможности их монтажа, к съемной дополнительной наставке крепится двумя болтами 18 крышка съемной дополнительной наставки 19.

Универсальный ГД транспортного средства работает следующим образом.

Вид В

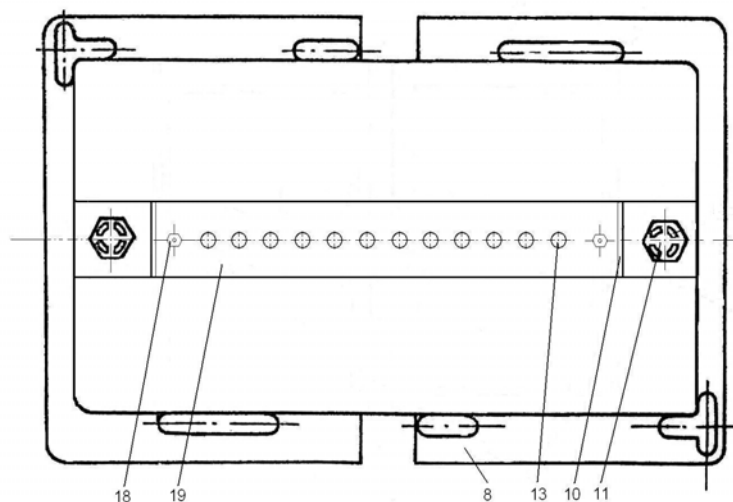


Рисунок 2 – Вид В элемента «опорный каток-звено ГЦ»

В процессе движения транспортного средства при входе в контакт ГД, с обледенелым мерзлым грунтом для увеличения коэффициента сцепления ГД транспортного средства с ним, принудительно подается постоянное давление воздуха от компрессора транспортного средства в воздушный канал балансира опорного катка 1, в результате чего воздушная резиновая камера 3 увеличивает свои размеры и при движении опорного катка 5 по внутренней поверхности гусеничной цепи воздействует на гидравлический поршень 4, в свою очередь гидравлический поршень 4 создает давление рабочей жидкости в гидравлическом канале 7 трака и гидравлическом канале 16 съемной дополнительной насадки 10, за счет чего подвижные грунтозацепы 13 внедряются в опорную поверхность и разрушают ее. В результате при входе в контакт с обледенелым мерзлым грунтом подвижные грунтозацепы продавливают ледяную поверхность или разрушают ее, за счет этого увеличивается сцепление звена с опорной поверхностью и увеличивается коэффициент сцепления ГД транспортного средства с дорогой.

При завершении преодоления участка с обледенелым грунтом и дальнейшем движении по твердому грунту отключается воздушный канал балансира опорного катка 1 от компрессора транспортного средства, в результате чего воздушная резиновая камера 3 уменьшает свои размеры и при движении опорного катка 5 по внутренней поверхности ГЦ не воздействует на гидравлический поршень 4, в свою очередь, гидравлический поршень 4 не создает давление рабочей жидкости в гидравлическом канале 7 трака и гидравлическом канале 16 съемной дополнительной насадки 10, за счет чего подвижные грунтозацепы 13 не внедряются в опорную поверхность и не разрушают ее. Данный режим движения транспортного средства обеспечивает надежное сцепление ГД с твердой опорной поверхностью без ее разрушения, так как коэффициент сцепления транспортного с твердой опорной поверхностью движения будет определяться величиной трения материала съемного асфальтоходного башмака и грунта.

Таким образом, использование предлагаемого устройства позволит в зависимости от дорожно-грунтовых условий осуществлять переход от режима движения БГМ по обледенелым дорогам к режиму движения по твердым искусственным дорожным покрытиям без проведения работ по дооборудованию ГЦ под тот или иной вид опорной поверхности. Кроме того, использование такого универсального ГД позволит сохранить габаритно-массовые показатели БГМ (за счет отсутствия дополнительных возимых съемных элементов ГЦ) и исключить трудозатраты на установку дополнительных элементов на ГЦ. А использование подвижных грунтозацепов в съемной дополнительной насадке предлагаемого устройства

обеспечит самоочищаемость ГЦ БГМ от грунта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платонов, В. Ф. Гусеничные транспортеры тягачи [Текст] / В. Ф. Платонов, А. Ф. Белоусов, Н. Г. Олейников, Г. И. Карцев. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
2. Антонов, А. С. Теория гусеничного движителя [Текст] / А. С. Антонов. – М.: Машгиз, 1949. – 214 с.
3. Праведников, Д. В. Оценка проходимости боевых гусеничных машин при движении по грунтам с низким коэффициентом сцепления [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 20.02.14 / Праведников Дмитрий Владимирович. – Кубинка, 2005. – 163 с.
4. Праведников, Д. В. К вопросу о методических подходах классификации внешних грунтовых условий при оценке проходимости боевых гусеничных машин [Текст] / Д. В. Праведников; ГУП 38 НИИ МО РФ. – Кубинка, 2007. – 17 с.
5. Исаков, П. П. Теория и конструкция танка [Текст]. В 10 т. Т. 8. Параметры внешней среды используемые в расчетах танков / П. П. Исаков. – М.: Машиностроение, 1987. – 196 с.
6. Пат.2340501 Российская Федерация, МПК В 62 D 5/26. Универсальный гусеничный движитель транспортного средства [Текст] / Глушенко С.В., Васильченко В.Ф., Лапин А.В., Дудин Д.В.; заявитель и патентообладатель Рязан. воен. авт. ин-т. – № 2007116252/11; заявл. 28.04.07; опубл. 10.12.08, Бюл. № 34.– 6 с.: ил.

### Глушенко Сергей Владимирович

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова  
Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, площадь Маргелова, дом 1  
Канд. техн. наук, профессор кафедры Эксплуатации вооружения и военной техники, подполковник  
E-mail: glushenko.78@bk.ru

---

S. V. GLUSHCHENKO

## DEFINITION OF MODES OF MOVEMENT THE FIGHTING THE TRACK LAYING VEHICLE ON ICE-COVERED ROADS

*In presented article on the basis of theoretical and experimental data of research of movement of fighting track laying vehicles on ice-covered roads various modes of movement are offered. The knowledge the mechanic-driver of high-speed characteristics of the fighting track laying vehicle with the advanced propeller allows it to operate with higher quality car at movement on ice-covered roads. The perspective way of increase of passability in the specified conditions at the expense of change of a design of the caterpillar propeller of the fighting track laying vehicle is offered.*

**Keywords:** *fighting track laying vehicle, movement mode, ice-covered road.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Platonov, V. F. Gusenichnye transportery tyagachi [Tekst] / V. F. Platonov, A. F. Belousov, N. G. Oleynikov, G. I. Kartsev. - M.: Mashinostroenie, 1978. - 352 s.
2. Antonov, A. S. Teoriya gusenichnogo dvizhitelya [Tekst] / A. S. Antonov. - M.: Mashgiz, 1949. - 214 s.
3. Pravednikov, D. V. Otsenka prokhdimosti boevykh gusenichnykh mashin pri dvizhenii po gruntam s nizkim koeffitsientom stsepleniya [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk : 20.02.14 / Pravednikov Dmitriy Vladi-mirovich. - Kubinka, 2005. - 163 s.
4. Pravednikov, D. V. K voprosu o metodicheskikh podkhdokakh klassifikatsii vneshnikh gruntovykh usloviy pri otsenke prokhdimosti boevykh gusenichnykh mashin [Tekst] / D. V. Pravednikov ; GUP 38 NIII MO RF. - Kubinka, 2007. - 17 s. - Bibliogr.: s 15. - Dep. v TSSIF Minoborony RF 10.02.05, № B 5652.
5. Isakov, P. P. Teoriya i konstruktsiya tanka [Tekst]. V 10 t. T. 8. Parametry vneshney sredy ispol'zu-emye v raschetakh tankov / P. P. Isakov. - M.: Mashinostroenie, 1987. - 196 s.
6. Pat.2340501 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 B 62 D 5/26. Universal'nyy gusenichnyy dvizhitel' transportnogo sredstva [Tekst]/Glushchenko S.V., Vasil'chenkov V.F., Lapin A.V., Dudin D.V.; zayavitel' i paten-toobladatael' Ryazan. voen. avt. in-t. - № 2007116252/11; zayavl. 28.04.07; opubl. 10.12.08, Byul. № 34.- 6 s.: il.

### Glushchenko Sergey Vladimirovich

Ryazan higher airborne troop command school named after general of the army V.F. Margelov  
Address: 390031, Russia, Ryazan, area Margelov, house 1  
Professor of chair of Operation of arms and military equipment, candidate of technical sciences, lieutenant colonel  
E-mail: glushenko.78@bk.ru

Е. С. ВЕНЦЕЛЬ, Д. Б. ГЛУШКОВА, А. В. ЦУКИН

## ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПУТЕМ НАНЕСЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ

*Дана оценка ресурса ножей рабочего органа землеройно-транспортных машин. Предложено для повышения износостойкости на режущие элементы наносить ионно-плазменное покрытие. Разработана лабораторная установка для оценки влияния различных факторов на процесс изнашивания режущих элементов. По результатам проведенных испытаний получены графики линейной зависимости износа ножа с ионно-плазменным покрытием. Даны прогнозные характеристики износа режущих элементов землеройно-транспортных машин в условиях реальной эксплуатации.*

**Ключевые слова:** землеройно-транспортные машины, режущий элемент, рабочий орган, износ, ионно-плазменное покрытие, срок службы, эксплуатация.

### ВВЕДЕНИЕ

Большое количество отказов (до 80%) землеройно-транспортных машин (ЗТМ) обусловлено интенсивным износом их режущих элементов [1]. Это приводит к снижению функциональных качеств и производительности машин и как следствие, к повышению энергозатрат и себестоимости разработки грунта и зачастую к снижению безопасности выполнения технологического процесса [2].

Известно, что рабочие органы (РО) ЗТМ в значительной мере подвержены интенсивному абразивному изнашиванию [1 и др.]. Это обусловлено тем, что ЗТМ разрабатывают плотную слежавшуюся массу грунта, состав которой может быть представлен как полидисперсная система глобулярного типа, состоящая из наполнителя и абразивных частиц. Известно, что абразивные частицы обладают большей, чем металл, твердостью, что в свою очередь вызывает повышенный износ поверхности режущих элементов рабочих органов ЗТМ в период из контакта с такими частицами.

### ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью настоящей работы является определение влияния ионно-плазменного покрытия TiN-Cr<sub>2</sub>N на износ режущих элементов РО ЗТМ.

### ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изнашивание режущих элементов ЗТМ сложный процесс, обусловленный большим количеством разнообразных факторов.

На сегодняшний день ни одна из известных машин трения не позволяет испытывать реальные ножи ЗТМ, в частности, автогрейдера. При этом нет возможности учесть в процессе изнашивания геометрические параметры ножей, проанализировать особенности такого процесса конкретно для РО автогрейдера. Поэтому для того, чтобы оценить влияние этих многочисленных факторов на процесс изнашивания, нами была спроектирована и изготовлена лабораторная установка (рис.1). Принцип работы лабораторной установки заключается в следующем. В загрузочный бункер помещается абразивная среда. Там же устанавливается фрагмент ножа, который вращается непосредственно в грунте с постоянной угловой скоростью, что имитирует работы РО ЗТМ с грунтом.

С помощью этой установки нами были проведены три серии экспериментальных износных испытаний, суть которых заключалась в определении износа фрагментов ножа, применяемого в автогрейдере и изготовленного из стали 65Г с ионно-плазменным покрытием TiN-Cr<sub>2</sub>N и без него. Износ ножей определялся путем установления потери ими массы за период испытаний (погрешность взвешивания составляла  $0,5 \cdot 10^{-3}$  г).



Рисунок 1 – Общий вид лабораторной установки

Каждая серия испытаний проходила в два этапа. На первом этапе изнашивались обычные ножи, подверженные закалке ТВЧ, а на втором – те же ножи, но на их поверхность наносилось ионно-плазменное покрытие  $TiN-Cr_2N$ . В первой и второй сериях испытаний в загрузочный бункер установки помещалась абразивная среда - кварцевый песок с размером абразивных частиц 3 и 5 мм, соответственно, в третьей серии использовался щебень с размером частиц 10мм. При этом щебень в период испытаний заменяли на новый каждые 10 часов, так как он имеет значительно меньшую твердость, чем зерна кварцевого песка, а значит, склонен к самоистиранию.

Влажность абразивной среды составляла не более 5%.

Частота вращения ножей –  $60 \text{ мин}^{-1}$ , время испытаний - 50 часов. Такой режим испытаний был установлен в процессе проведения поисковых исследований [1].

По истечении каждых 10 часов работы установки фрагмент ножа демонтировали и после тщательной промывки в бензине с последующей просушкой подвергали взвешиванию. Разница в массе до и после испытаний представляла собой их износ.

Результаты износных испытаний приведены на рисунках 2-4.

Как видно из рисунков 2-4, износ режущих элементов во всех трех абразивных средах носит линейный характер на протяжении всего периода испытаний. Это объясняется, по-видимому, тем, что как и в реальных ЗТМ, в зоне контакта ножа с абразивной средой происходит постоянное обновление абразивных частиц новыми, у которых отсутствует возможность постоянно взаимодействовать друг с другом и как следствие, снижать свое воздействие в процессе изнашивания. При этом нанесение ионно-плазменного покрытия  $TiN-Cr_2N$  весьма существенно снижает износ фрагментов ножей:

в среде кварцевого песка с размером абразивных частиц 3 и 5 мм в 1,8 и 1,7 раза, соответственно;

в среде щебня с размером абразивных частиц 10 мм в 1,6 раза.

Одновременно можно отметить, что износ фрагментов ножей автогрейдера в значительной степени зависит от размера абразивных частиц и их твердости.

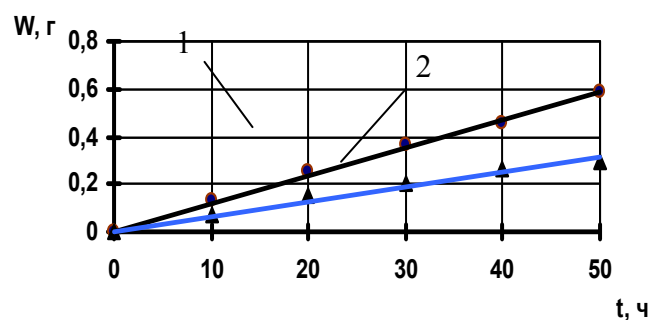


Рисунок 2 – График зависимости износа  $W$  обычного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием  $TiN-Cr_2N$  (2) от времени  $t$  работы в среде кварцевого песка с размером частиц 3 мм

К тому же, в процессе испытаний было замечено, что кварцевые зерна изменяются в размере незначительно, что объясняется относительно большой твердостью частиц кварца.



При этом происходит перемешивание и опускание более мелких зерен кварца на дно загрузочного бункера лабораторной установки и тем самым обеспечивается контакт режущего элемента с новыми более крупными абразивными частицами.

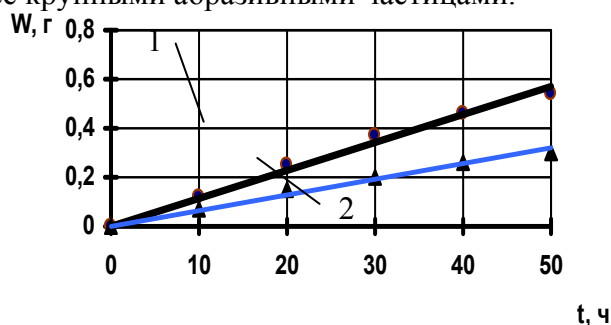


Рисунок 3 – График зависимости износа  $W$  обычного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием  $TiN-Cr_2N$  (2) от времени  $t$  работы в среде кварцевого песка с размером частиц 5 мм

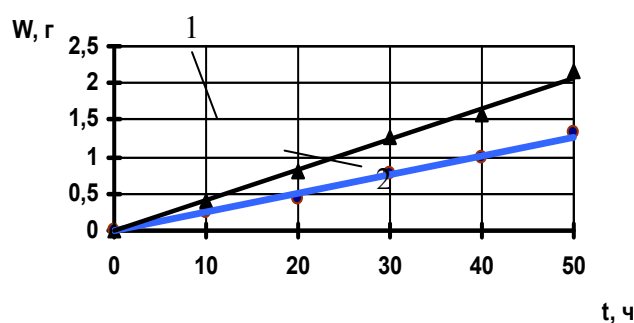


Рисунок 4 – График зависимости износа  $W$  обычного ножа (1) и с ионно-плазменным покрытием  $iN-Cr_2N$  (2) от времени  $t$  работы в среде щебня размером частиц 10 мм

Следует также отметить, что хотя преобладающую роль в процессе изнашивания ножей играет размер абразивных частиц, но не стоит забывать и о влиянии формы последних. Так при контакте экспериментального образца с пластинчатыми и игольчатыми зернами щебня размером 10 мм наблюдался процесс микрорезания, который сопровождался образованием явно выраженных мелких царапин на поверхности фрагмента ножа. В связи с этим имеет место нарушение целостности поверхностного слоя (покрытия) фрагмента ножа. Однако, как показали результаты испытаний, в течение 50 часов покрытие  $TiN-Cr_2N$  продолжает сохранять свои свойства.

Следует также заметить, что работа ножей в указанных абразивных средах подразумевает отделение микрообъемов металла с поверхности. Однако, такой процесс также существенно не влияет на ионно-плазменное покрытие  $TiN-Cr_2N$ .

### ВЫВОДЫ

1. Процесс изнашивания рабочих органов ЗТМ носит линейный характер на первых 50 часах их эксплуатации.
2. Ионно-плазменное покрытие  $TiN-Cr_2N$  позволяет снизить износ ножей автогрейдера в среднем в 1,7-1,8 раза при работе в абразивной среде.
3. Полученные результаты лабораторных испытаний позволяют прогнозировать существенное снижение износа режущих элементов ЗТМ в условиях их реальной эксплуатации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щукин, А. В. Закономерность изнашивания рабочих органов землеройно-транспортных машин [Текст] / А. В. Щукин // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. – Дн – ск: ВГУЗ ПГАСА. - 2012. – Вып.66 – С. 224–227.

2. Севрюгина, Н. С. Моделирование нештатных ситуаций при оценке надежности спецтехники [Текст] / Н. С. Севрюгина, Е. В. Прохорова, А. В. Дикевич // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2012. – № 57. – С. 90–96.

**Венцель Евгений Сергеевич**

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25  
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительные и дорожные машины  
E-mail: kaf\_ptsdm@mail.ru

**Глушкова Дарья Борисовна**

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25  
Канд. техн. наук, доцент кафедры строительные и дорожные машины  
E-mail: kaf\_ptsdm@mail.ru

**Шукин Александр Викторович**

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25  
Аспирант кафедры строительные и дорожные машины  
E-mail: kaf\_ptsdm@mail.ru

---

E. S. VENZEL, D. B. GLUSHKOVA, A. V. SHUKIN

## **IMPROVING RESOURCE CUTTING ELEMENTS OF EARTH-MOVING VEHICLES BY APPLYING ION-PLASMA COATING**

*The assessment of a resource of knives of working body of the earth-moving vehicles. It is offered to increase wear resistance of knives of working body to apply an ion-plasma covering. Laboratory installation is developed for an assessment of influence of various factors on process of wear of knives of working body. By results of the carried-out tests schedules of linear dependence of wear of a knife with an ion-plasma covering are received. Expected characteristics of wear of knives of working body of earth-moving vehicles in the conditions of real operation are given.*

**Keywords:** earth-moving machinery, cutting element, the working body, wear, ion-plasma coating, resource exploitation.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Shchukin, A. V. Zakonomernost' iznashivaniya rabochikh organov zemleroyno-transportnykh mashin [Tekst] / A. V. Shchukin // Sb. nauch. tr.: Stroitel'stvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Seriya: Pod'emno - transportnye, stroitel'nye i dorozhnye mashiny i oborudovanie. - Dn - sk: VGUZ PGASA. - 2012. - Vyp.66 - S. 224-227.
2. Sevryugina, N. S. Modelirovanie neshtatnykh situatsiy pri otsenke nadezhnosti spetstekhniki [Tekst] / N. S. Sevryugina, E. V. Prokhorova, A. V. Dikevich // Vestnik Har'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. - 2012. - № 57. - S. 90-96.

**Wenzel Evgenii Sergeevich**

Kharkov national automobile and highway University  
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25  
Dr. V. A. Sciences, Professor, head. the Department of building and road machines  
E-mail: kaf\_ptsdm@mail.ru

**Glushkov Daria Borisovna**

Kharkov national automobile and highway University  
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25  
kand. tehn. Sciences, associate Professor of the Department of building and road machines  
E-mail: kaf\_ptsdm@mail.ru

**Schukin Alexander Viktorovich**

Kharkov national automobile and highway University  
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25  
assistant of the Department of building and road machines  
E-mail: kaf\_ptsdm@mail.ru

УДК 531.45.004.15.003.12.001.24

В. З. ПАВЛОВ

## РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ КАЧЕНИЯ

В работе на основе решения уравнений плоской задачи теории упругости предложена зависимость для расчета коэффициента трения качения, учитывающая физические свойства материала поверхности, размеры катка и действующие нагрузки.

**Ключевые слова:** трение качения, работа сил, потенциальная энергия, перемещения и напряжения, коэффициент трения.

В курсе теоретической механики при рассмотрении трения качения приводится только качественная схема явления, поясняющая причину появления сопротивления качению одного тела по поверхности другого. По этой схеме сопротивление качению появляется вследствие деформации поверхностей. При стремлении сдвинуть, например, цилиндр (каток) вдоль опорной поверхности возникают силы реакции поверхности в зоне ее деформации, равнодействующая которых  $T$  обуславливает появление момента, препятствующего качению катка [1, 2]. Сдвиг точки  $A$  приложения этой равнодействующей относительно вертикальной оси катка в момент начала движения и представляет собой величину коэффициента трения качения (рис. 1).

Коэффициент трения качения определяется опытным путем для различных пар материалов и приводится в справочниках. В этих данных учитываются только виды взаимодействующих материалов (т.е. в неявном виде физические свойства материалов и неизвестные условия экспериментов), данных о влиянии на коэффициент трения размеров катков или колес и величины нагрузок нет.

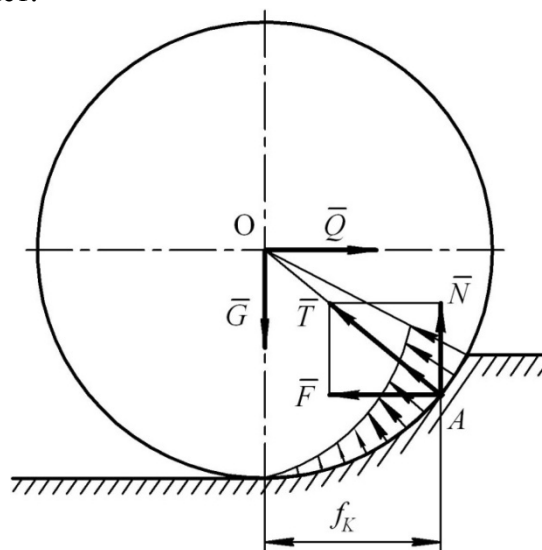


Рисунок 1 – Схема возникновения трения качения

Представляется несомненным, что величина нагрузки  $G$  и изменение радиуса колес должны влиять на величину зоны деформации поверхности в направлении движения. Т.е. можно ожидать и влияния этих параметров на коэффициент трения качения. Поэтому возможность более точной расчетной оценки коэффициента трения качения с учетом размеров тела и нагрузок от него на опорную поверхность имеет практическое значение.

Для упрощения примем, что каток является более жестким телом и его деформация мала по сравнению с деформацией опорной поверхности, а сам процесс деформации будем рассматривать в приближении плоской задачи. Тогда линия деформации опорной поверхности будет дугой окружности и потеря энергии на деформацию катка нет.

Линия действия равнодействующей  $T$  сходящихся сил реакций деформированной поверхности должна проходить через центр тяжести  $C$  эпюры распределения сил реакций  $q(l)$  вдоль линии дуги (рис. 2). Деформация поверхности мала по сравнению с размерами катка.

Коэффициент трения качения:

$$f_k = R \sin \theta_c = R \sin \frac{l_c}{R} \approx l_c, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус катка, м;

$\theta_c$  – угол, соответствующий положению центра тяжести эпюры;

$l_c$  – дуговая координата центра тяжести эпюры, м.

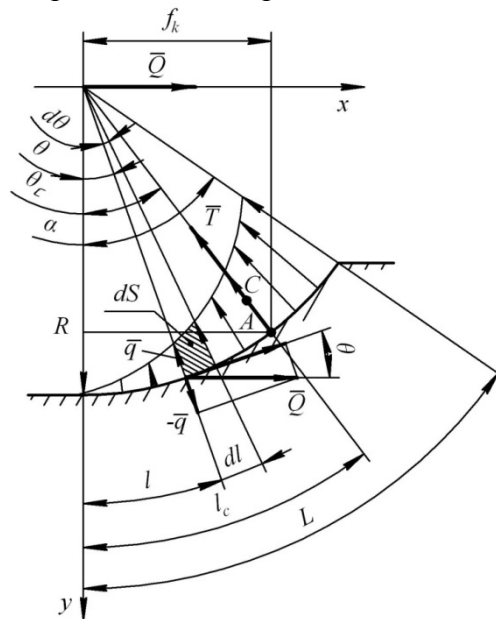


Рисунок 2 – Схема сил для расчета коэффициента трения

Интенсивность сил реакций поверхности в момент начала движения:

$$q(l) = \frac{Q}{RB\alpha} \sin \theta, \quad (2)$$

где  $Q$  – сила, вызывающая качение катка и направленная параллельно поверхности (или горизонтальная составляющая равнодействующей приложенных сил) Н;

$B$  – длина катка, м;

$\alpha$  – угол деформации;

$\theta$  – текущая угловая координата.

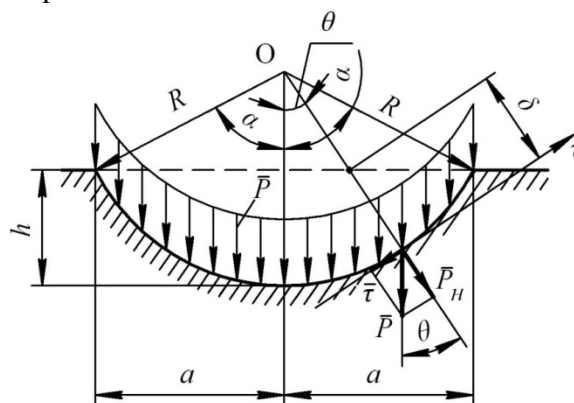


Рисунок 3 – Нагрузки в зоне деформации

Элементарная площадь эпюры реакций с точностью до бесконечно малых порядка выше первого:

$$dS \approx q(l) \cdot dl \quad . \quad (3)$$

Координата центра тяжести

$$l_c = \frac{\int_0^L q(l) dl}{\int_0^L q(l) dl} = R \cdot \frac{\int_0^\alpha \theta \sin \theta d\theta}{\int_0^\alpha \sin \theta d\theta} \quad , \quad (4)$$

или

$$l_c = R \cdot \frac{\int_0^\alpha \theta^2 d\theta}{\int_0^\alpha \theta d\theta} = \frac{2}{3} \alpha \cdot R = f_k \quad . \quad (5)$$

Для определения угла  $\alpha$  рассмотрим деформацию поверхности от нагрузки  $G$ , действующей на каток (в частном случае это вес катка). Каток будет погружаться в поверхность до тех пор, пока ее внутренние силы упругости не уравновесят нагрузку, т.е. увеличение внутренней потенциальной энергии в подстилающем слое станет равным работе нагрузки при деформировании поверхности. Интенсивность нагрузки на поверхности контакта:

$$P = \frac{G}{2\alpha RB} \quad , \quad (6)$$

где  $G$  – нагрузка от катка,  $H$ .

Нормальные составляющие интенсивности нагрузки на поверхности контакта (рис. 3):

$$P_H = P \cdot \cos \theta = \frac{G}{2\alpha RB} \cdot \cos \theta \quad . \quad (7)$$

Перемещения точек приложения нормальных составляющих:

$$\delta = R - \frac{R-h}{\cos \theta} \quad . \quad (8)$$

Работа силы нагрузки, затраченная на деформацию:

$$A = \int_{-\alpha}^{\alpha} P_H \cdot B \cdot \delta \cdot R \cdot d\theta = \frac{G}{2\alpha} \cdot \int_{-\alpha}^{\alpha} \left[ R - \frac{R-h}{\cos \theta} \right] \cdot \cos \theta \cdot d\theta \quad , \quad (9)$$

или после интегрирования:

$$A = \frac{G}{\alpha} \cdot [R \cdot \sin \alpha - (R-h)\alpha] = G \cdot h \quad , \quad (10)$$

$$h = R - R \cos \alpha = 2R \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{R\alpha^2}{2} \quad , \quad (11)$$

получим работу внешних сил:

$$A = \frac{1}{2} GR\alpha^2 \quad . \quad (12)$$

Найдем увеличение внутренней потенциальной энергии опорной поверхности, обусловленное действием сил упругости. Как видно из схемы (рис. 3), на границе деформирован-

ной поверхности при малых углах деформации  $\alpha$  радиальные нормальные напряжения  $P_n$  незначительно отличаются от нагрузки  $P$ , а тангенциальные напряжения очень малы. Поэтому, как и в случае осесимметричного поля напряжений, примем тангенциальную составляющую компоненту перемещений  $\nu$  и касательные напряжения  $\tau$  равными нулю [3,4].

Радиальные нормальные напряжения  $\sigma_r$  и радиальные перемещения  $u$  должны затухать вдоль переменной  $r$  (рис. 4).

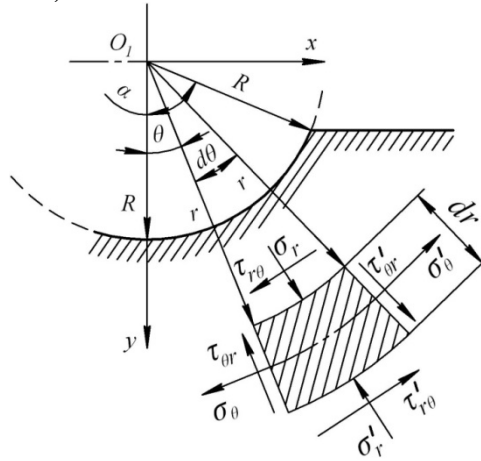


Рисунок 4 – Напряжения в массе

Следуя методу разделения переменных и учитывая характер изменения  $\sigma_r$  и  $u$ , положим:

$$u = f(r)\cos\theta, \quad (13)$$

где  $u$  – радиальные перемещения в точках массива, м;

$f(r)$  – убывающая функция от  $r$ ;

$r$  – радиальная координата точек массива, м.

Осевые относительные деформации:

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r} = f'(r) \cdot \cos\theta, \quad (14)$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{u}{r} = \frac{1}{r} \cdot f(r) \cdot \cos\theta, \quad (15)$$

где  $f'(r)$  – производная от функции  $f(r)$ .

Нормальные напряжения по закону Гука:

$$\sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_r + \mu\varepsilon_\theta) = \frac{E}{1-\mu^2} \left[ f'(r) + \frac{\mu}{r} f(r) \right] \cdot \cos\theta, \quad (16)$$

$$\sigma_\theta = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot (\varepsilon_\theta + \mu\varepsilon_r) = \frac{E}{1-\mu^2} \left[ \frac{1}{r} f(r) + \mu f'(r) \right] \cdot \cos\theta, \quad (17)$$

где  $E$  – модуль упругости материала опорной поверхности, Па;

$\mu$  – коэффициент Пуассона.



Система уравнений плоской задачи теории упругости при  $\nu = 0$  и без учета объемных сил:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r}(\sigma_r - \sigma_\theta) &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} &= 0 \\ \nabla^2(\sigma_r + \sigma_\theta) &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (18)$$

После подстановки напряжений (16) и (17) в первое уравнение системы (18) получим уравнение:

$$f''(r) + \frac{1}{r} f'(r) - \frac{1}{r^2} f(r) = 0, \quad (19)$$

решение которого, как известно, имеет вид:

$$f(r) = C_1 r + \frac{1}{r} C_2, \quad (20)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные интегрирования.

Нормальные напряжения  $\sigma_r$  по формуле (16):

$$\sigma_r = E \left[ \frac{C_1}{1-\mu} - \frac{C_2}{r^2} \cdot \frac{1}{(1+\mu)} \right] \cdot \cos \theta, \quad (21)$$

и после перехода к относительной переменной координате  $\bar{r} = \frac{r}{R}$ :

$$\sigma_r = E \left[ \frac{C_1}{1-\mu} - \frac{C_2}{R^2} \cdot \frac{1}{(1+\mu)} \cdot \frac{1}{\bar{r}^2} \right] \cdot \cos \theta. \quad (22)$$

Используя граничные условия:

$$\text{при } \bar{r} \rightarrow \infty \quad \sigma_r \rightarrow 0, \quad (23)$$

$$\text{при } \bar{r} = 1 \quad \sigma_r = -P \cos \theta, \quad (24)$$

находим постоянные:  $C_1 = 0$  и  $C_2 = \frac{P(1+\mu)R^2}{E}$ .

Окончательно значения нормальных напряжений:

$$\sigma_r = -\frac{P}{\bar{r}^2} \cos \theta, \quad (25)$$

$$\sigma_\theta = \frac{P}{\bar{r}^2} \cos \theta, \quad (26)$$

второе уравнение системы (18) при полученном значении напряжения  $\sigma_\theta$  дает:

$$\frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} = -\frac{P}{\bar{r}^2} \sin \theta = 0, \quad (27)$$

что соответствует условию максимума тангенциального напряжения при  $\theta = 0$ . Третье уравнение системы (18) удовлетворяется тождественно.

Внутренняя потенциальная энергия деформации [4]:

$$U = \iiint U_0 dV, \quad (28)$$

где  $U_0$  – удельная потенциальная энергия деформации, Дж/м<sup>3</sup>.

Элементарный объем:

$$dV = R^2 \bar{r} d\bar{r} d\theta dz, \quad (29)$$

где  $z$  – горизонтальная ось катка.

Для линейно-упругого материала при нулевых касательных напряжениях удельная потенциальная энергия [4]:

$$U_0 = \frac{1}{2} (\sigma_r \varepsilon_r + \sigma_\theta \varepsilon_\theta). \quad (30)$$

Относительная радиальная деформация  $\varepsilon_r$  по формуле (14):

$$\varepsilon_r = -\frac{C_2}{r^2} \cos \theta = -\frac{P(1+\mu)}{E} \cdot \frac{\cos \theta}{\bar{r}^2}. \quad (31)$$

Относительная тангенциальная деформация  $\varepsilon_\theta$  по формуле (15):

$$\varepsilon_\theta = \frac{C_2}{r^2} \cos \theta = \frac{P(1+\mu)}{E} \cdot \frac{\cos \theta}{\bar{r}^2}. \quad (32)$$

Подставив значения нормальных напряжений (25), (26) и относительных деформаций (31), (32) в зависимость (30), найдем удельную потенциальную энергию деформации:

$$U_0 = \frac{(1+\mu)}{E} \cdot \frac{P^2 \cos^2 \theta}{\bar{r}^4} \quad (33)$$

и по формуле (28) найдем увеличение внутренней энергии опорной поверхности:

$$U = \frac{(1+\mu)}{E} \cdot P^2 \cdot R^2 \int_0^B dz \int_1^\infty \frac{d\bar{r}}{\bar{r}^3} \int_{-\alpha}^\alpha \cos^2 \theta d\theta, \quad (34)$$

что после интегрирования дает:

$$U = \frac{(1+\mu)}{2E} \cdot P^2 \cdot R^2 \cdot B \left( \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right). \quad (35)$$

С учетом, что  $\sin 2\alpha \approx 2\alpha$  найдем:

$$U = \frac{(1+\mu)G^2}{4EB\alpha}. \quad (36)$$

Приравнявая работу внешних сил (12) и увеличение внутренней энергии (36), найдем угол деформации  $\alpha$ :

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{(1+\mu)G}{2EBR}}, \quad (37)$$

и по формуле (5) коэффициент трения качения:

$$f_k = \frac{2}{3} \sqrt[3]{\frac{(1+\mu)GR^2}{2BE}}, \quad (38)$$

т.е. коэффициент трения качения зависит не только от физических свойств поверхности, но и от радиуса катка и от ширины зоны контакта цилиндра с поверхностью (длины катка).

### ПРИМЕРЫ

1. Качение стального колеса по рельсу.

Исходные данные:  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\mu = 0,28$ ,  $R = 0,475$  м, нагрузка  $G = 7 \cdot 10^3$  Н (половина веса колесной пары), ширина поверхности катания  $B = 0,06$  м.

Расчет по формуле (38) дает значение коэффициента трения качения 2,9 мм. По различным справочным материалам (безотносительно к размерам и нагрузкам) коэффициент трения качения 0,5 – 5 мм. При нагрузке на колесо от вагона  $G = 50 \cdot 10^3$  Н расчет по формуле (38) дает  $f_k = 5,6$  мм.

2. Однорядный радиальный роликовый подшипник.

Исходные данные:  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\mu = 0,28$ ,  $R = 0,01$  м,  $B = 0,06$  м,  $G = 10^3$  Н. По расчету получаем  $f_k = 0,12$  мм. По справочным материалам (так же безотносительно к размерам и нагрузкам)  $f_k = 0,025 - 0,10$  мм.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** как видно из примеров, предлагаемая формула (38) для расчетной оценки коэффициента трения качения дает адекватные результаты и учитывает размеры тел и действующие нагрузки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики [Текст] / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, А. Г. Меркин. - СПб.:Лань, 2009. - 736 с.
2. Яблонски, А. А. Курс теоретической механики [Текст] / А. А. Яблонски, В. М. Никифорова. - М.: Кнорус, 2011. - 608 с.
3. Кац, А. М. Теория упругости [Текст] / А. М. Кайц. - СПб.: Лань, 2010. - 208 с.
4. Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности [Текст] / А. В. Александров, В. А. Потапов. - М.: Высшая школа, 1990. - 400 с.

**Павлов Вальжен Залманович**

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Инженерной графики и механики»

E-mail: pavlovvz-1408@yandex.ru

---

V. Z. Pavlov

### ESTIMATED ASSESSMENT COEFFICIENT OF ROLLING FRICTION

*In the paper, based on solving the equations of the plane problem of elasticity theory, proposed a formula for calculating the dependency rolling friction coefficient that takes into account the physical properties of the surface material, the size of the rink and the applied loads.*

**Keywords:** rolling friction, the work force, the potential energy, movement and voltage coefficient of friction.

### BIBLIOGRAPHY

1. Butenin, N. V. Kurs teoreticheskoy mekhaniki [Tekst] / N. V. Butenin, YA. L. Lunts, A. G. Merkin. - SPb.:Lan`, 2009. - 736 s.
2. Yablonski, A. A. Kurs teoreticheskoy mekhaniki [Tekst] / A. A. Yablonski, V. M. Nikiforova. - M.: Knorus, 2011. - 608 s.
3. Kats, A.M. Teoriya uprugosti [Tekst] / A. M. Kayts. - SPb.: Lan`, 2010. - 208 s.
4. Aleksandrov, A. V. Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti [Tekst] / A. V. Aleksandrov, V. A. Potapov. - M.: Vysshaya shkola, 1990. - 400 s.

**Pavlov Valzhen Zalmanovich**

FGBOU VPO "Orel State Agrarian University"

Address: 302019, Russia, Orel, ul. General Homeland, 69

Candidate. tehn. , Associate Professor of the Department "Engineering Graphics and Mechanics"

E-mail: pavlovvz-1408@yandex.ru

УДК.621.873

Р. А. КОБЗЕВ

## СИНТЕЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ

*Рассматривается вопрос синтеза оптимальной пространственной структурной схемы металлоконструкции тяжелых козловых кранов. Нахождение оптимальных значений параметров металлических конструкций позволит существенно сократить затраты на изготовление и эксплуатацию крана.*

*Ключевые слова:* тяжелые козловые краны, оптимальное проектирование, несущая металлическая конструкция, пространственная структурная схема.

Специальные козловые краны выделяются высокими значениями грузоподъемности, высоты подъема, ширины пролета. Как правило, это весьма тяжелые машины, имеющие большую металлоемкость и энерговооруженность, и, как следствие, весьма дорогие в производстве и эксплуатации. В то же время, применение специальных козловых кранов позволяет существенно сократить срок монтажа крупных строительных объектов за счет использования «крупноблочного» строительства, а также обеспечивает высокую точность позиционирования, недостижимую для кранов стрелового типа. В связи с этим весьма актуально стоит вопрос снижения металлоемкости и, как следствие, энерговооруженности специальных козловых кранов.

Большая часть массы специальных козловых кранов приходится на несущую металлическую конструкцию, соответственно с основной потенциал снижения металлоемкости связан с оптимизацией металлоконструкции крана.

Различают две степени оптимального проектирования:

1 – структурная оптимизация, задачей которой является применение оптимальной пространственной структурной схемы металлоконструкции.

2 – параметрическая оптимизация, решающая задачу нахождения оптимального поперечного сечения для всех элементов металлоконструкции.

Стоит заметить, что вопросы параметрической оптимизации были достаточно подробно рассмотрены в ряде работ [1], но при этом основной потенциал снижения массы металлоконструкции связан все-таки со структурной оптимизацией, поскольку применение более совершенных пространственных схем способно приводить к значительно большему снижению металлической конструкции. Например, на Саратовской ГЭС эксплуатируется специальный козловый кран К2х180 (рис. 1), имеющий следующие параметры: грузоподъемность 360 т, высота подъема 32 м, пролет 26 м плюс две рабочие консоли общим вылетом 13 м, т.е. общая ширина обслуживаемой зоны 39 м, общая масса крана 1200 т. При строительстве Балаковской АЭС использовался специальный козловый кран К2х190 (рис.2), параметры которого: грузоподъемность 380 т, высота подъема 76 м, пролет 80 м, общая масса 1100 т. Таким образом, за счет применения более совершенной структурной схемы кран К2х190 существенно превосходит кран К2х180 по величине обслуживаемой зоны, незначительно превосходит по грузоподъемности и при этом имеет даже меньшую металлоемкость.

Структурную оптимизацию пространственных крановых металлических конструкций в свою очередь также можно разделить на два вида:

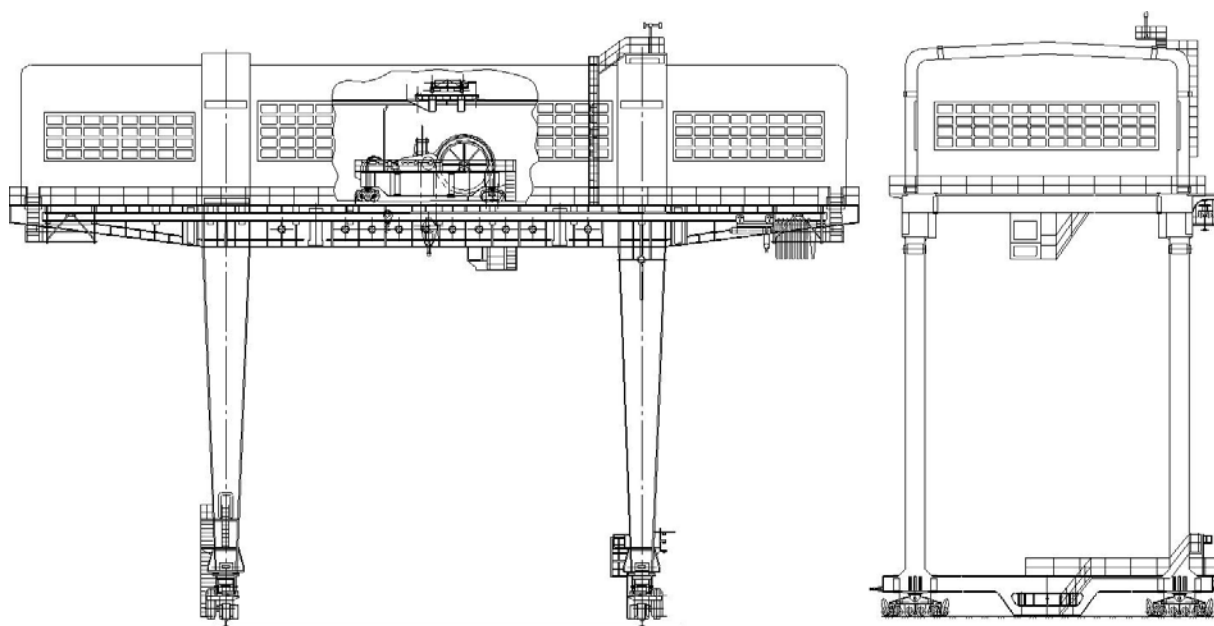


Рисунок 1 - Кран K2x180 Саратовской ГЭС



Рисунок 2 - Кран K2x190 монтирует купол энергоблока Балаковской АЭС



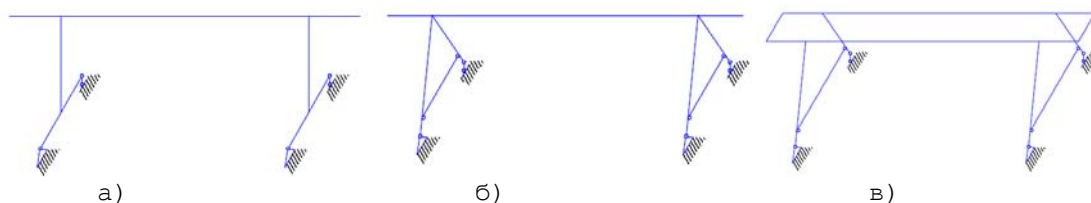
- на более простом уровне структурная оптимизация заключается в определении оптимальных длин и способов закрепления элементов в рамках выбранной структурной схемы (возможны несколько вариантов закрепления элементов: жесткое соединение, шарнирное соединение, причем с различной ориентацией шарнира в пространстве, а также соединение с помощью сферического шарнира [2]),

- на более высоком уровне структурная оптимизация заключается в выборе оптимальной пространственной схемы из применявшихся ранее, или в создании принципиально новой пространственной структурной схемы, не применявшейся ранее.

Очевидно, что именно создание или выбор оптимальной структурной схемы может дать наибольший положительный эффект в виде снижения металлоемкости крана. В то же время необходимо отметить, что вопросы синтеза оптимальных структурных схем пространственных крановых металлоконструкций в настоящий момент еще недостаточно изучены.

В связи с этим автором был разработан свой метод синтеза пространственных структурных схем крановых металлоконструкций, подробно рассмотренный ниже.

На первом этапе необходимо рассмотреть три основных базовых варианта пространственных схем: схему однобалочного пролетного строения с неразветвленными опорами, однобалочного пролетного строения с разветвленными опорами и двухбалочного пролетного строения с разветвленными опорами (рис.3). По умолчанию принимаем, что все три схемы предполагают пролетное строение крана с двумя консолями, если иное не оговорено техническим заданием. Наличие консоли позволяет существенно расширить количество рассматриваемых вариантов пространственных схем. Поскольку на первом этапе достаточно сложно предполагать, какой из трех базовых вариантов окажется более выгодным, необходимо определить оптимальные параметры для каждой из базовых схем, а именно: длины элементов и способы их закрепления, а также поперечное сечение всех элементов. После этого необходимо провести сравнение полученных вариантов по выбранному заранее критерию оптимизации (критерию качества), в случае, если одна из базовых схем заведомо проигрывает другим, в дальнейшем ее можно не рассматривать.



**Рисунок 3 - Базовые схемы металлоконструкций специальных козловых кранов**

- а) – однобалочная схема с неразветвленными опорами,*
- б) - однобалочная схема с разветвленными опорами,*
- в) двухбалочная схема с разветвленными опорами*

Далее необходимо продолжить поиск оптимального решения для оставшихся базовых схем на более глубоком уровне. Для этого делим пространственную металлоконструкцию на отдельные элементы, причем необходимо соблюдать условие, что точки соединения элементов могут находиться только в начале или в конце элемента. То есть, пролетное строение, например, необходимо рассматривать как три самостоятельных элемента: левая консоль, мост и правая консоль, в таких случаях при необходимости может быть введено условие постоянства поперечного сечения этих элементов. Далее обозначаем узловые точки металлоконструкции, которыми являются точки начала и конца имеющихся элементов, а также центральные точки элементов, число которых может быть назначено индивидуально для каждого элемента в зависимости от его длины или напротив, можно изначально задать определен-



ное количество узлов на каждом стержне. После этого необходимо определить, какие дополнительные элементы могут быть добавлены в базовую схему, для чего последовательно каждую узловую точку пробуем соединять с другими узловыми точками. Если полученный при этом элемент совпадает с уже имеющимся в схеме элементом, а также если он проходит через рабочую зону, в которой может располагаться груз, то данный элемент отбрасывается, как невозможный. За этим дополнительные элементы, удовлетворяющие обоим условиям, получают свой индекс и рассматриваются далее.

Схема поиска новых элементов исследуемой пространственной схемы представлена на рисунке 4. В качестве базовой принята схема с однобалочным пролетным строением и неразветвленными опорами, определено 5 основных элементов схемы. 1 – консоль, 2 – мост, 3 – опора, 4, 5 – элементы нижнего ригеля. На приведенном рисунке для упрощения принято, что схема имеет обе жесткие опоры и в целом симметрична, поэтому вторая опора и ее нижний ригель получили аналогичные обозначения. Найдены узловые точки металлоконструкции от *a* до *j*. На примере точки *f* рассмотрены возможные дополнительные элементы: элементы *fa*, *fb*, *fc* и *fe* возможны и обозначены зеленым цветом, элемент *fg* невозможен, поскольку совпадает с элементом 4, элемент *fd* пересекает рабочую зону крана и также невозможен, невозможные элементы обозначены красным цветом. Аналогичная процедура выполняется для всех базовых точек.

В дальнейшем исследуется влияние введения каждого дополнительного элемента на критерий оптимизации, элемент, дающий наибольшее позитивное изменение критерия оптимизации вводится в базовую схему на постоянной основе. После этого вновь полученная схема снова исследуется на оптимальные значения длин элементов, способы закрепления и определяется сечение всех элементов. В дальнейшем полученная «условно оптимальная» пространственная схема опять делится на элементы и оптимизируется далее по приведенному выше алгоритму.

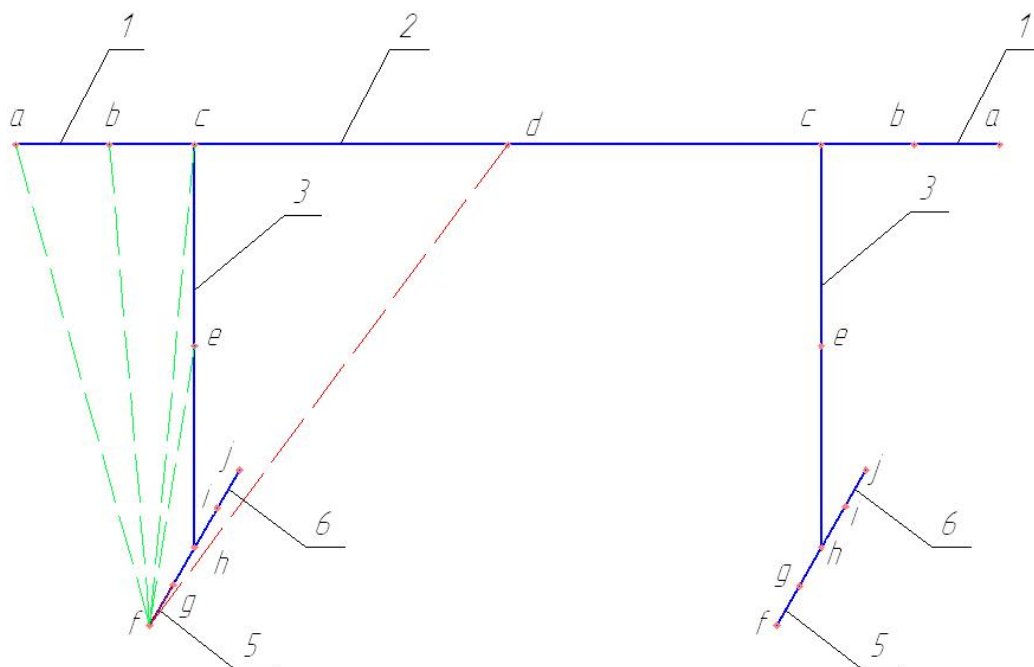


Рисунок 4 - Схема поиска новых элементов пространственной схемы

В случае, если введение всех возможных дополнительных элементов не приводит к улучшению принятого критерия оптимизации, рассматриваемая схема считается оптимальной для одного из базовых вариантов. После этого, сравнивая значения критерия качества

оптимальных схем, полученных на основе различных базовых вариантов, между собой, находим оптимальный вариант пространственной схемы.

Учитывая, что задача нахождения оптимального решения для пространственной структурной схемы связана с большим количеством промежуточных вычислений, решать ее возможно только с применением ЭВМ. Однако компьютер, легко справляясь с задачами, связанными с исследованием уже заложенных в программе схем, к сожалению, имеет объективные сложности с самостоятельным созданием новых вариантов. Основным преимуществом предложенного метода синтеза пространственных структурных схем является именно то, что он может быть реализован в виде алгоритма и позволит машине самостоятельно разрабатывать новые варианты пространственных схем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапьянов, В. Ю. Выбор оптимальных схем металлоконструкций тяжелых козловых кранов [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук / В. Ю. Сапьянов. – Саратов, 2008.- 175 с.
2. Кобзев, Р. А. Структурная оптимизация пространственных крановых конструкций варьированием длинами входящих стержней и точками их закрепления [Текст] / Р. А. Кобзев // Мир транспорта и технологических машин. – Орел. - 2011. – Вып.2 (33).

**Кобзев Роман Анатольевич**

Балаковский институт техники технологии и управления

Адрес: 413853, Россия, Саратовская область, г.Балаково, ул. Чапаева, 140

Канд. техн. наук, докторант кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»

E-mail: kobzev.roman@yandex.ru

---

R. A. KOBZEV

## SYNTHESIS OF SPATIAL STRUCTURE OF SCHEMES METALLOKONSTRUKTSY HEAVY GANTRY CRANE

*The problem of the synthesis of spatial structural schemes of heavy gantry cranes metalworks is considered. Determination of metalworks parameters optimum value will allow to reduce manufacturing and operational costs essentially.*

**Keywords:** *heavy gantry cranes, optimum projection, bearing metalwork, spatial structural scheme.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Sap`yanov, V. YU. Vybora optimal`nykh skhem metallokonstruktsiy tyazhelykh kozlovykh kranov [Tekst]: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk / V. YU. Sap`yanov. - Saratov, 2008.- 175 s.
2. Kobzev, R. A. Strukturnaya optimizatsiya prostranstvennykh kranovykh konstruktsiy var`irovaniem dlinami vkhodyashchikh sterzhney i tochkami ikh zakrepleniya [Tekst] / R. A. Kobzev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel. - 2011. - Vyp.2 (33).

**Kobzev Roman Anatol'evich**

Balakovsky Institute of Engineering Technology and Management

Address: 413853, Russia, Saratov region, Balakovo, st. Chapayeva 140

Candidate. tehn. Sciences doctoral student "Hoisting, construction and road machines"

E-mail: kobzev.roman @ yandex.ru

УДК 519.6: 656.13: 537.8

И. Е. АГУРЕЕВ, В. А. ПЫШНЫЙ

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В РАЗВИТИЕ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Рассмотрена закономерность влияния капитальных вложений на развитие инфраструктуры улично-дорожной сети (УДС), при которой возможно большое число вариантов с различными характеристиками транспортного процесса, соответствующих одному и тому же интервалу изменения инвестиций. Получено линейное уравнение регрессии для оценки влияния вложений на эксплуатационные затраты транспортных средств.*

**Ключевые слова:** математическая модель, транспортный процесс, улично-дорожная сеть.

В настоящее время происходит бурное развитие городских автомобильных транспортных систем (АТС). Исследование этих процессов влечет за собой решения широкого спектра проблем как исключительно транспортного характера [1,2], так и градостроительно-социального, экологического и т. д. Одной из малоизученных проблем в этой области является исследование характера поведения автомобильной транспортной системы в условиях развития городской УДС. Развитие городской автомобильной транспортной системы предполагает изменение архитектуры УДС. Рассмотрим данный процесс на примере г. Тулы.

Для получения характеристик транспортных процессов за основу была взята откалиброванная модель загрузки УДС г. Тулы, созданная для изучения транспортных потоков трудовых корреспонденций в утренние и вечерние часы «пик» [3].

Основные допущения, принятые для построения модели, приводят к решению задачи загрузки транспортной сети в последовательности:

1. Построение графа УДС г. Тулы, включающего в себя магистральные, основные внутрирайонные улицы и шоссе;
2. Описание всех основных параметров перегонов, перекрестков и технических объектов, обеспечивающих организацию дорожного движения на УДС, характеризующих наиболее реалистично дорожную ситуацию на данный момент;
3. Приведения всего транспорта к условным транспортным единицам, выраженным легковым транспортом;
4. Изучение поведения движения трудовых корреспонденций, как основных и наиболее многочисленных в утренние и вечерние часы «пик»;
5. Разбиение УДС на условные транспортные районы по типу застройки, заселению, местам приложения труда;
6. Создание матрицы трудовых корреспонденций по статистическим данным о местах проживания и приложения труда населения;
7. Итерационное решение задачи загрузки УДС с калибровкой результатов по фактическим данным, полученным с помощью наблюдений основных перегонов УДС и с камер видеонаблюдения.

Инструментом для создания данной модели и расчета загрузки УДС является программно-аналитический комплекс «Transnet» (разработка сотрудников ИСА РАН), позволивший произвести расчет матрицы корреспонденций с помощью гравитационной модели и алгоритма равновесного распределения корреспонденций (потоков) по транспортной сети.

Решение данной задачи позволило получить ряд данных, характеризующих автомобильную транспортную систему в целом и отдельные транспортные процессы:

- суммарная транспортная работа (авт·км);
- затраты времени (час) – суммарные затраты времени всех участников движения в транспортной системе на перемещение;
- средняя скорость (км/ч) – среднее значение скорости транспорта на УДС;
- средние временные затраты (час) – среднее значение времени за которое совершаются трудовые корреспонденции;
- средняя длина перемещений (км) – среднее значение длины пути совершаемых корреспонденций.

Подробное описание построения модели и анализа полученных результатов отражено в работе [3].

Для г. Тулы разработан генеральный план развития городской агломерации до 2030 г. По данному проекту предполагается создание 400 км магистральных, внутрирайонных улиц и шоссе. Чтобы выявить закономерность влияния капитальных вложений на развитие УДС, произведена серия вычислительных экспериментов (50 вариантов), в которых изменялась структура модели УДС г. Тулы в соответствии с генеральным планом (рис. 1). Для этого осуществлялся подбор определенных участков, были подготовлены варианты различного сочетания участков и рассчитаны приблизительные затраты на строительство.



*Рисунок 1 – Вариант изменения структуры УДС г. Тулы*

По каждому варианту получены характеристики транспортных процессов, а так же:

- капитальные вложения (млн. руб.) – затраты на строительство и реконструкцию участков УДС;
- стоимость эксплуатации (млн. руб.) – годовые суммарные затраты всех участников движения на эксплуатацию транспорта.

Для оценки эксплуатационных затрат был произведен расчет по формуле:

$$S_{\text{эз}} = 365 \cdot 8 \cdot S(l) \left( \sum_i l_{\text{ср}i} \cdot N_{\text{л}i} \right), \quad (1)$$

где  $l_{\text{ср}i}$  –  $i$ -ое значение средних перемещений  $N_{\text{л}i}$  количества автомобилей;

$S(l)$  – стоимость одного километра пробега автомобиля (в данный показатель входит учет расходов на ГСМ, обслуживание, ТО, ОСАГО и т.п.) устанавливается исходя из статистических данных.

Для каждого варианта вычислены средние показатели временных затрат на перемещения и скорости движения транспортного средства (ТС) (рис. 2, 3).

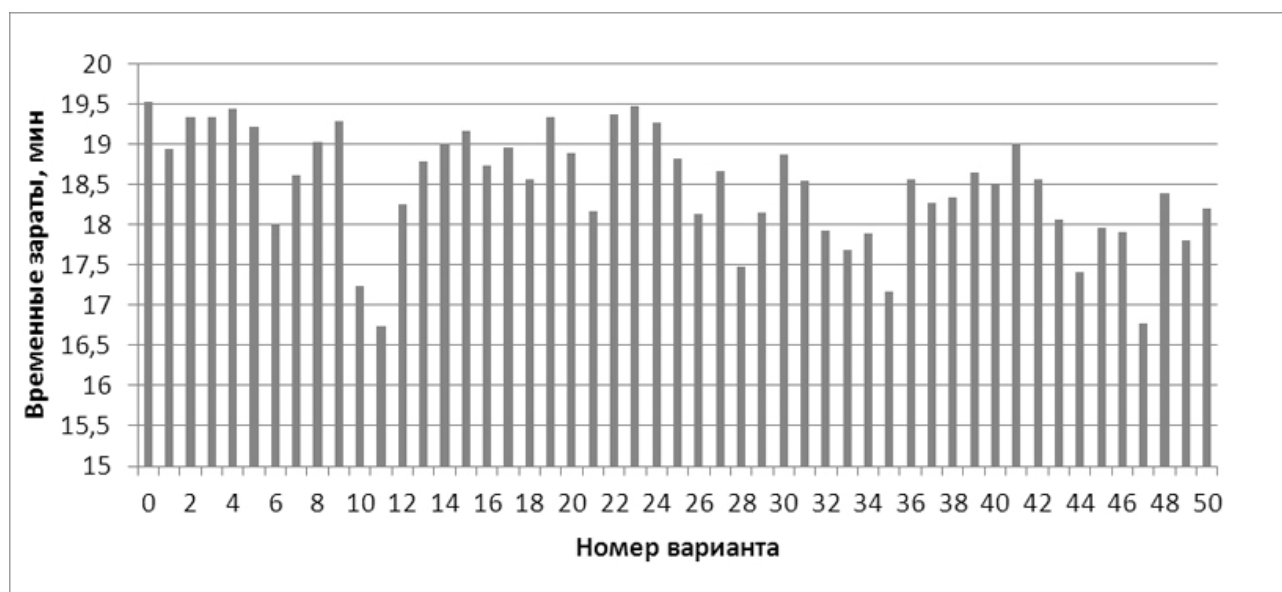


Рисунок 2 – Средние значения временных затрат

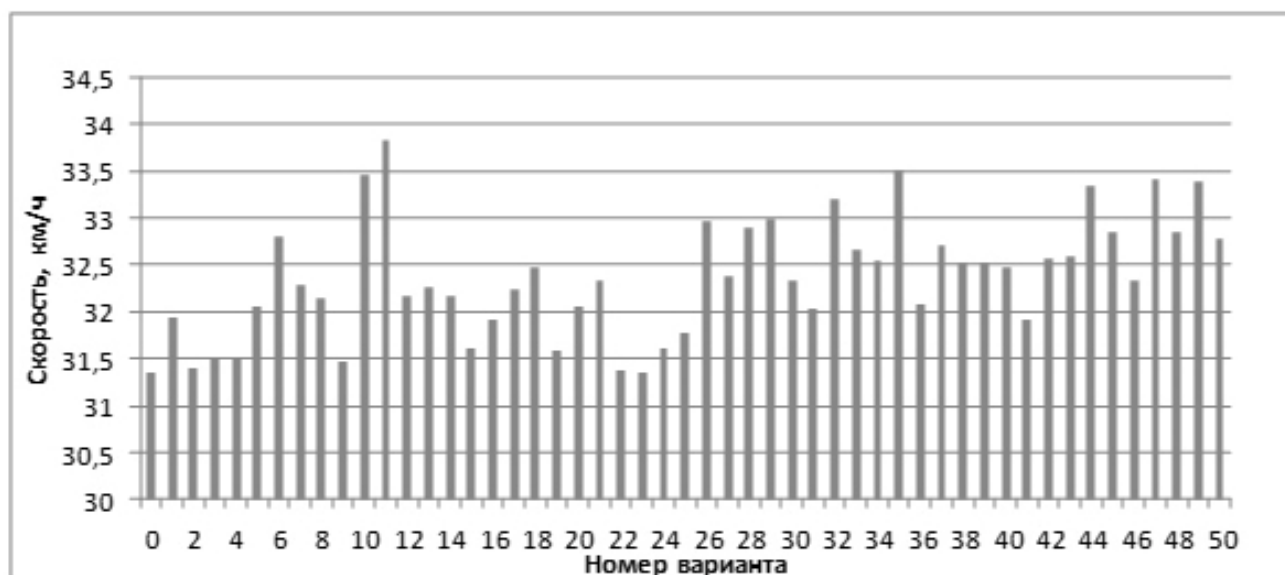


Рисунок 3 – Средние значения скорости ТС

Для анализа созданных вариантов был построен график зависимости транспортной работы от капитальных вложений (рис. 4).

Каждая точка, изображенная на графике, является одним из вариантов реализации генерального плана. Как видно из графика с ростом капитальных вложений в развитие

инфраструктуры УДС возможно большое число вариантов с различными характеристиками транспортного процесса, соответствующих одному и тому же интервалу вложений, но имеющих тенденцию к сокращению транспортной работы.

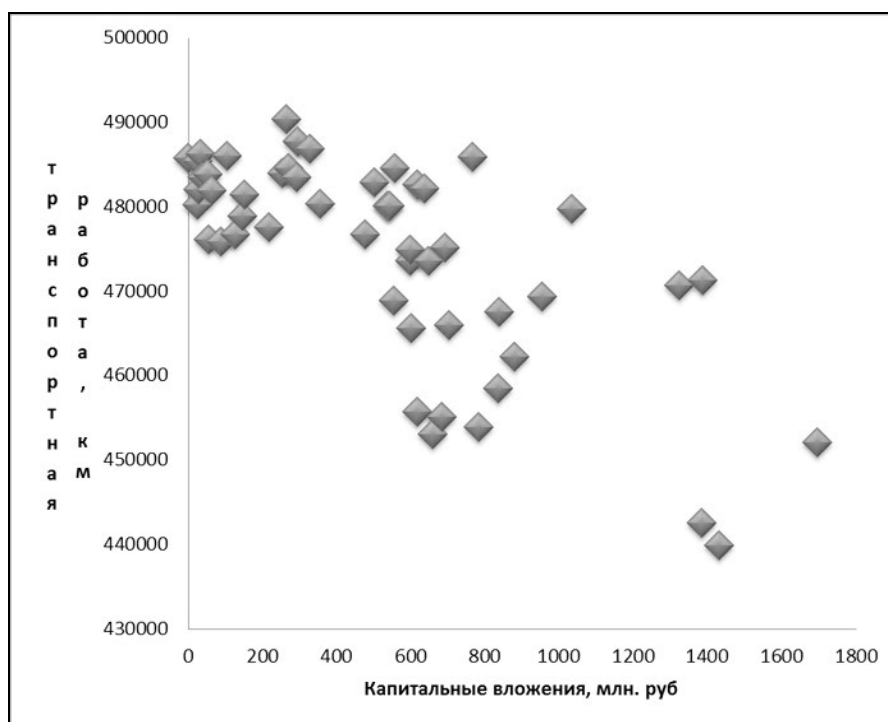


Рисунок 4 – График зависимости транспортной работы от капитальных вложений

В данном случае можно проследить некоторую линейную зависимость величин друг от друга, для этого проведен регрессионный анализ и получено уравнение линейной регрессии (рис. 5).

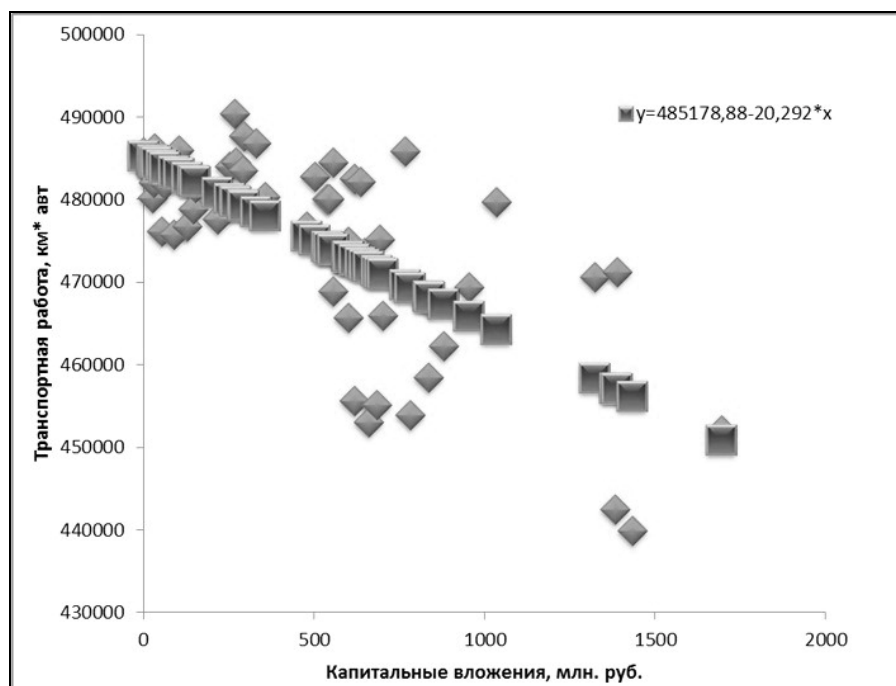


Рисунок 5 – Линия регрессии (квадраты)



Соответственно, по линии регрессии можно осуществить наиболее эффективные варианты капитальных вложений. Применение вышеописанных результатов так же может помочь выполнить отбор наиболее оптимального варианта развития УДС для достижения различных результатов: сокращения затрат времени, минимизации капитальных вложений, оптимизации маршрутов и увеличения скорости. Рисунок 5 требует дополнительных комментариев, касающихся возможностей, возникающих при одном и том же уровне капиталовложений в развитие УДС. Например, при уровне инвестиций, равном 600...700 млн. руб. реализуется, согласно расчетам, большое число вариантов, дающих широкий разброс снижения транспортной работы. Очевидно, в таком случае требуется дополнительное обоснование выбора проектного варианта, так как каждый из предполагаемых дает решение транспортных проблем в различных районах города. Это значит, что затрагиваются интересы различных групп проживающего и работающего населения, и принятие дополнительных критериев неизбежно.

Дальнейшее использование полученных результатов для анализа возможно, если поставить задачу прогнозирования развития транспортной ситуации на среднесрочную или краткосрочную перспективу (от одного года до пяти). В качестве инструмента для принятия решений могут быть использованы нелинейные динамические модели транспортных процессов и систем [4, 6-11]. Одна из таких моделей была представлена в работе [4]. Рассмотрим динамическую систему, которая описывает макроскопическую динамику транспортных процессов. Переменными этой системы являются:  $x$  – количество выполненной транспортной работы,  $y$  – суммарные потери времени при выполнении работы  $x$ ,  $z$  – инвестиции, направленные в инфраструктуру транспортной системы.

Изменение транспортной работы предполагается вследствие развития системы вообще (рост перевозок). Этот фактор будем считать пропорциональным величине  $z$ , что прямо учитывает провозную возможность транспортной сети, а косвенно учитывает рост спроса вследствие экономического роста. Другая причина изменения переменной  $x$  заключается в естественном сокращении транспортной работы за счет стремления перевозчиков к оптимизации (сокращению) этой величины. Допустим, что данный фактор учитывается постоянным коэффициентом с отрицательным знаком. Это слагаемое будет пропорционально величине  $y$  с отрицательным коэффициентом. Тогда уравнение для  $x$  будет иметь вид:

$$\frac{dx}{dt} = k_1 z - k_2 y - k_3. \quad (2)$$

Изменение задержек времени происходит из-за увеличения транспортной работы и вследствие роста инвестиций. Соответствующее эволюционное уравнение имеет вид:

$$\frac{dy}{dt} = k_4 x - k_5 z. \quad (3)$$

Наиболее сложное уравнение запишем для величины инвестиций, направленных на развитие транспортной системы. Будем иметь в виду наличие инвестиций постоянных, направленных на поддержание текущего состояния; плановых, направленных на развитие, и экстренных, направленных на ликвидацию проблемных ситуаций. Введем пороговые значения для переменной  $y$ :  $Y_1$  – неравенство  $y > Y_1$  означает наступление экстренной проблемы;  $Y_2$  – неравенство  $y > Y_2$  соответственно означает наступление этапа плановой модернизации. При этом будем считать, что  $Y_1 > Y_2$ . Текущие инвестиции на поддержание требуемого состояния транспортной системы определим, с одной стороны, пропорциональными самой

стоимости транспортной системы, зависящей от  $z$ , а с другой стороны, пропорциональными износу. Тогда имеем:

$$\frac{dz}{dt} = k_6(z - k_7x)z + k_8y(y - Y_1) + k_9x(y - Y_2). \quad (4)$$

Приведем некоторые результаты, полученные при анализе системы уравнений (2)-(4). В ходе выполнения вычислительного эксперимента ставилась задача обнаружения в модели (2)-(4) различных типов динамического поведения и выявления закономерностей взаимного влияния переменных модели. Был получен аттрактор (сингулярный предельный цикл [5], рис.6) при следующих значениях коэффициентов системы  $k_1 = 9,0$ ,  $k_2 = 1,0$ ,  $k_3 = 1,2$ ,  $k_4 = 5,0$ ,  $k_5 = 6,0$ ,  $k_6 = 7,0$ ,  $k_7 = 10,0$ ,  $k_8 = 0,5$ ,  $k_9 = 2,0$ ,  $k_{10} = 4,0$ ,  $k_{11} = 6,0$ .

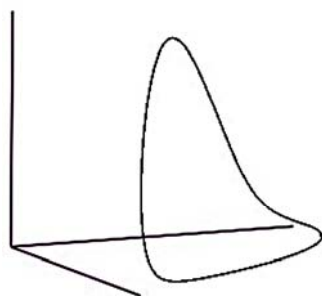


Рисунок 6 – Предельный цикл в системе (2)-(4)

С практической точки зрения важной является адекватность построенной модели. При проведении эксперимента была исследована зависимость поведения переменных модели на временном отрезке (рис. 7), на которой можно выполнить анализ их взаимного влияния и сравнить с реальными данными.

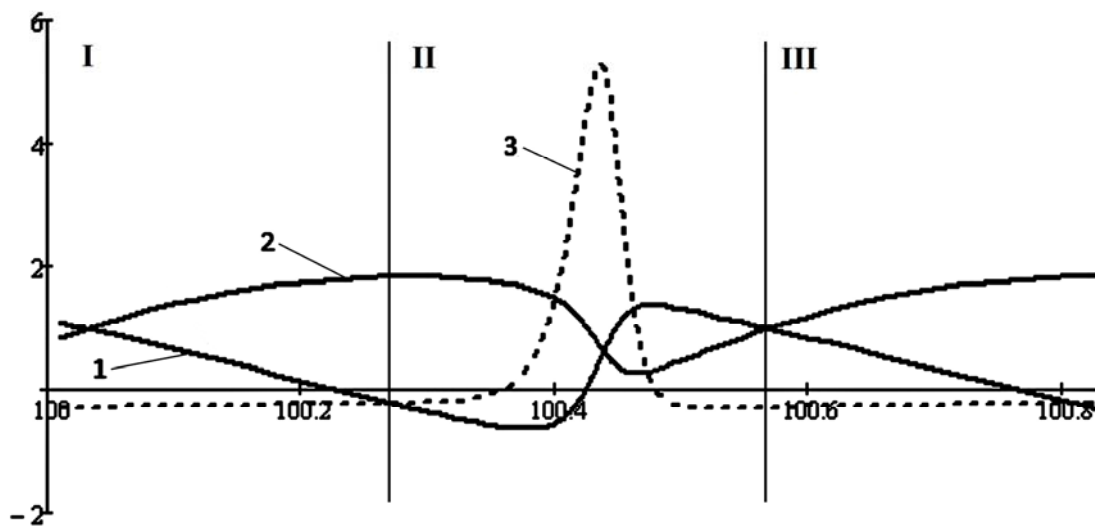


Рисунок 7 – Поведение переменных модели на временном отрезке:

- 1 – количество выполненной транспортной работы ( $x$ );
- 2 – суммарные потери времени ( $y$ ) при выполнении работы;
- 3 – инвестиции ( $z$ ), направленные в инфраструктуру транспортной системы

На графике, представленном на рисунке 7, можно выделить три области. В первой области (I) наблюдается нарастание потерь времени при выполнении транспортной работы.

Притока инвестиции на этом участке нет. Поэтому происходит значительное сокращение выполненной транспортной работы.

Во второй области (II) можно наблюдать резкий приток инвестиций, направленных в инфраструктуру транспортной системы, происходит рост количества выполненной транспортной работы при снижении суммарных потерь времени при выполнении данной работы. Так как приток инвестиций носит краткосрочный характер, то и в конце данного периода можно наблюдать снижение транспортной работы и прирост суммарных потерь времени на её выполнение.

В третьей области (III) наблюдается то же самое, что и в первой, когда притока инвестиций нет, а транспортная работа сокращается пропорционально прироста потерь времени при выполнении данной работы. Происходит завершение периода изменения динамических характеристик.

Рассмотренная математическая модель соответствует ожидаемым результатам в части взаимного поведения исследуемых переменных, так как на практике при увеличении инвестирования какой-либо отрасли происходит увеличение количества выполняемой работы, в нашем случае транспортной. С математической точки зрения найденные в модели регулярные и нерегулярные аттракторы представляют собой траектории, наблюдаемые в результате каскада бифуркаций удвоения периода, субгармонического, гомоклинического и других, более сложных каскадов.

Таким образом, данная модель может служить инструментом для оценки состояния реальной системы и принятия решения при управлении транспортными макросистемами. Подобная методика может заключаться в исследовании какого-либо из выбранных вариантов (рис. 5). Если известно начальное состояние системы (произвольная точка, выделенная знаком «ромб»), то дальнейшая ее эволюция может быть изучена с помощью модели (2)-(4). При этом необходимо сделать оценку коэффициентов, выполнить постановку соответствующей задачи Коши и дальнейший численный анализ – построение кривых, аналогичных представленным на рисунке 7. Результаты анализа могут быть использованы для принятия решений о сроках и величине последующего инвестирования в инфраструктуру АТС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корчагин, В. А. Управление процессами перевозок в открытых социоприродоэкономических автотранспортных системах [Текст]: монография / В. А. Корчагин, С. А. Ляпин. - Липецк: ЛГТУ, 2007. - 261 с.
2. Корчагин, В. А. Автотранспортное обслуживание сложно-технологических производств [Текст] / В. А. Корчагин, С. А. Ляпин // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2006. - №11.
3. Агуреев, И. Е. Моделирование загрузки улично-дорожной сети г. Тулы [Текст] / И. Е. Агуреев, В. А. Пышный, В. И. Швецов // Известия ТулГУ. Технические науки. - 2013. - С. 127-139.
4. Агуреев, И. Е. Динамическая модель транспортной макросистемы [Текст] / И. Е. Агуреев, А. Е. Богма, В. А. Пышный // Известия ТулГУ. Технические науки. - 2013. - С. 139-145.
5. Магницкий, Н. А. Новые методы хаотической динамики [Текст] / Н. А. Магницкий, С. В. Сидоров. - М.: Эдиториал УРСС, 2004. - 320 с.
6. Агуреев, И. Е. Нелинейная динамика в теории автомобильных транспортных систем [Текст] / И. Е. Агуреев // Известия ТулГУ. Автомобильный транспорт. - 2006. - С.3-13.
7. Агуреев, И. Е. Нелинейные модели транспортных процессов и систем [Текст] / И. Е. Агуреев // Известия ТулГУ. Автомобильный транспорт. 2006. - Вып. 10. - С.3-11.
8. Агуреев, И. Е. Модель конкуренции двух автомобильных перевозчиков [Текст] / И. Е. Агуреев, В. М. Тропина // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2007. - Вып.1. - С. 105-110.
9. Агуреев, И. Е. Применение теории Фейгенбаума-Шарковского-Магницкого для анализа модели конкуренции двух автомобильных перевозчиков [Текст] / И. Е. Агуреев; под ред. С.В. Емельянова // Труды Института системного анализа Российской академии наук. Динамика неоднородных систем. - 2008. - С. 159-175.
10. Агуреев, И. Е. Динамика логистической системы в транспортных цепях поставок [Текст] / И. Е. Агуреев, В. М. Тропина // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2011. - С. 158-167.
11. Агуреев, И. Е. Хаотическая динамика в математических моделях транспортных систем [Текст] / И. Е. Агуреев, Е. Е. Атлас, Н. С. Пастухова // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2012. - С. 372-390.

**Агуреев Игорь Евгеньевич**

Тульский государственный университет  
Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92  
Д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство»  
E-mail: agureev-igor@yandex.ru

**Пышный Владислав Александрович**

Тульский государственный университет  
Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92  
Аспирант  
E-mail: slavangel@mail.ru

---

I. E. AGUREEV, V. A. LUSH

**LAWS OF THE INFLUENCE OF CAPITAL INVESTMENT  
IN THE DEVELOPMENT OF THE URBAN ROAD NETWORK  
ON THE CHARACTERISTICS OF TRANSPORT PROCESSES**

*The regularity of influence of capital investments for infrastructure development of the road network (MAC), where a large number of possible variants with different characteristics of the transport process, corresponding to the same range of investments, is considered. The linear regression equation to estimate the impact of investments on the operating costs of vehicles is obtained.*

**Keywords:** mathematical model, transportation process, street and road network.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Korchagin, V. A. Upravlenie protsessami perevozok v otkrytykh sotsioprirodoekonomicheskikh avto-transportnykh sistemakh [Tekst]: monografiya / V. A. Korchagin, S. A. Lyapin. - Lipetsk: LGTU, 2007. - 261 s.
2. Korchagin, V. A. Avtotransportnoe obsluzhivanie slozhno-tekhnologicheskikh proizvodstv [Tekst] / V. A. Korchagin, S. A. Lyapin // Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaystvo. - 2006. - №11.
3. Agureev, I. E. Modelirovanie zagruzki ulichno-dorozhnoy seti g. Tuly [Tekst] / I. E. Agureev, V. A. Pyshnyy, V. I. SHvetsov // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - 2013. - S. 127-139.
4. Agureev, I. E. Dinamicheskaya model' transportnoy makrosistemy [Tekst] / I. E. Agureev, A. E. Bogma, V. A. Pyshnyy // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - 2013. - S. 139-145.
5. Magnitskiy, N. A. Novye metody khaoticheskoy dinamiki [Tekst] / N. A. Magnitskiy, S. V. Sidorov. - M.: Editorial URSS, 2004. - 320 s.
6. Agureev, I. E. Nelineynaya dinamika v teorii avtomobil'nykh transportnykh sistem [Tekst] / I. E. Agureev // Izvestiya TulGU. Avtomobil'nyy transport. - 2006. - S.3-13.
7. Agureev, I. E. Nelineynye modeli transportnykh protsessov i sistem [Tekst] / I. E. Agureev // Izvestiya TulGU. Avtomobil'nyy transport. 2006. - Vyp. 10. - S.3-11.
8. Agureev, I. E. Model' konkurentsii dvukh avtomobil'nykh perevozchikov [Tekst] / I. E. Agureev, V. M. Tropina // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - 2007. - Vyp.1. - S. 105-110.
9. Agureev, I. E. Primenenie teorii Feygenbauma-Sharkovskogo-Magnitskogo dlya analiza modeli konkurentsii dvukh avtomobil'nykh perevozchikov [Tekst] / I. E. Agureev; pod red. S.V. Emel'yanova // Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiyskoy akademii nauk. Dinamika neodnorodnykh sistem. - 2008. - S. 159-175.
10. Agureev, I. E. Dinamika logisticheskoy sistemy v transportnykh tseyakh postavok [Tekst] / I. E. Agureev, V. M. Tropina // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - 2011. - S. 158-167.
11. Agureev, I. E. Haoticheskaya dinamika v matematicheskikh modelyakh transportnykh sistem [Tekst] / I. E. Agureev, E. E. Atlas, N. S. Pastukhova // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - 2012. - S. 372-390.

**Agureev Igor Evgen'evich**

Tula state university  
Address: 300012, Russia, Tula, Lenin avenue, 92  
Dr. Tehn. Sciences, assoc. Department "automobiles and"  
E-mail: agureev-igor@yandex.ru

**Pishniy Vladislav Aleksandrovich**

Tula state university  
Address: 300012, Russia, Tula, Lenin avenue, 92  
Graduate student  
E-mail: slavangel@mail.ru

## КОНТРОЛЬ СКОРОСТИ НА УЧАСТКЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ УЛУЧШЕНИЯ ДОРОЖНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*В статье представлены результаты измерения скорости в дорожных туннелях с использованием метода контроля скорости на участке (Section speed control - SSC). Этот метод намного более эффективен, чем точечное измерение, которое все еще широко используется. Как показывают результаты, после установки SSC наблюдается снижение средней скорости на 23 км/ч. Среднеквадратичное отклонение также снижается, и это означает, что транспортный поток хорошо гармонизируется. Это уменьшает величину потенциального риска и позволяет оборудовать туннель оптимально с точки зрения безопасности и затрат.*

**Ключевые слова:** скорость, измерение, туннель, безопасность.

### ПРИЧИНЫ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ В ДОРОЖНЫХ ТУННЕЛЯХ

Полицейская статистика в Чешской республике показывает, что приблизительно 38 % людей погибают на дорогах по причине превышения скорости. Однако высокая скорость является опасной особенно в дорожных туннелях, так как большое количество несчастных случаев в туннелях ведут к фатальным последствиям. Это является причиной того, что стратегии контроля скоростью были апробированы и приняты в чешских стандартах, разработанных для дорожных туннелей. Основные идеи представлены в национальном стандарте для проектирования туннелей, 1 а, более технически ориентированное описание содержится в техническом стандарте TR98 2.

Технические и организационные средства являются средствами физического успокоения транспортного потока от предупредительных знаков переменной информации до прогрессивной системы штрафа. Существует большое количество исследований, которые рассматривают сокращения скорости в опасных местах, и как результат, сокращение несчастных случаев и смертей. Лучшая из наблюдаемых результатов, например, во Франции, где установка нескольких сотен радаров скорости некоторое время назад сократили число несчастных случаев приблизительно на пятьдесят процентов.

В данной статье описываются исследования и натурные эксперименты системы ограничения скорости, являющейся частью в структуре научно-исследовательской работы SAFETUN (SAFe TUNNELS - БЕЗОПАСНЫЕ ТУННЕЛИ). Трехлетний проект был поддержан Министерством транспорта, и проектная команда создала пять организаций во главе с EL-TODO EG.

Контроль скорости и его усовершенствование применительно к сокращению несчастных случаев и летальных исходов в дорожных туннелях являлись одной из тем, разработанных этим проектом. Позже тесты показали весьма ясно, что невозможно измерить точечную скорость в туннелях. Влияние таких измерений на количества несчастных случаев даже отрицательно. Некоторые водители в процессе быстрого передвижения по туннелю резко «от тормаживают», когда они распознают радар неподвижного пункта измерения. Этот маневр потенциально очень опасен для всех участников дорожного движения.

Европейская комиссия DG TREN опубликовала прогноз на средний рост транспортной мобильности населения в 2005 – 2020 годах. Предположительно число частных транспортных средств будет на 25-35 % выше, чем в году 2005. Также известно, что в настоящее время около 2 % валового внутреннего продукта всего ЕС теряется в результате заторов. Существуют различные варианты решения этой масштабной транспортной задачи. Очень быстрым и современным решением является разработка Интеллектуальных Транспортных

систем, которые способны улучшить мобильность и безопасность теоретически, приблизительно на десятки процентов.

Традиционное решение задачи улучшения мобильности и безопасности состоит в строительстве новой дорожной инфраструктуры, что включает в себя строительство новых туннелей. Подземный трафик иногда называют “трафик четвертого измерения”. Строительство туннеля весьма дорого, и это предполагает оптимизацию инвестиции и эксплуатационных затрат. Отдельной частью от общей стоимости являются затраты на систему организации движения, а так же движения, различные технологические системы и системы безопасности. Стоимость таких подсистем обычно составляет от 10 до 15 % общих затрат на строительство туннеля.

Существуют такие обязательные подсистемы, как принудительные вентиляция и освещение в туннеле. Эти подсистемы проектируются по стандартной схеме, и поэтому довольно сложно минимизировать их стоимость. Конечная стоимость оборудования туннеля по факту зависит от сложности системы безопасности. Состав системы безопасности определяется анализом риска, который определяется количественными или качественными показателями риска, а также уровнем социально приемлемого риска.

Хорошо известно, что скорость и число несчастных случаев связаны между собой. Испытания, проводимые на магистрали М1 в Великобритании показали, что в результате работы Системы контроля скорости и связанной с ней системы штрафования число аварий по причине нарушения скоростного режима уменьшились на 36 % за год эксплуатации. Долгосрочное исследование в Германии показало похожие результаты. Движение на шоссе А3 управлялось рядом динамических информационных табло, которые влияли на скорость транспортных средств. Число летальных исходов уменьшилось приблизительно на 35 % в течение времени работы Системы контроля скорости.

Из вышеизложенного можно сделать выводы, что вероятность риска или его какой-либо его эквивалент и потребное техническое обеспечение туннеля непосредственно связаны с эксплуатационной скоростью в туннеле. При увеличении скорости необходимо также увеличивать стоимость оборудования для обеспечения безопасности и стоимость самой Системы безопасности. Снижение скорости улучшает поведение водителя в потоке и его реакцию на экстраординарные ситуации, и этот факт значительно сокращает количество несчастных случаев в туннеле. Гармонизация скорости означает, что водители согласны с разрешенной скоростью, и таким образом вариация скорости между самым быстрым и самым медленным транспортным средством становится ниже, а также снижается среднеквадратичное отклонение скорости. Данный процесс значительно влияет на безопасность.

Также очень важно влияние гармонизированного транспортного потока на систему вентиляции. Более согласованный и гармонизированный транспортный поток снижает транспортные выбросы, которые в свою очередь уменьшают эксплуатационную стоимость Системы вентиляции

### **КОНТРОЛЬ СКОРОСТИ НА УЧАСТКЕ**

В связи с отрицательными результатами точечного измерения, был протестирован в течение нескольких лет очень эффективный метод, известный как межточечное измерение скорости и теперь его обязаны применять во всех туннелях в Чешской Республике с тяжелым движением (рис. 2). Межточечное измерение или измерение времени прохождения дистанции чаще называют как Контроль Скорости на участке (Section Speed Control - SSC). SSC также применяют на магистралях, особенно в местах с повышенной вероятностью летальных исходов.

Существует одно принципиальное психологическое преимущество – в то время как радарное измерение осуществляется в тайне (и полицейский пикет и радар обычно прячутся), SSC «играет» с участниками дорожного движения абсолютно по-честному. Перед участком, на котором установлен SSC, обычно устанавливаются специальные знаки, предупреждающие о том, что скорость будет замерена, например, на протяжении трех километров. У



водителя, добирающегося из точки А до В без нарушения ПДД, не возникнет никаких проблем.

Принципиальная схема измерения SSC изображена на рисунке 1.

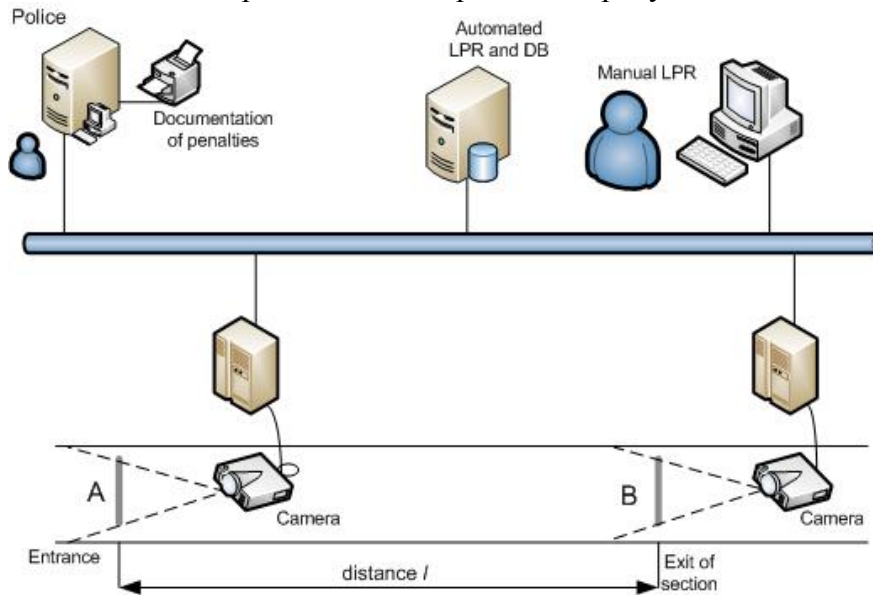


Рисунок 1 - Принципиальная схема SSC

Участок измерения скорости ограничен двумя белыми линиями, которые определяют точную его длину. Изображение транспортного средства, входящего в зону контроля, фиксируется, и то же самое изображение фиксируется при выходе из зоны. Так как длина участка контроля  $l_{A, B}$  известна, и временной лаг  $\Delta t$  между входом и выходом из зоны зарегистрирован, то средняя скорость на участке может быть просто вычислена по формуле

$$v_{av} = \frac{l_{A,B}}{\Delta t}$$

Специальная инфракрасная камера, расположенная над полосой движения, фиксирует автомобиль спереди и посылает фото на центральный сервер, обрабатывает картинку от всех подключенных к нему камер. Специальное программное обеспечение (LPR – программное обеспечение распознавания государственного регистрационного знака) в состоянии распознать номер транспортного средства.

Это программное обеспечение главным образом использует специальные процедуры, для распознавания контура букв или чисел, а впоследствии применяется процедура распознавания образов. Программное обеспечение часто базируется на методах искусственного интеллекта, таких как нейронные сети или нечеткая логика.

На рисунке 2 демонстрируется практический результат обработки программным обеспечением, которое также используется в чешских туннелях. Пара регистрационных номеров вместе с регистрацией их времени фиксирования определяют время  $\Delta t$ .

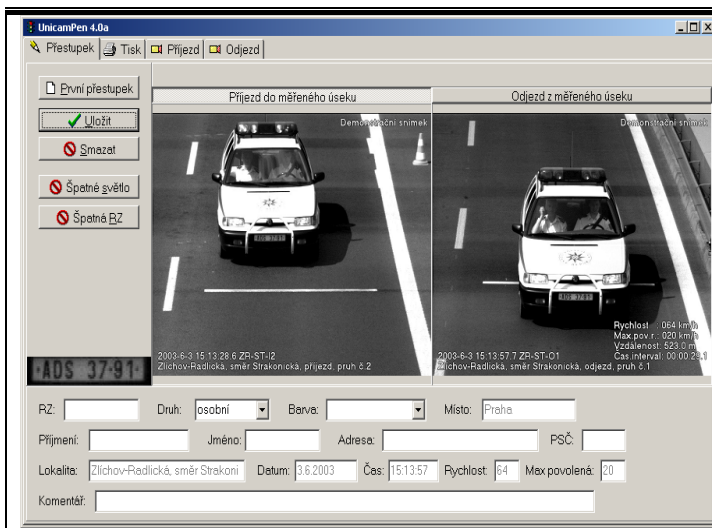


Рисунок 2 - Фотография при входе в зону контроля (слева) и тот же самый автомобиль в выходе (справа). Распознавание номерного знака слева о фото

### ИЗМЕРЕНИЯ В ТУННЕЛЕ STRAHOV

Туннель Strahov является очень важной частью улично-дорожной сети города Праги. Закрытие хотя бы одной линии, например, из-за аварии уже через несколько минут резко отрицательно влияет на движение в значительной транспортной зоне влияния. Туннель соединяет северную и южную часть внутренней кольцевой транспортной развязки и его длина составляет 2200 м.. Сооружение, представляющее собой два туннеля с двумя полосами движения каждый, обслуживает приблизительно 30 000-40 000 транспортных средств за день. Уклон туннеля составляет 3,6 %. Согласно чешским стандартам туннель принадлежит к самой высокой категории безопасности (категории А), что означает, что он оборудован самыми новейшими технологиями, включая Систему видеодетектирования. Она контролирует весь туннеля, и позволяет распознать аварию или остановку транспортного средства за несколько секунд.

Все чрезвычайные происшествия в чешских туннелях систематически контролируются, начиная с 2002 года. Необходимость контролировать и оценивать чрезвычайные происшествия (аварии, летальные исходы, случаи возникновения пожара) вытекает из европейской Директивы 54/2004/ЕС, [5]. В ней указано, что каждое государство член ЕС должно регулярно оценивать все чрезвычайные события, происходящие на дорогах, входящих в состав общеевропейской транспортной сети, и принимать действия по ограничению подобных события, и в особенности по гарантии высокого уровня безопасности пользователей в туннелях. Основная идея этой Директивы состоит в том, чтобы поднять уровень безопасности в каждом туннеле Европы.

С точки зрения числа аварий в туннеле Strahov ситуация безопасности находилась не на самом высшем уровне, и их количество было выше, чем ожидалось. Предварительная оценка выявила, что причиной этому могло быть нарушение скоростного режима. Последующее измерение, сделанное в туннеле в ходе работы проекта SAFETUN, показало, что приблизительно у 14 % автомобилей средняя скорость движения в туннеле по крайней мере на 20 км/ч превышает установленную. Колонки гистограммы на рисунке 3 отображают количество автомобилей прошедших по одной полосе в течение января (17.1-30.1), а числовое значение колонки показывает количество водителей, превысивших разрешенную скорость на 20 и более км/ч. Эти водители – потенциальная опасность для других участников дорожного движения, потому что туннель и его транспортный проект не разработаны для подобных скоростей.

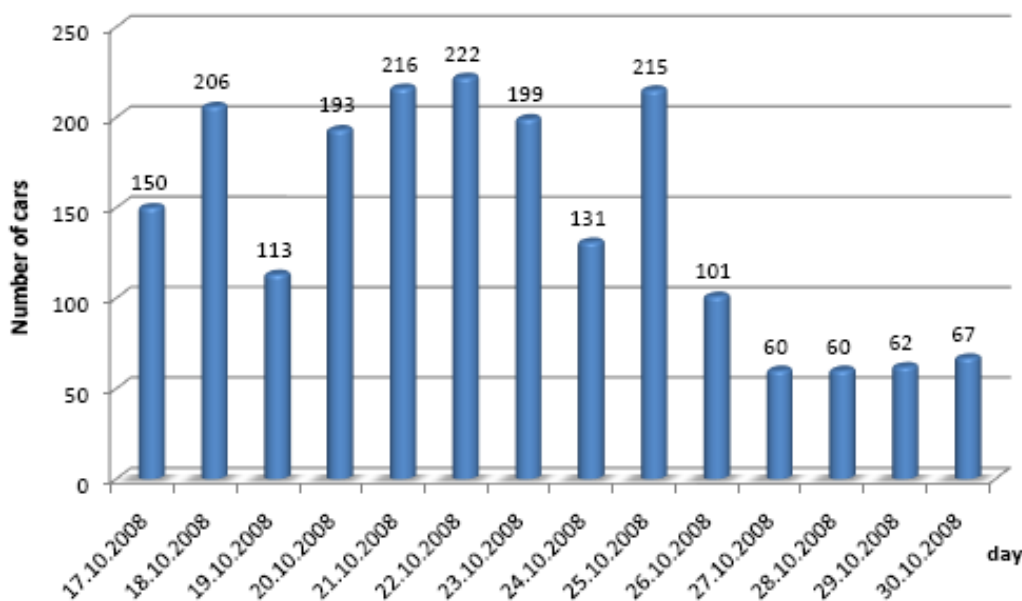


Рисунок 1 - Количество автомобилей, превысивших скорость более чем на 20 км

Еще более опасная ситуация показана на рисунке 4, на котором отражено количество автомобилей, превышающих разрешенную скорость. Данная характеристика является типичным результатом при замере скорости на одной полосе движения с 6 до 12 часов. Общее количество автомобилей, придерживающихся регламента скорости, составляло 3200 (100 %), однако 900 водителей превышали разрешенную скорость на 20-29 км/ч. Свыше 50 водителей двигались приблизительно на 50 км/ч быстрее порога разрешенной скорости. Также были водители, которые превысили скорость приблизительно на 70 км/ч. Эта ситуация является тревожной с точки зрения безопасности.

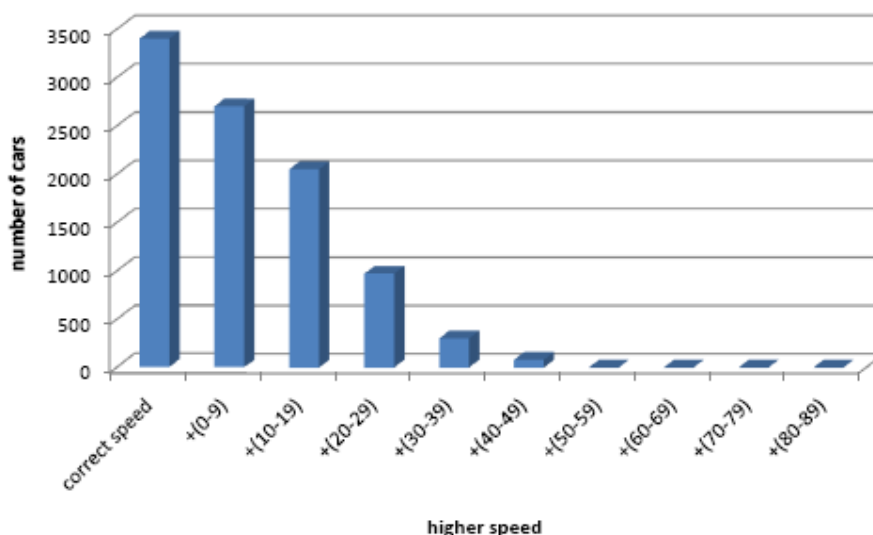


Рисунок 2 - Абсолютное превышение порога разрешенной скорости

### МЕРЫ УЛУЧШЕНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ

Комплексные измерения и вычисления, проведенные для туннеля Strahov, свидетельствовали о необходимости снижения реальной скорости в туннеле принудительным ограничением, связанным со штрафованием водителей. Туннель оборудован на очень высоком техническом уровне, вдоль туннеля стоят активные (светодиодные) знаки ограничения скорости. Предупреждающие информационные табло размещены в различных точках туннеля, существуют также специальные предупреждающие знаки при въезде в туннель. Однако, большое количество водителей не следуют указаниям знаков.

Существует два базовых подхода к измерению скорости. Традиционный способ – точечное измерение в основном осуществляемое различными типами радаров. Эксперимент по установке и измерению соответствующим образом в точке, находящейся на расстоянии 50-ти метров после въезда в туннель, был полностью провальным. Водители, знающие расположение радара, перед въездом в зону его действия слишком быстро притормаживают, что делает эту область весьма опасной с точки зрения безопасности. Это послужило причиной применения в структуре проекта OPTUN Системы контроля скорости на участке.

Натурные эксперименты были запланированы на три года для того, чтобы получить необходимое количество статистических данных и доказать, что SSC действительно может повлиять на поведение водителя. Измерение скорости в туннеле производилось микроволновыми датчиками, установленными под крышей туннеля. В течение первого года пилотного тестирования (2003) измерения скорости не производились. Пример обработанных данных приводится в таблице 1. Средняя скорость составляла 76,6 км/ч, но потенциальную опасность представляет значение среднеквадратичного отклонения. Например, 2-ого октября  $s=17,31$  км/ч, это означает, что одни водители едут достаточно медленно, а другие – очень быстро, что делает ситуацию опасной, и вероятность несчастного случая достаточно высока.

Таблица 1 - Средняя скорость и ее среднеквадратичное отклонение - без измерения скорости

Дата	29.9.2003	30.9.2003	1.10.2003	2.10.2003	3.10.2003	4.10.2003	5.10.2003
$\bar{v}$ [км/ч]	81,84	81,91	77,81	79,00	79,13	78,08	77,72
$s$ [км/ч]	8,34	13,52	13,10	17,31	11,16	5,89	7,94

Вторая фаза эксперимента предполагала установку Системы контроля скорости участка без какого-либо предупреждения водителей. Система SSC была фактически установлена весной 2004. Обработка первых результатов удивила всех, включенных в проведение эксперимента – скорость была сразу снижена приблизительно на 23 км/ч. Причина могла быть только в том, что водители видели что-то необычное в туннеле – новые камеры и линии на дороге, и они предположили, что это могла быть Система контроля скорости. В это же самое время были опубликованы различные работы, описывающие зарубежный опыт в установке систем SSC. Так же многие водители имели личное представление о системе из поездок в западные страны Европы, где эти системы уже функционировали. Удивительно было то, что средняя скорость стала приблизительно равна 53,5 км/ч., при этом среднеквадратичное отклонение также значительно уменьшилось.

Таблица 2 - Средняя скорость и ее стандартное отклонение - измерение скорости, без предупредительных знаков

Дата	27.9.2004	28.9.2004	29.9.2004	30.9.2004	1.10.2004	2.10.2004	3.10.2004
$\bar{v}$ [км/ч]	53,15	53,22	52,39	52,78	53,74	54,43	53,23
$s$ [км/ч]	5,15	5,58	5,60	5,35	4,50	2,78	4,86

Установка предупредительных знаков, сообщающих водителям, что скорость измеряется, начала третью фазу натурных экспериментов. Эти знаки очень важны, так как они заранее информируют водителей о замере скорости. Это является также важным с психологической точки зрения, так как предупредительные знаки честно информируют водителей о системе, и при корректно работающей системе водители обычно доверяют таким знакам.



Рисунок 3 - Предупредительный знак "Измерение скорости" в туннеле Strahov

Таблица 3 показывает результаты после установки предупредительных знаков, которые были выставлены на достаточном расстоянии до SSC. Как можно видеть, нет существенной зависимости от удаленности установки предупредительных знаков. Средняя скорость наблюдалась несколько выше разрешенной (в городе Прага разрешенная скорость составляет 50 км/ч.), значение среднеквадратичного отклонения также допустимо мало. Это говорит о том, что в результате запуска системы транспортный поток достаточно хорошо гармонизировался, что очень важно из соображений безопасности.

Таблица 3- Средняя скорость и ее стандартное отклонение - измерение скорости, с предупредительными знаками

дата	25.10.2004	26.10.2004	27.10.2004	28.10.2004	29.10.2004	30.10.2004	31.10.2004
$\bar{v}$ [км/ч]	53,38	53,72	53,21	53,58	53,79	54,24	53,90
$s$ [км/ч]	5,17	4,91	5,71	5,20	3,85	2,35	3,29

Итоговое и графическое представление вышеизложенного изображено на рисунке 6.

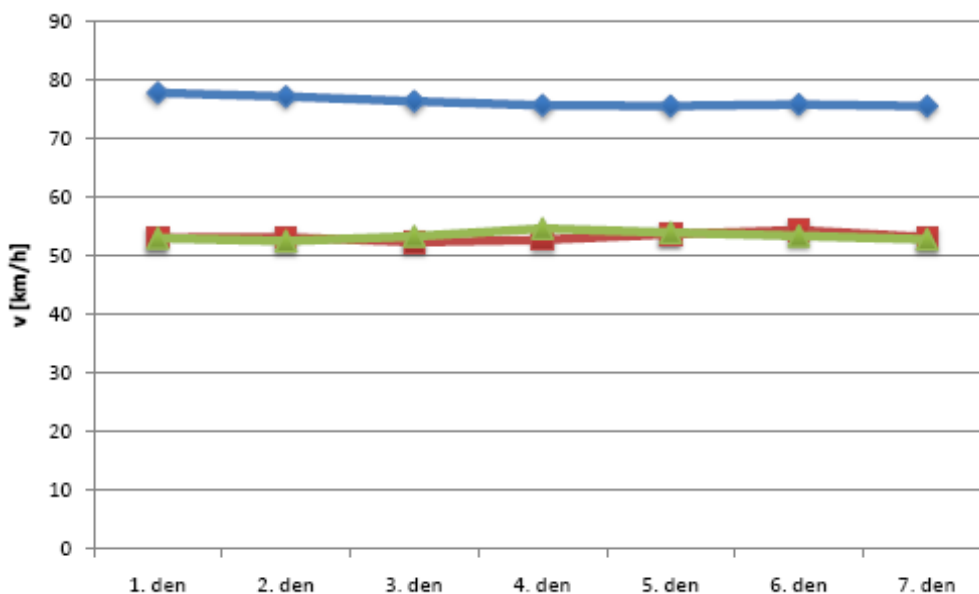


Рисунок 4 - Три фазы натурных тестов SSC

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПОСЛЕДУЮЩАЯ РАБОТА

Оптимизация оборудования туннелей является ключевым моментом с одной стороны в вопросе безопасности пользователей туннелей, а с другой стороны с точки зрения инвестиционных и эксплуатационных затрат государства или муниципалитета. Если туннель недостаточно оснащен, то это представляет большую опасность для участников дорожного движения. Если он оборудован сверх надобности, то это приведет к большим эксплуатационным издержкам и затратам на обслуживание. Анализ рисков помогает найти необходимый баланс. Новый метод, основанный на вероятностных сетях и экспертной системе SAFETA, был разработан в проекте OPTUN. В целом, анализ показал, что в оценке рисков огромное значение играет скорость транспортных средств в туннеле. Фактические измерения в самом длинном туннеле в Праге подтвердило гипотезу о том, что водители не соблюдают предписанную скорость даже при наличии ряда дорожных знаков.

Научно-исследовательский проект OPTUN показал, что установка Системы контроля скорости на участке весьма эффективна и что система существенно влияет на поведение водителей. Уменьшение скоростных характеристик и главным образом гармонизация транспортного потока в туннеле повышают результаты анализа рисков, и, таким образом, туннель может быть перепроектирован на оптимальную работу.

Положительный опыт, вынесенный в результате этих долгосрочных экспериментов, лег в основу новой редакции Чешского Стандарта TP98 «Оборудование и системы туннелей». В соответствии с этим стандартом все туннели, относящиеся к самой высокой категории безопасности\* (категория А), должны быть оборудованы SSC.

В настоящее время новая научно-исследовательская работа, проводимая при поддержке Министерства транспорта SAFETUN, продолжает разработку метода анализа рисков



SARITA. Основной акцент в данной работе направлен на практическое применение метода анализа риска и оптимизацию оборудования туннелей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ČSN 73 7507 "Road tunnels design", Czech standard, Eltodo EG, Prague, 2006 (in Czech).
2. TP98 "Road tunnel equipments and systems", technical standard, Eltodo EG, Prague, 2004 (in Czech and English).
3. Keeble L.: Caught in a trap, Traffic Technology International, Aug/Sep 2008, pp. 61-65.
4. Kristen R.: Verkehrsleitsystem Munchen Nord-Erfahrungen nach einem Jahr Betriebszeit, Grunlicht, Siemens, Oktober 1993.
5. "Directive Of The European Parliament And Of The Council on minimum safety requirements for tunnels in the Trans – European Road Network", Brussels, 2004/54/EC.

**Павел Пржибыл (Pavel Pribyl)**

Пражский Высший технический университет

Профессор, заведующий кафедрой «Системы управления движением» факультета «Транспорт»

Адрес: 110 00, Прага, ул. Вашингтонова 25

E-mail: info@gostudy.cz

---

P. PRZHIBYL

### SPEED CONTROL ON SITE AS EFFICIENT TOOLS IMPROVE ROAD SAFETY

*The article presents the results of measuring the speed of road tunnels using of the method of speed control in the area (Section speed control - SSC). This method is much more efficient than a point measurement , which is still widely used. As the results show, after installing SSC decrease the average speed of 23 km / h Standard deviation is also reduced , and this means that the traffic flow is well harmonized . This decreases the amount of potential risk and to equip the tunnel allows optimal in terms of safety and cost.*

**Keywords:** speed, measurement, tunnel safety.

**Pavel Pribyl**

Higher Technical University Prague

Professor, head of "motion control systems" faculty "transport»

Address: 110 00, prague, str. Vashingtonova 25

E-mail: info@gostudy.cz

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

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*



УДК 656.135.073

А. Н. НОВИКОВ, А. Л. СЕВОСТЬЯНОВ, А. А. КАТУНИН, М. В. КУЛЕВ,  
А. В. КУЛЕВ, М. М. САВИН

## ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА СЕЗОННЫХ МАРШРУТАХ ГОРОДА ОРЛА

*В статье приводятся результаты исследования пассажиропотока в г. Орле на сезонных (дачных) маршрутах. Материал служит основанием для корректировки схем отдельных маршрутов, составления расписания движения автобусов, выбора типа транспортных средств, распределения их по маршрутам, назначения остановочных пунктов, а также для разработки мероприятий по улучшению обслуживания населения в час пик.*

**Ключевые слова:** маршрут, дачный маршрут, транспортное средство, прямое направление, обратное направление, остановочный пункт, пассажиропоток.

Пассажирский транспорт является одной из значимых отраслей народного хозяйства. При отсутствии у многих граждан личных транспортных средств проблема своевременного и качественного удовлетворения спроса на перевозки перерастает из чисто транспортной в социальную, определяющую отношение населения не только к качеству оказываемых транспортных услуг, но и в целом к тем процессам, которые происходят в регионах и стране [3].

Сезонными (дачными) являются маршруты, обеспечивающие проезд пассажиров в период дачного сезона до садовых участков, расположенных как в черте города, так и в пригородной зоне. Существует целый ряд особенностей, позволяющих выделить их в отдельную группу. К числу таких особенностей относятся [1]:

1. Применение городских тарифов и льгот на проезд;
2. Отсутствие сменяемости пассажиров в салоне за рейс;
3. Сезонный характер перевозок;
4. Высокая неравномерность пассажиропотоков по направлениям и временным интервалам;
5. Зависимость пассажиропотоков от погодных условий;
6. Наличие объёмного багажа.

Наличие данных особенностей сезонных (дачных) маршрутов, как правило, приводит к тому, что маршруты являются убыточными, а выпадающие доходы перевозчиков, осуществляющих данный вид деятельности, компенсируются из областных и муниципальных бюджетов [1].

В настоящее время существует необходимость в снижении финансовой нагрузки на бюджеты всех уровней. Уменьшение объёма компенсационных выплат может быть обеспечено за счёт снижения эксплуатационных затрат, которое достигается за счёт определения рациональной структуры подвижного состава, его численности, а также за счёт разработки и внедрения гибких графиков движения автобусов в зависимости от пассажиропотоков [4].

Систематическое изучение характера и направления пассажиропотоков является одним из основных мероприятий, способствующих повышению эффективности использования подвижного состава и улучшению обслуживания населения [2].

Целью проведения обследования является повышение качества транспортного обслуживания населения города Орла за счет введения новых сезонных маршрутов для проезда жителей города к садово-дачным массивам, корректировки существующих маршрутов, утвержденных постановлениями администрации города Орла от 05.04.2013 № 1648 «О работе муниципального пассажирского транспорта для обслуживания жителей города Орла при

организации пассажирских перевозок к садово-дачным массивам в 2013 году» и от 23.04.2012 № 1239 «Об утверждении Реестра маршрутов регулярных перевозок муниципальной маршрутной сети города Орла, утвержденного постановлением администрации города Орла».

Исследование транспортной подвижности населения г. Орла проводилось 12 и 14 сентября 2013 г на 10 сезонных (дачных) маршрутах:

- № 61 «Улица 1-я Посадская - озеро «Светлая жизнь»»;
- № 62 «Улица 1-я Посадская - Химмашевские дачи»;
- № 63 «Комсомольская площадь - дачи «Андриабуж»»;
- № 64 «Железнодорожный вокзал - дачный массив «Платоново»»;
- № 65 «Улица 1-я Посадская - дачный массив поселка «Гать»»;
- № 67 «Железнодорожный вокзал - дачный массив у Новоселовского поворота»»;
- № 68 «Комсомольская площадь - Кузнецовские дачи»»;
- № 69 «Комсомольская площадь - дачный массив «Кораблики»»;
- № 70 «Железнодорожный вокзал - дачный массив у д. Троицкое»»;
- № 71 «Улица 1 -я Посадская - дачный массив у поворота на Ступишино»».

На основании анализа существующих методов обследования пассажиропотоков (рисунок 1) по критерию объема получаемой информации для исследования транспортной подвижности населения на сезонных (дачных) маршрутах [3] был выбран табличный метод обследования, путем подсчета количества пассажиров, входящих (выходящих) в транспортное средство, учетчиками, находящимися непосредственно в салоне автобуса.



Рисунок 1 – Классификация методов обследования пассажиропотоков

Табличный метод обследования основан на учете перевозимых пассажиров специальными учетчиками, находящимися или внутри салона транспортного средства, или на остановочных пунктах общественного пассажирского транспорта.

Учет пассажиров производится в специальных таблицах различными способами:

- путем опроса пассажиров. Учетчики, находящиеся на остановочных пунктах, опрашивают каждого пассажира о пути его следования, пересадках на другие виды транспорта, регистрируя ответы в соответствующих графах таблиц. Учетчики, находящиеся внутри салона транспортного средства, учитывают число вошедших пассажиров, опрашивают их, до какой остановки они следуют, о пунктах пересадки, и полученные результаты регистрируют в таблицах [2];
- путем подсчета количества пассажиров, входящих в транспортное средство и выходящих из него (без контакта с пассажирами). Подсчет производится учетчиками, которые могут находиться как на остановочных пунктах, так и внутри салонов транспортных средств. Трудоемкость обследования по этому способу может быть значительно снижена за счет применения для подсчета числа входящих и выходящих пассажиров специальных автоматических устройств (датчиков), расположенных непосредственно на каждом транспортном средстве [2].

Табличный метод позволяет получать информацию о количестве перевезенных пассажиров, пассажирообороте остановочных пунктов, направлении и мощности пассажиропотоков, степени использования вместимости транспортных средств. По сравнению с анкетным и талонным методами обследования пассажирских перевозок талонный метод является менее трудоемким и более дешевым.

В рамках научно-исследовательской работы студентов (НИРС) для обследования пассажиропотока на сезонных маршрутах приняли участие учащиеся института транспорта Государственного университета – УНПК в качестве учетчиков.

На рисунке 2 представлено распределение направлений перемещений жителей города Орла к имеющимся садово-дачным массивам. Наибольшее количество перевезенных пассажиров зафиксировано на маршруте №65 «Улица 1-я Посадская - дачный массив поселка «Гать»: 124 чел. за 12 сентября 2013 г. и 103 чел. за 14 сентября 2013 г.

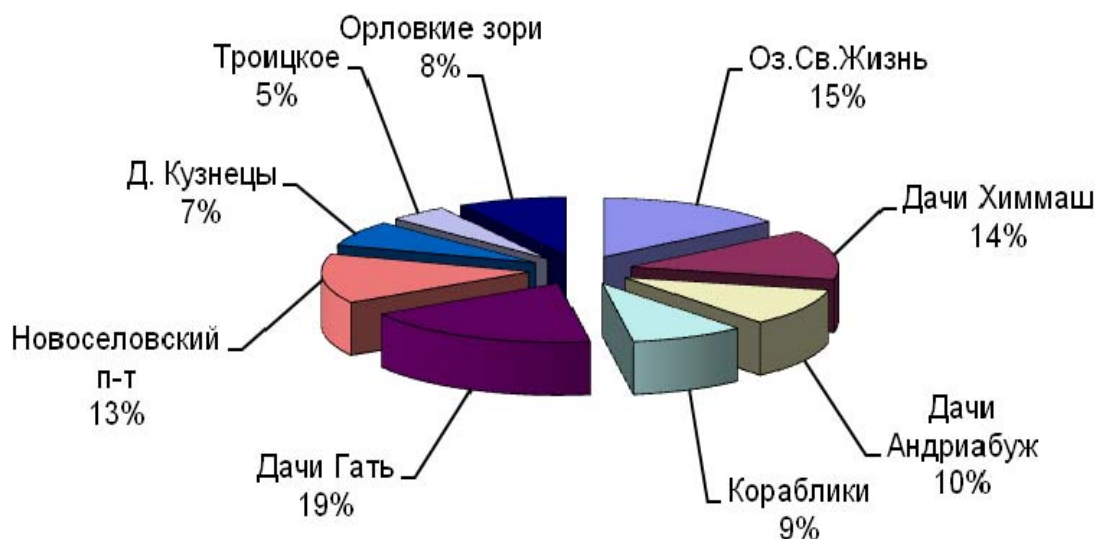


Рисунок 2 - Направления перемещений жителей города Орла к имеющимся садово-дачным массивам

Эпюры изменения пассажиропотока на сезонных (дачных) маршрутах представлены на рисунках 3 – 4. Отрицательные значения характеризуют количество вышедших пассажиров из салона транспортного средства, а положительное – вошедших.

В таблицу 1 сведены объемы перевозок по каждому маршруту и виду транспорта за 12 и 14 сентября 2013 г.

Таблица 1 - Объемы перевозок по каждому маршруту и виду транспорта

Маршрут	Автобус	Дата	Зафиксированная максимальная наполняемость салона, чел	Перевезено пассажиров, чел
61	ЛИАЗ 5256	12.09.2013	64	434
	ЛИАЗ 5256	14.09.2013	55	383
62	ЛИАЗ 5256	12.09.2013	77	432
	ЛИАЗ 5256	14.09.2013	73	328
63	ИКАРУС 280	12.09.2013	25	202
	ИКАРУС 280	14.09.2013	36	369
64	ЛИАЗ 5256	12.09.2013	91	223
	ЛИАЗ 5256	14.09.2013	70	212
65	ИКАРУС	12.09.2013	127	563
	ИКАРУС	14.09.2013	103	475
67	ИКАРУС 280	12.09.2013	84	391
	ИКАРУС 280	14.09.2013	76	362
68	ПАЗ 32054	12.09.2013	49	183
	ПАЗ 32054	14.09.2013	52	205
69	ЛИАЗ 5256	12.09.2013	67	307
	ЛИАЗ 5256	14.09.2013	42	243
70	ПАЗ 32054	12.09.2013	40	151
	ПАЗ 32054	14.09.2013	24	106
71	ЛИАЗ 5256	12.09.2013	43	222
	ПАЗ 32054	14.09.2013	45	236

В результате проведенного обследования пассажиропотока выявлены: потребность в перевозках пассажиров по сезонным маршрутам, транспортные корреспонденции (направления перемещений жителей города Орла) к имеющимся садово-дачным массивам, объем перевозок и пассажирооборот по каждому маршруту и виду транспорта.

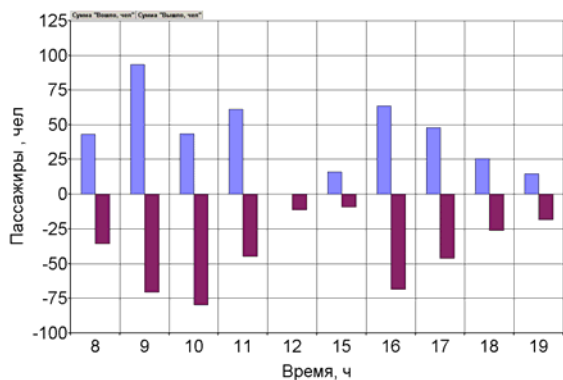
На основании результатов исследования пассажиропотоков на сезонных маршрутах можно сделать следующие основные выводы:

1. Установлено, что на всех маршрутах имеется спрос на перевозки у населения города Орла. Наибольший объем перевозок пассажиров зафиксирован на 65 маршруте, и составляет 563 человека в день, минимальный – на 70 маршруте и составляет 106 человек в день.

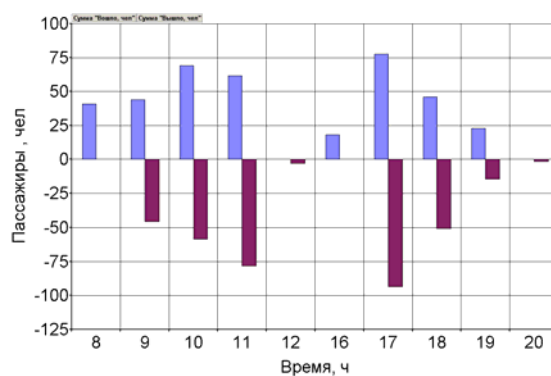
2. Не выявлена потребность населения в новых направлениях для перемещения к садово-дачным массивам, сложился устойчивый пассажиропоток.

3. Действующие сезонные маршруты не нуждаются в корректировке расписания движения и вида транспортного средства, обслуживающего маршрут.

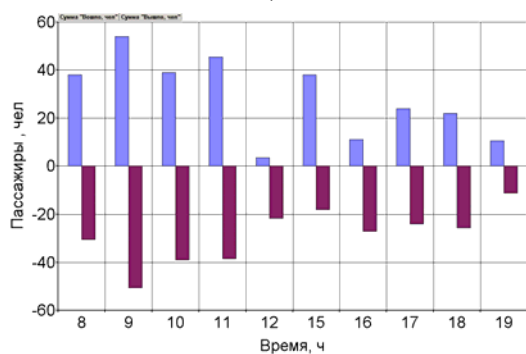
4. Отсутствует необходимость корректировки пути следования действующих сезонных маршрутов, за исключением маршрута № 63. Данный маршрут предлагается откорректировать по следующему направлению: Комсомольская пл., центральный рынок, г-ца Орел, 3-д. Текмаш, ул. Паровозная, Новосильская р-ка, дачи Андриабуж, 361 км (рис. 5).



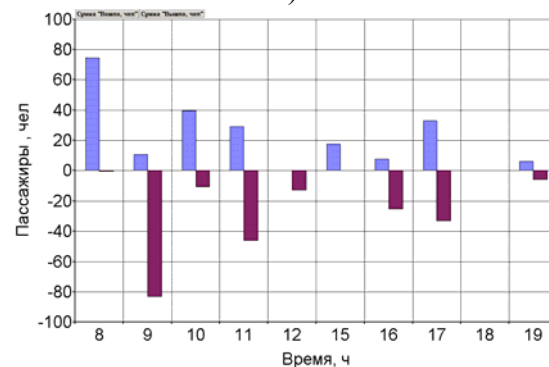
а)



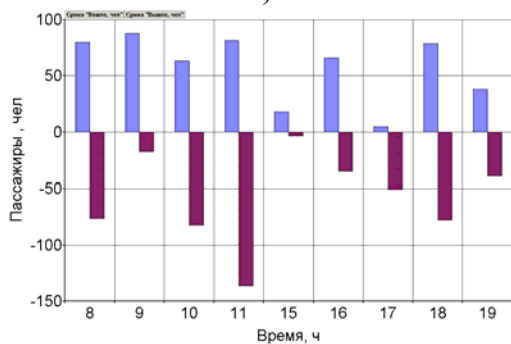
б)



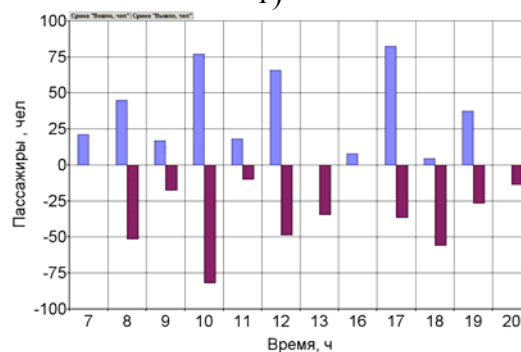
в)



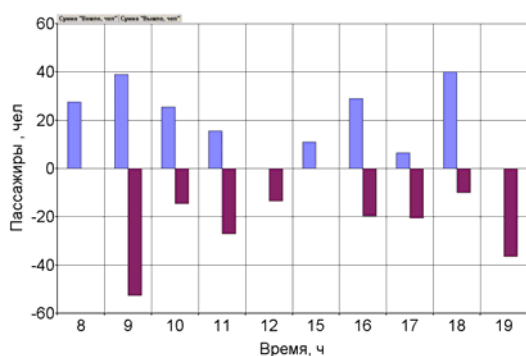
г)



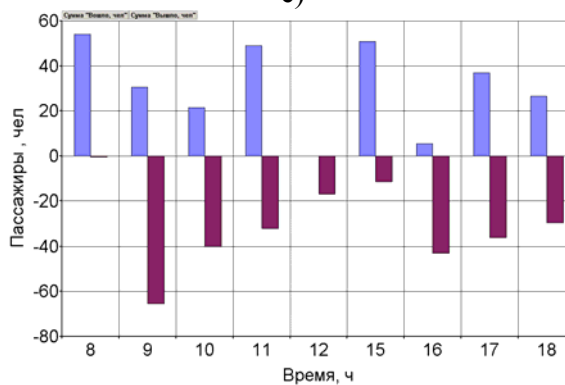
д)



е)



ж)



з)

Рисунок 3 – Изменение пассажиропотока на сезонных маршрутах города Орла по времени суток  
 а – маршрут № 61, б – маршрут № 62, в – маршрут № 63, г – маршрут № 64,  
 д – маршрут № 65, е – маршрут № 67, ж – маршрут № 68, з – маршрут № 69

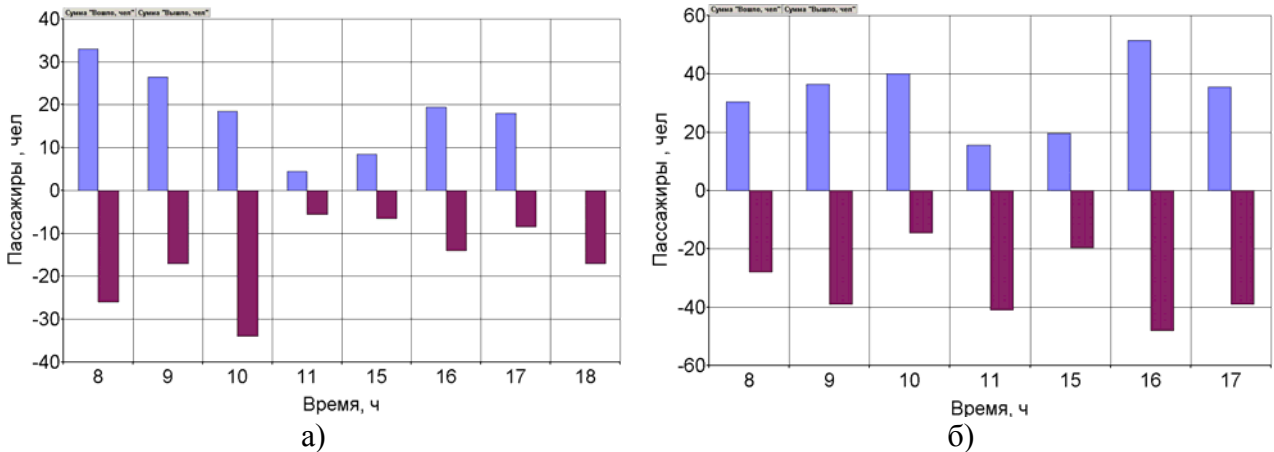


Рисунок 4 – Изменение пассажиропотока на сезонных маршрутах города Орла по времени суток  
а – маршрут № 70, б – маршрут № 71

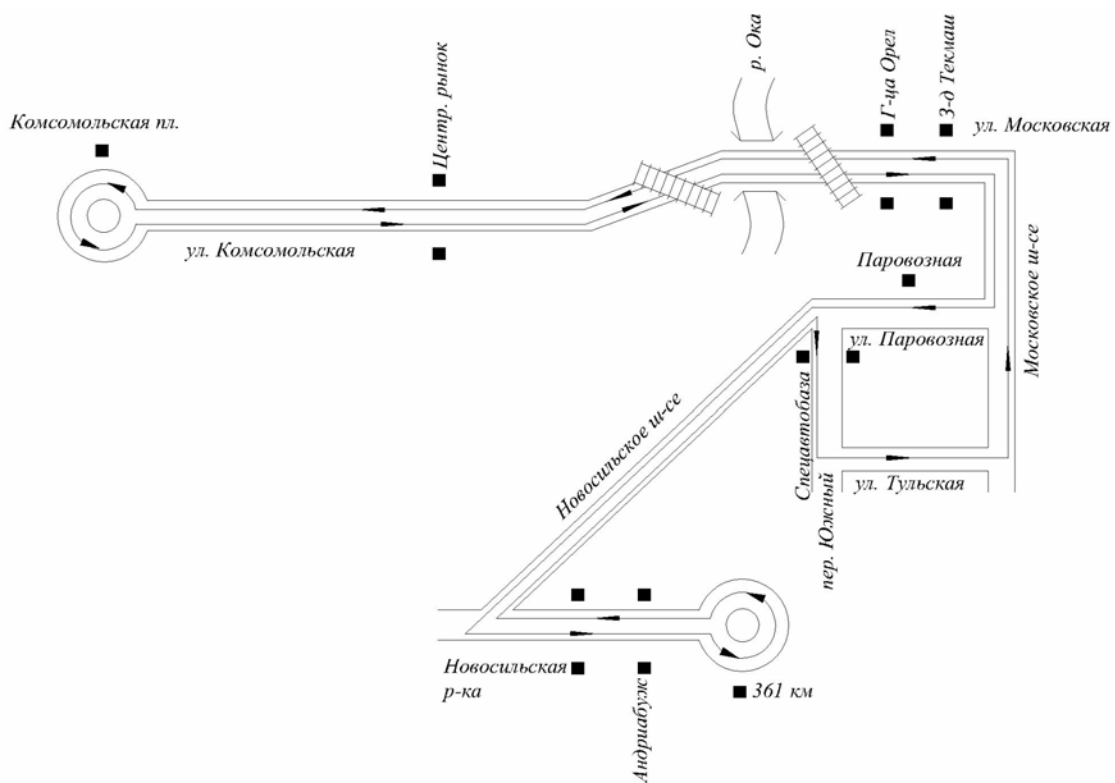


Рисунок 5 – Схема маршрута № 63

Необходимость изменений в пути следования маршрута № 63, объясняется выявленным в ходе обследования устойчивым пассажиропотоком в данном направлении, уменьшением степени дублирования другими маршрутами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Фаттахова А.Ф. Комплексная методика совершенствования транспортного обслуживания садоводческих маршрутов [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10. / Фаттахова Альмира Файзулловна. – Оренбург, 2012. - 16 с.
- 2 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: Орел, Госуниверситет – УНПК. - 2011. - № 4. – С. 69- 77.



3 Новиков, А. Н. Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин: Орел, Госуниверситет – УНПК. - 2012. - № 4. – С. 69- 73.

4 Новиков, А. Н. Построение модели функционирования маршрута троллейбуса [Текст] / А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин: Орел, Госуниверситет – УНПК. - 2012. - № 4. – С. 74- 81.

**Новиков Александр Николаевич**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Севостьянов Александр Леонидович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Канд. техн. наук, доцент, директор института транспорта

E-mail: srmostu@mail.ru

**Катунин Андрей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

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

E-mail: srmostu@mail.ru

**Кулев Максим Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

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

E-mail: srmostu@mail.ru

**Кулев Андрей Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Ассистент кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Савин Михаил Михайлович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Студент группы 31-ЭТ

E-mail: srmostu@mail.ru

---

A.N. NOVIKOV, A. L. SEVOSTIANOV, A. A. KATUNIN, M. V. KULEV,  
A. V. KULEV, M. M.SAVIN

## **EXAMINATION OF THE PASSENGER TRAFFIC FOR SEASONAL ROUTES FOR THE PASSAGE OF THE INHABITANTS OF THE CITY OF EAGLE TO GARDEN BOWER ARRAYS**

*The article presents the results of a study of traffic at Orel seasonal (suburban) routes. Material serves as a basis for adjusting circuits separate routes, scheduling of buses, select the type of vehicles, their distribution routes, stopping points of destination, as well as for the development of measures to improve services in the rush hour.*

**Keywords:** route, holiday route, the vehicle forward direction, reverse direction, the staging point, the passenger traffic.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Fattakhova A.F. Kompleksnaya metodika sovershenstvovaniya transportnogo obsluzhivaniya sadovodcheskikh marshrutov [Tekst]: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.10. / Fattakhova Al`mira Fayzullovna. - Orenburg, 2012. - 16 c.
2. 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. Tryastsin, D. O. Lomakin, M. V. Kulev, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin: Orel, Gosuniversitet - UNPK. - 2011. - № 4. - S. 69- 77.
3. Novikov, A. N. Analiz stepeni zagruzki marshrutnoy transportnoy seti goroda Orla [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost`yanov, A. A. Katunin, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin: Orel, Gosuniversitet - UNPK. - 2012. - № 4. - S. 69- 73.
4. Novikov, A. N. Postroenie modeli funktsionirovaniya marshruta trolleybusa [Tekst] / A. N. Novikov, A. L. Sevost`yanov, A.A. Katunin, A. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin: Orel, Gosuniversitet - UNPK. - 2012. - № 4. - S. 74- 81.

**Novikov Alexander Nikolaevich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: g. Orel, Moscows Street., 77

Dr. tech. , Professor, Head of the Department of «Service and repair of machinery»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Sevost'yanov Alexander Leonidovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: 302030, g. Orel, ul. Moscow, 77

Cand.tech. sciences, associate professor, Director of the Institute of Transport

E-mail: srmostu@mail.ru

**Katunin Andrei Alexandrovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: Russia, g. Orel, Moscows Street., 77

Cand.tech. sciences, associate professor of «Service and repair of machinery»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Kulev Maxim Vladimirovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: Russia, g. Orel, Moscows Street., 77

Cand.tech. sciences, associate professor of «Service and repair of machinery»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Kulev Andrei Vladimirovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: Russia, g. Orel, Moscows Street., 77

Assistant of «Service and repair of machinery»

E-mail: srmostu@mail.ru

**Savin Mihail Mihailovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: Russia, g. Orel, Moscows Street., 77

Student groups31 ET

E-mail: srmostu@mail.ru

УДК 656.216.2.05

Е. Ю. МИНЕНКО, А. С. ШИРШИКОВ, Я. А. ФИЛИМОНЧЕВА

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПЕРЕЕЗДЕ

*Дорожно-транспортные происшествия, возникающие на переездах, несмотря на их относительно небольшое количество, имеют, как правило, очень тяжелые последствия. Чаще всего эти ДТП происходят на нерегулируемых переездах, где водители пытаются проехать перед близко идущим поездом, забывая, что при применении экстренной остановки поезда тормозной путь составляет до 2 тысяч метров.*

*Поэтому авторы, наряду с известными мероприятиями, предлагают использовать транспортные детекторы присутствия, которые будут сигнализировать об опасном нахождении транспортных средств на железнодорожных переездах.*

**Ключевые слова:** переезд, нерегулируемый, поезд, детектор.

Железнодорожный переезд – место повышенной опасности. Именно поэтому, при приближении к нему водителю следует быть более бдительным. Движению через железнодорожные пути посвящен целый раздел Правил дорожного движения, в котором даны подробные предписания по действиям водителей на участках повышенной опасности, какими являются пересечения путей автотранспорта и поездов.

Одним из важнейших факторов, вызывающих большие потери на переездах, является увеличение численности индивидуального автотранспорта (общая численность легковых автомобилей в России уже превышает 38,7 млн. единиц). При отставании в развитии и модернизации автодорожной сети это приводит к систематическим затруднениям в движении транспорта на дорогах и вызванному этим социально-экономическому и экологическому ущербу.

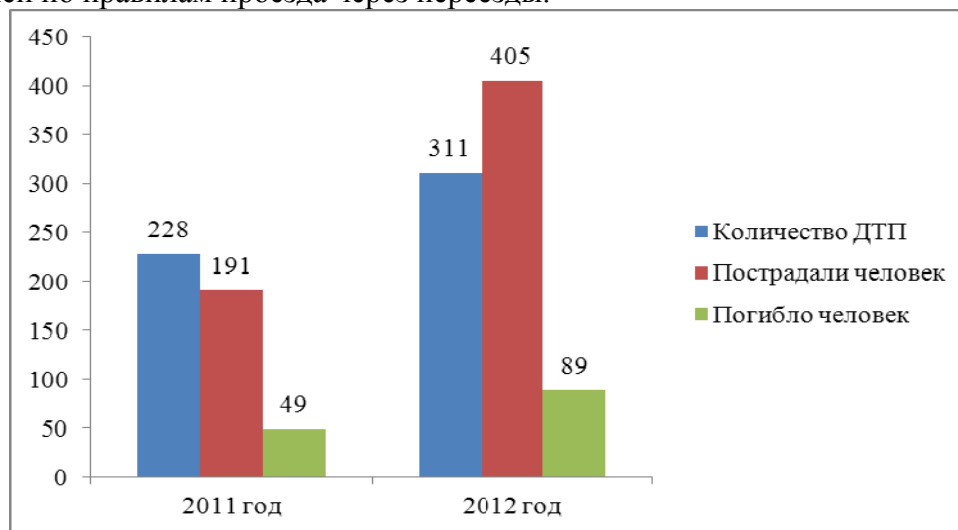
Существенный научный и практический интерес представляет исследование показателей безопасности движения через железнодорожные переезды. Более высокие темпы появления скоростных поездов создают дополнительные трудности для обеспечения безопасности дорожного движения. Проблема железнодорожных переездов является актуальной, так как объекты железнодорожной структуры характеризуются простоями автотранспорта, дорожно-транспортными происшествиями, в том числе с особо тяжкими последствиями [1].

Ежегодно на всех железных дорогах, в соответствии с установленным порядком, должно проводиться обследование переездов, сигнализации и связи, электроснабжения. По результатам обследования организуется приведение устройств и оборудования переездов, а также прилегающих участков дороги к ним. В случаях неудовлетворительного содержания автомобильных дорог (улиц) на подходах к переездам должно прекратиться движение транспортных средств через такие переезды до приведения дорог в надлежащее состояние.

На сегодняшний день на железнодорожных линиях ОАО «РЖД» эксплуатируется свыше 11 тыс. железнодорожных переездов, в том числе 2,3 тыс. – с дежурным работником. За период 2010-2012 гг. количество переездов уменьшилось, аварийность увеличилась [2].

В течение 2012 года на переездах произошло 311 ДТП, что на 15,2 % больше, чем за предыдущий год. В результате ДТП погибло 89 человек, а 405 человек получили ранения. ОАО «РЖД» понесли материальный ущерб в 26 млн. руб. [3]. Также было зарегистрировано 68615 нарушений правил проезда железнодорожных переездов водителями автотранспортных средств, что не совсем отвечает действительности.

Поэтому ГИБДД заключило 47 договоров на организацию дополнительных постов, созданы 1210 групп ГИБДД, которые совместно с сотрудниками ОАО «РЖД» инструктируют водителей по правилам проезда через переезды.



*Рисунок 1 – Количество ДТП и пострадавших на железнодорожных переездах в Российской Федерации за 2011-2012 год*

Основными причинами аварийности на железнодорожных переездах являются:

- ошибки водителей в оценке дорожно-транспортной обстановки на переездах, особенно при приближении к железнодорожным переездам пассажирских поездов и одиночных локомотивов;
- технические неисправности транспортных средств;
- отсутствие на разных уровнях управления системы в профилактической работе по укреплению дорожно-транспортной дисциплины и правопорядка на железнодорожных переездах;
- отступление от норм содержания автомобильных дорог на подходах к железнодорожным переездам и в их границах;
- проезд водителями красных сигналов переездных светофоров;
- объезд водителями закрытых шлагбаумов;
- столкновения транспортных средств с поездами вне переездов, особенно в местах закрытия переездов, а так же в момент прохода поезда.

Практически все ДТП на переездах - это следствие безответственности водителей автотранспорта. Они забывают о том, что поезда имеют преимущество в движении перед всеми остальными видами транспорта.

В таблице 1 представлена техническая оснащённость переездов за последние 10 лет.

Таблица 1 - Техническая оснащённость переездов за последние 10 лет

Общее количество переездов	11142
Автоматическая переездная сигнализация (АПС)	8851
Устройства заграждения переездов (УЗП)	1793
Светофорные головки на светоизлучающих диодах	8567
Резинокордовые настилы	4704
Системы фото-, видеофиксации	19

В рамках программы за 2011-2015 гг. планируется провести капитальный ремонт 2221 переезда. На 1949 объектах будут уложены резино-технические настилы, 219 переездов будут оборудованы автоматической переездной сигнализацией, а на 83 она подвергнется модернизации. Шлагбаумами оснастят 38 переездов, заградительными плитами 203, капитальный ремонт УЗП проведут на 512 переездах, путепроводы построят на 65. Для

сравнения, в 2006-2010 годах на сети железных дорог России возведено только 23 путепровода [4].

Таблица 2 - Работы по модернизации железнодорожных переездов и их оборудованию

Название работ	Выполнено работ	План работ
Укладка резино- технических настилов	461	380
Оборудование переездов АПС	6	15
Оборудование шлагбаумами ПАШ	22	22
Модернизация устройств заграждения	42	32
Внедрение светофорных головок на светодиодах	56	66
Улучшение электроснабжения	95	99
Улучшение электроосвещения	189	153
Закрытие переездов	68	35
Капитальный ремонт переездов	498	433

Анализируя данные приведенные в таблице 2, видно, что работа по модернизации переездов и обеспечению безопасности дорожного движения остается неудовлетворительной.

Наихудшее положение наблюдается на Северо-Кавказской ж/д, Октябрьской, Калининградской, Горьковской, Московской, Южно-Уральской и Забайкальской дорогах. Наибольший рост происшествий зафиксирован на Московской (+9), Октябрьской (+5), Южно-Уральской (+2 магистралях). Вместе с тем, на ряде дорог произошло снижение аварийности на переездах, а именно Северо-Кавказской (-10), Приволжской (-13), Куйбышевской (-15), Восточно-Сибирской (-4).

Авторами рассматриваются железнодорожные переезды на примере Пензенской области, где находится в эксплуатации 151 железнодорожный переезд, из которых 107 принадлежат ОАО «РЖД». На территории Пензенской области зарегистрировано 6 дорожно-транспортных происшествий с участием подвижного состава, в результате которых 6 человек погибло, и 3 человека получили ранения.

На Пензенское отделение Куйбышевской железной дороги приходится 60 переездов, 19 их них, с дежурными работниками железнодорожных переездов, оборудованы современными системами видеонаблюдения в рамках общесетевого проекта «Антикриминал». Видеокамеры установлены на переездах в районе станций Пенза-II, Пенза-IV, Грабово, Пачелма, Студенец, Канаевка и Чаадаевка. Куйбышевская железная дорога — одна из крупнейших стальных магистралей Российской Федерации. Ее эксплуатационная длина — 4721,86 км. Куйбышевская магистраль проходит по территории Пензенской, Самарской, Ульяновской, Тамбовской, Челябинской, Рязанской, Оренбургской областей и Республик Башкортостан, Татарстан и Мордовия. Практически все переезды имеют резиново-кордовое покрытие, препятствующее скольжению, пробуксовке и заносу автомобилей, а также снижающее уровень шума. Кроме того, покрытие способно выдерживать перепады температур без деформации поверхности [5].

В целях предупреждения дорожно-транспортных происшествий с подвижным составом Госавтоинспекцией регулярно проводятся профилактические мероприятия, направленные на пресечение правонарушений со стороны водителей транспортных средств при движении через переезды, а так же на выявление и устранение недостатков в содержании, обустройстве и эксплуатации самих переездов.

В 2011 году на территории Пензенской области было проведено профилактическое мероприятие «Внимание, переезд!», в ходе которого были обследованы железнодорожные переезды и подходы к ним на предмет определения их соответствия требованиям нормативных актов, регламентирующих техническое состояние и уровень их содержания. Выявлены следующие недостатки в содержании переездов: отсутствие нормативной видимости при-

ближающего поезда; отсутствие горизонтальных площадок перед переездом; отсутствие необходимого количества дорожных знаков; отсутствие светофорной и звуковой сигнализации; неисправность наружного освещения; значительные повреждения настилов переездов [5].

За время проведения профилактического мероприятия «Внимание переезд» сотрудниками подразделения ГИБДД области осуществлено 260 профилактических бесед с водительским составом предприятий и организаций по вопросам соблюдения правил дорожного движения при проезде через переезды, особенно при перевозке людей пассажирским транспортом. Итоги проводимого мероприятия периодически доводились до населения области с использованием средств массовой информации. Было опубликовано 46 материалов в областных и районных газетах, по областному радио прозвучало 3 репортажа, по телевидению показано 2 видеосюжета. В целях предупреждения нарушений водителями правил проезда через переезды было организовано 76 совместных рейдов с представителями железнодорожных организаций.

Однако, не смотря на проводимые профилактические мероприятия, в 2012 году дежурными по переездам Пензенского отделения Куйбышевской железной дороги было зарегистрировано 31 грубое нарушение правил дорожного движения. Информация была направлена в ГИБДД УМВД России по Пензенской области. В 22 случаях правонарушителей удалось привлечь к административной ответственности. Всего железнодорожники, совместно с работниками полиции, провели в прошедшем году 75 профилактических рейдов. Сотрудники дистанции регулярно выезжали на автотранспортные предприятия для проведения разъяснительной работы, раздавали водителям памятки с правилами проезда через железнодорожные переезды [6].

Всего в 2012 году было распространено около 2 тыс. памяток, с 1352 водителями проведены профилактические беседы. Проведено четыре совещания по безопасности на переездах с участием представителей областной и районных администраций. Результатом этих работ стало уменьшение случаев дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах Пензенской области.

На устранение недостатков должностным лицам дорожных, коммунальных и железнодорожных организаций, ответственных за содержание и обустройство переездов, было выдано 49 предписаний. За нарушение правил содержания железнодорожных переездов и подходов к ним, а так же за невыполнение в срок законного предписания к административной ответственности было привлечено 11 должностных лиц выше указанных организаций [7].

Все железнодорожные переезды (за исключением переездов на малоактивных участках железных дорог) как объекты повышенной опасности целесообразно оборудовать светофорами, шлагбаумами и звуковыми сигналами, а также УЗП (устройство заграждения переезда) — металлическими плитами, которые поднимаются, заграждая проезд. Предлагаемые на сегодняшний день системы УЗП требуют достаточно трудоемких и дорогостоящих работ по их установке [8, 9]. Поэтому не все железнодорожные переезды могут быть оборудованы системами УЗП из-за недостатка средств. Оборудование одного железнодорожного переезда стоит 1,5 млн. руб., что выливается для дороги расходами в 35 млн. руб. в год, выделяемых по программе безопасности. Сотрудничеству дорог с федеральной исполнительной властью мешают и недоработки в законодательстве, так как капитальный ремонт пути на переезде предусматривает замену рельсов, шпал, очистку щебня. Эти работы, как и оборудование переезда УЗП, требуют вскрытия автодорожного полотна.

Авторами наряду с вышеперечисленными мероприятиями предлагается использовать транспортные детекторы присутствия, которые будут сигнализировать об опасном нахождении транспортных средств (ТС) на железнодорожных переездах (рис. 2).



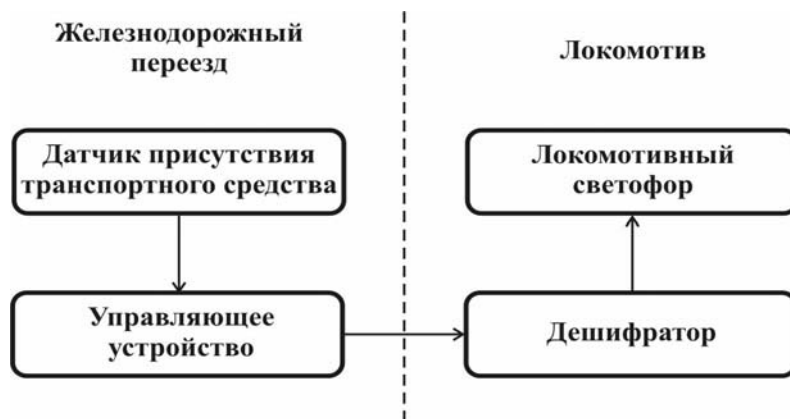


Рисунок 2- Функциональная схема системы предотвращения ДТП на железнодорожном переезде

Если на железнодорожный переезд въезжает транспортное средство, то датчик присутствия подает сигнал на управляющее устройство (рис. 3). Длительность этого сигнала равна времени нахождения транспортного средства на железнодорожном переезде.

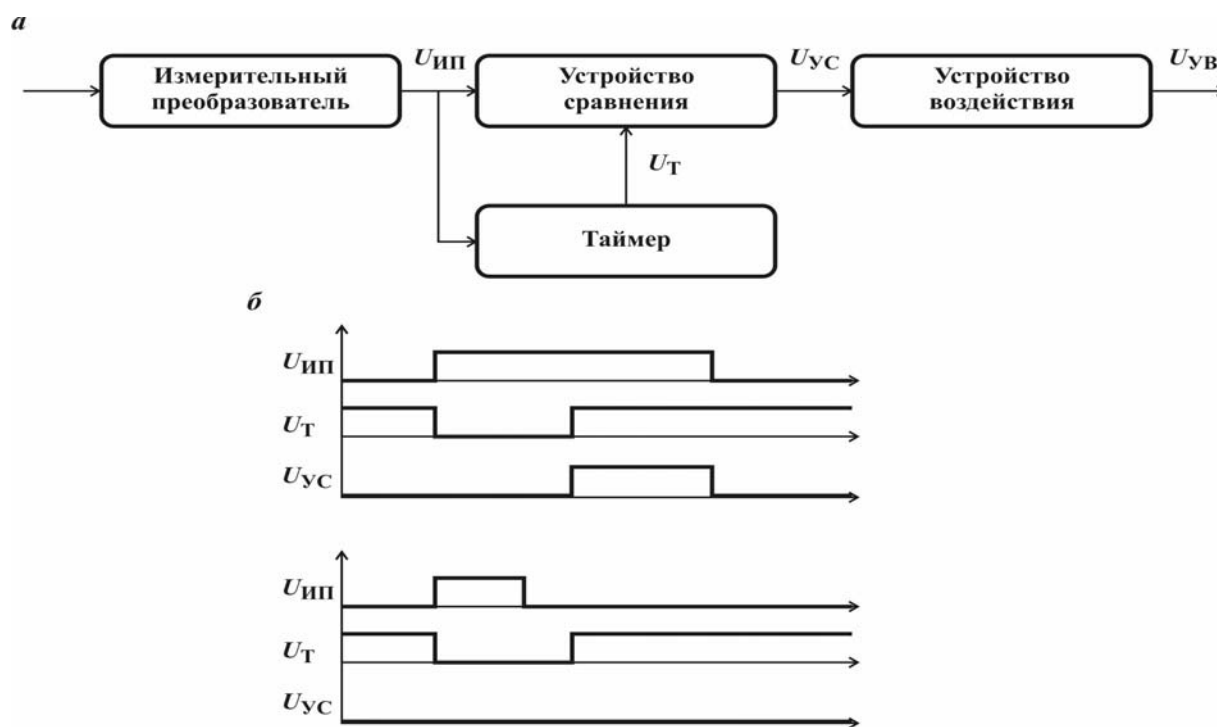


Рисунок 3 - Управляющее устройство системы предотвращения ДТП на железнодорожном переезде: а – функциональная схема управляющего устройства; б – диаграмма работы управляющего устройства

Управляющее устройство состоит из измерительного преобразователя, устройства сравнения, таймера и устройства воздействия. Измерительный преобразователь преобразует сигнал с датчика в электрический импульс напряжения, длительность которого равна длительности пребывания ТС на железнодорожном переезде. Одновременно начинается формирование сигнала в таймере. Его длительность равна временному отрезку, достаточному для проезда любого транспортного средства через переезд. Устройство сравнения сравнивает сигнал  $U_{ИП}$ , аналогичный сигналу с датчика присутствия транспортного средства, с сигналом таймера  $U_Т$ . Если длительность сигнала  $U_{ИП}$  больше длительности сигнала  $U_Т$ , то устройство сравнения подаст сигнал на устройство воздействия УВ. УВ формирует и передает соответствующий кодированный сигнал на локомотив. Этот сигнал распознается дешифратором,

установленным на локомотиве, и на локомотивном светофоре загорается сигнал, предписывающий ограничить скорость движения до 20 км/ч. Если эта скорость будет превышена, то произойдет принудительная остановка поезда.

Таким образом, предлагаемая система предотвращения ДТП на железнодорожном переезде обладает комплексом достоинств: часть предлагаемой системы является штатным оборудованием современных локомотивов; низкая стоимость предлагаемой системы; простота монтажа/демонтажа; высокая пропускная способность железнодорожного переезда; повышенная безопасность, обеспечиваемая благодаря своевременному оповещению машиниста поезда о необходимости снижения скорости и остановки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [http://www.cesis.ru/?page\\_id=2471](http://www.cesis.ru/?page_id=2471).
2. <http://pddmaster.ru/documents/pdd>.
3. <http://www.rzdrtv.ru/2013/01/25/chislo-dtp-na-zheleznodorozhnyih-pereezdah-v-2012g-sostavilo-311-sluchaev/>.
4. <http://www.dystancia.com/2011-03-05-17-40-59/12-2015-600>.
5. Справка об обеспечении безопасности дорожного движения на железнодорожных переездах и о результатах обследования железнодорожных переездов на предмет устранения ранее выявленных недостатков.
6. <http://scbist.com/zhurnal-put-i-putevoe-hozyaistvo/20197-05-2012-analiz-sostoyaniya-bezopasnosti-dvizheniya-poezdov-v-putevom-hozyaistve-oao-rzhd-v-2011-g.html>.
7. <http://scbist.com/zhurnal-put-i-putevoe-hozyaistvo/20197-05-2012-analiz-sostoyaniya-bezopasnosti-dvizheniya-poezdov-v-putevom-hozyaistve-oao-rzhd-v-2011-g.html>.
8. ГОСТ Р 52605-2006. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические требования. Правила применения [Текст]. - М, 2006.
9. <http://files.stroyinf.ru/Data1/9/9430/>.

### **Миненко Екатерина Юрьевна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»  
E-mail: [cat.minenko@yandex.ru](mailto:cat.minenko@yandex.ru)

### **Ширшиков Андрей Станиславович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»  
E-mail: [shirshikov7@gmail.com](mailto:shirshikov7@gmail.com)

### **Филимончева Яна Александровна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Студент группы ОБД-51  
E-mail: [yanochka.dance@mail.ru](mailto:yanochka.dance@mail.ru)

---

E. Y. MINENKO, A. S. SHIRSHIKOV, J. A. FILIMONCHEVA

## INCREASE TRAFFIC SAFETY LEVEL CROSSING

*Road accidents that occur at level crossings usually have very serious consequences despite their relatively small number. Most often these accidents occur in unregulated crossings where drivers try to pass close to the moving train, forgetting that applying the emergency stop train stopping distance is 2000 meters.*

*Therefore, the authors propose to use the transportation presence detectors that will signal the dangerous location of vehicles at level crossings.*

**Keywords:** *move, unregulated, train detector.*

**BIBLIOGRAPHY**

**Minenko Ekaterina Jur'evna**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, Penza city. Titova, 28

Ph.D., assistant professor of "Organization and safety"

E-mail: cat.minenko@yandex.ru

**Shirshikov Andrew Stanislavovich**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, Penza city. Titova, 28

Ph.D., assistant professor of "Organization and safety"

E-mail: shirshikov7@gmail.com

**Filimoncheva Yana aleksandrovna**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, Penza city, Titova, 28

Student groups HBS -51

E-mail: yanochka.dance @ mail.ru

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

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

УДК 802

А. ЯНОТА

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В СФЕРЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ТРАНСПОРТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ**

*Статья написана с целью представить и внедрить европейскую схему исследования, известную как COST (программа Европейского сотрудничества в сфере научно-технологических исследований), проинформировать профессиональную и научную общественность о текущем состоянии, особенностях и возможностях, предлагаемых в области транспорта, транспортные приложения и особенности интеллектуальных транспортных систем. Автор – словацкий представитель COST Территориального Комитета Транспорта и Городского Развития (ТК ТГР) в Брюсселе. В статье также отмечаются некоторые критические замечания, связанные с недавним участием Словакии в европейском исследовательском пространстве.*

**Ключевые слова:** транспорт, Европейское сотрудничество в сфере научно-технологических исследований, исследование.

### **INTRODUCTION**

The European research comprises three basic pillars of European research initiatives: frame programs, EUREKA projects and COST actions. Their common feature is an effort to ensure competitiveness of Europe, full usage of European researchers' potential and know-how together with effective spending of financial means..

- Frame programs have provided support to top research, development and innovations at the European level since 1984. Unlike other financial schemes, there no national allocations in frame programs and research projects are supported based on excellence of project intention and project teams in accordance with pre-defined strategy (top-down approach).

- EUREKA (European Research Coordination Agency) is an intergovernmental network launched in 1985, to support market-oriented R&D and innovation projects by industry, research centres and universities across all technological sectors [1]. It is composed of 41 members, including the European Union represented by the Commission. With its flexible and decentralised network, EUREKA offers project partners rapid access to skills and expertise across Europe and national public and private funding schemes. The Russian Federation has been a member since 1993. There are several kinds of Eureka projects available: EUREKA individual projects, EUREKA clusters and EUREKA umbrella projects. Some of notable characteristics of EUREKA are its bottom-up, industry-led nature, simple rules and lean administrative structure.

- COST (European Cooperation in Science and Technology) is an intergovernmental framework for European Cooperation in Science and Technology, allowing the coordination of nationally-funded research on a European level [2]. COST enables breakthrough scientific developments leading to new concepts and products and thereby contributes to strengthen Europe's research and innovation capacities. Similarly as EUREKA it is based on the bottom-up approach and helps to open the „European Research Area – ERA” to membership countries. It is often said to be a pre-stage for frame program projects. COST also encourages researchers from Near Neighbour Countries to participate in COST Actions on the basis of mutual benefit. Russia has a status of COST Near Neighbour Country.

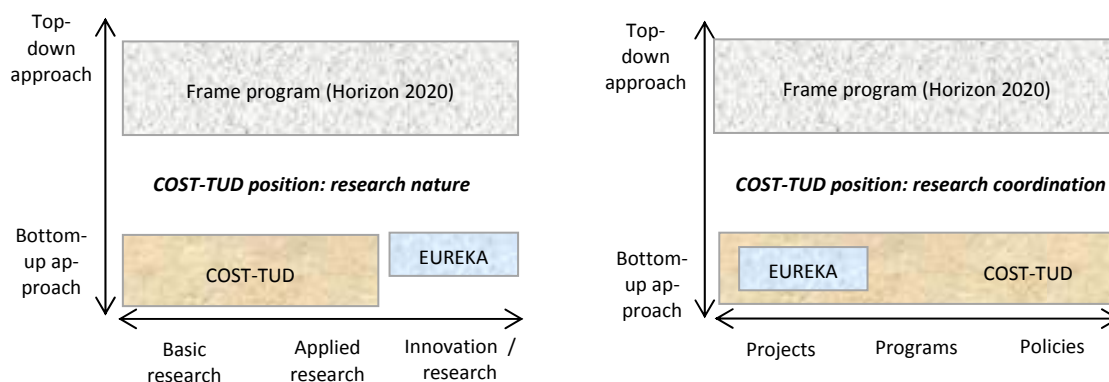


Figure 1 - COST positions towards its research nature and coordination

The inter-relations among all three mentioned kinds of research initiatives are depicted in drawing 1. The following text is mostly focused on the last mentioned initiative, i.e. the COST, and possibilities offered mostly towards the sphere of transportation and intelligent transportation systems (transport telematics).

## TRANSPORT AND COST PROGRAM

### 2.1 Characteristics of the COST program

The basic mission of the COST program could be summarized using three key features:

- Building capacity by connecting high-quality scientific communities throughout Europe and worldwide;
- Providing networking opportunities for early career investigators; and
- Increasing the impact of research on policy makers, regulatory bodies and national decision makers as well as the private sector.

The aim is to reduce fragmentation and isolation of national research activities and distinctness of regulation and administrative systems and thus remove barriers restraining idea exchange, synergy and cost optimization for the European level research. It is mostly focused on innovations, multi-disciplinary character, mobility, support of early stage researchers, bottom-up approach.

Key decisions are taken at COST Ministerial Conferences, which are held on average every five years. The latest COST Ministerial Conference took place on 15 June 2010 in Spain. The Committee of Senior Officials (CSO) is the main decision-making body responsible for the strategic development of COST. It decides, amongst other things, on the proposed new Actions following the Open Call – there are two regular calls per one year. Each COST Member State appoints two representatives to the CSO, one of whom is usually the COST National Coordinator (CNC). The role of the COST National Coordinator (CNC) is to Nominate delegates to Domain Committees (DC) and Management Committees (MC) of Actions; advise on all COST related matters (e.g. Actions, participation, Open Call); and provide the liaison between the scientists and institutions in his/her country.

At the moment there are active committees working in 10 scientific domains:

- Biomedicine and Molecular Biosciences;
- Chemistry and Molecular Sciences and Technology
- Food and Agriculture
- Earth System Science and Environmental Management
- Forests, their Products and Services
- Materials, Physics and Nanosciences
- **Transport and Urban Development**, and
- Trans-Domain – concentrates on actions relevant to more than 1 domain.

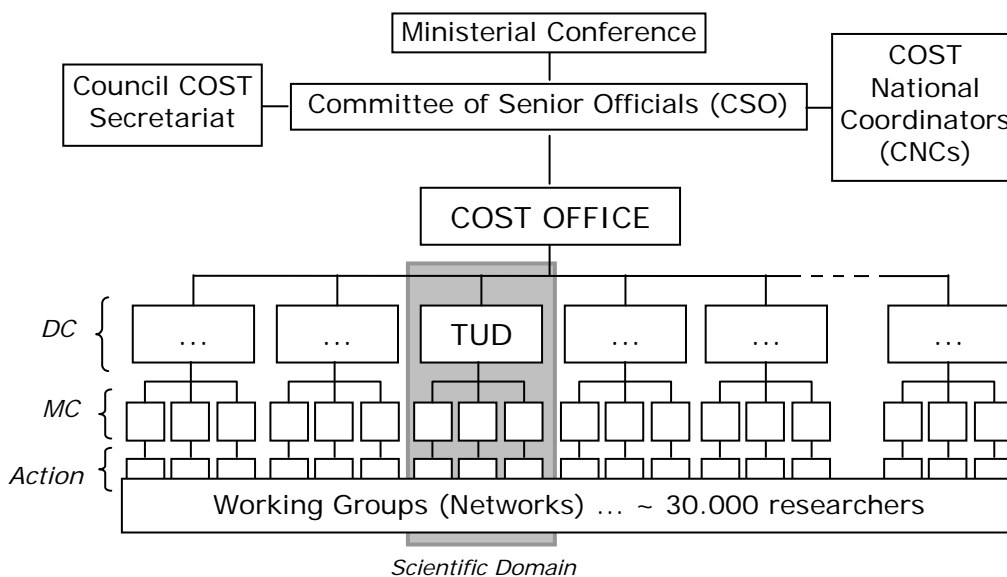


Figure 2 – Management structure of the COST program

The main task of the Domain Committee (DC) is quality management through evaluation of new action proposals, monitoring of running and evaluation of completed actions, dissemination and usage of achieved results. The DC also elaborates reports for CSOs and consists of experts in the given field of work nominated 1 per every membership country (totally 35 + Israel). In addition there is a group of external experts working as independent evaluators for proposed actions. Every accepted Action establishes a management committee (MC) containing representatives of participating countries. Their task is to coordinate activities within the given action (usually by a set of working groups) and elaborate reports for the relevant DC. The administrative background for the whole indicated structure is provided by the COST secretariat and COST office seated in Brussels.

## 2.2 The “Transport and Urban Development” Domain

This domain has a very wide and significantly multidisciplinary orientation – it is focused on support of international network activities of scientists and experts in transport and urban development and tries to cover activities of both basic and applied research as well as technical development in the following areas:

a) **Transport:** assessment, planning and management of transport systems covering issues like safety and security, energy consumption, environmental impacts, modal diversion and re-equilibrium, transport policies, traffic management, market issues, and sustainable mobility;

b) **Transport structures:** improvement of transport structures by developing new design and technologies both for infrastructures (materials, intuitive driving signals, etc.) and vehicles (alternative fuels, Intelligent Transportation System, etc.), enhancing human-machine interfaces and upgrading driving behaviour;

c) **Urban development:** land use planning and management within or around urban areas, environmental management, urban-rural relationships, safety and security, reconstruction, rehabilitation and renovation, disaster management, logistics, and cultural heritage;

d) **Civil engineering:** engineering, construction, and architecture of urban structures, covering design methods and technologies for construction, maintenance, operation, rehabilitation and protection of buildings. Emphasis is given to green structures and particularly to the energy efficiency of products, processes, and organisation.



Table 1 - The list of actually running TUD-COST Actions

ID	Action title	Duration
TU1304	Wind energy technology reconsideration to enhance the concept of smart cities (WINERCOST) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1304">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1304</a>	20.11.2013-14.11.2017
TU1305	Social networks and travel behaviour <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1305">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1305</a>	20.11.2013 – 14.11.2017
TU1306	Fostering knowledge about the relationship between Information and Communication Technologies and Public Space supported by strategies to improve their use and attractiveness (CYBERPARKS) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1306">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1306</a>	20.11.2013-14.11.2017
TU1302	Satellite Positioning Performance Assessment for Road Transport (SaPART) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1302">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1302</a>	06.11.2013-05.11.2017
TU1303	Novel structural skins: Improving sustainability and efficiency through new structural textile materials and designs <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1303">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1303</a>	05.11.2013-04.11.2017
TU1301	NORM for Building materials (NORM4BUILDING) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1301">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1301</a>	20.11.2013-15.05.2017
TU1209	Transport Equity Analysis: assessment and integration of equity criteria in transportation planning (TEA) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1209">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1209</a>	10.04.2013-09.04.2017
TU1208	Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1208">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1208</a>	04.04.2013-03.04.2017
TU1207	Next Generation Design Guidelines for Composites in Construction <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1207">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1207</a>	04.04.2013-03.04.2017
TU1206	SUB-URBAN - A European network to improve understanding and use of the ground beneath our cities <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1206">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1206</a>	09.04.2013-08.04.2017
TU1205	Building Integration of Solar Thermal Systems (BISTS) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1205">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1205</a>	05.04.2013-04.04.2017
TU1204	People Friendly Cities in a Data Rich World <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1204">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1204</a>	11.04.2013-10.04.2017
TU1203	Crime Prevention through Urban Design and Planning <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1203">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1203</a>	10.12.2012-09.12.2016
TU1201	Urban Allotment Gardens in European Cities - Future, Challenges and Lessons Learned <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1201">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1201</a>	18.10.2012-17.10.2016
TU1202	Impact of climate change on engineered slopes for infrastructure <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1202">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1202</a>	04.10.2012-03.10.2016
TU1105	NVH analysis techniques for design and optimization of hybrid and electric vehicles <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1105">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1105</a>	11.04.2012-10.04.2016
TD1106	Urban Agriculture Europe (UAE) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TD1106">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TD1106</a>	14.03.2012-13.03.2016
TU1104	Smart Energy Regions <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1104">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1104</a>	08.03.2012-08.03.2016
TU1101	Towards safer bicycling through optimization of bicycle helmets and	06.10.2011-

	usage <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1101">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1101</a>	05.10.2015
TU1102	Towards Autonomic Road Transport Support Systems <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1102">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1102</a>	22.09.2011- 21.09.2015
TU1103	Operation and safety of tramways in interaction with public space <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1103">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1103</a>	19.09.2011- 18.09.2015
TU1004	Modelling Public Transport Passenger Flows in the Era of Intelligent Transport Systems <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1004">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1004</a>	18.05.2011- 17.05.2015
TU1003	MEGAPROJECT: The Effective Design and Delivery of Megaprojects in the European Union <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1003">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1003</a>	16.05.2011- 15.05.2015
TU1002	Accessibility instruments for planning practice in Europe <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1002">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1002</a>	06.10.2010- 05.10.2014
TU1001	Public Private Partnerships in Transport: Trends and Theory <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1001">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU1001</a>	30.08.2010- 29.08.2014
TU0905	Structural Glass - Novel design methods and next generation products <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU0905">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU0905</a>	07.04.2010- 06.04.2014
TU0904	Integrated Fire Engineering and Response (IFER) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU0904">http://www.cost.eu/domains_actions/tud/Actions/TU0904</a>	29.03.2010- 28.03.2014

The Domain involves scientists, practitioners, decision-makers and industry in basic and applied research activities based on integrated and interdisciplinary approaches. These lead to technical developments, standards and policy recommendations.

The Table 1 show a list of actually running actions within the TUD domain (November 2013 - note). The first column shows the identification number, the second column a title of the action together with web link, the last column indicates the solution period. The list of previously completed actions may be found at the COST pages [4] similarly as the rules for participation.

### 2.3 The “Information and Communication Technologies” Domain

Another domain which offers interesting possibilities also for smart transport topics is the ICT domain. Considering a number of running actions it is the biggest domain. Table 2 shows selection of several actually running actions potentially having relation to transport problems.

Table 2 – Selection of ICT Domain Actions

ID	Action Title	Duration
IC1203	European Network Exploring Research into Geospatial Information Crowdsourcing: software and methodologies for harnessing geographic information from the crowd (ENERGIC) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC1203">http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC1203</a>	05.12.2012- 04.12.2016
TD1202	Mapping and the citizen sensor <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/TD1202">http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/TD1202</a>	28.11.2012- 27.11.2016
IC1004	Cooperative Radio Communications for Green Smart Environments <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC1004">http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC1004</a>	19.05.2011- 18.05.2015
TD1001	Novel and Reliable Optical Fibre Sensor Systems for Future Security and Safety Applications (OFSeSa) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/TD1001">http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/TD1001</a>	15.11.2010- 14.11.2014
IC0906	Wireless Networking for Moving Objects (WiNeMO) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC0906">http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC0906</a>	20.05.2010- 19.05.2014
IC0905	Techno-Economic Regulatory Framework for Radio Spectrum Access for Cognitive Radio/Software Defined Radio (TERRA) <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC0905">http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC0905</a>	07.05.2010- 06.05.2014

IC0902	Cognitive Radio and Networking for Cooperative Coexistence of Heterogeneous Wireless Networks <a href="http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC0902">http://www.cost.eu/domains_actions/ict/Actions/IC0902</a>	11.12.2009-10.12.2013
--------	--	-----------------------

#### **2.4 Causes of low participation of Slovak scientists and researchers**

Apart from the Slovak Academy of Sciences and research institutes, the main research potential of Slovakia (expressed in a number of researchers) can be found at higher education institutions (universities). According to the developed world experiences, the top research universities should have several characteristic features:

- Existence of top faculties being active in research;
- Accepting only top students;
- Supporting intellectual climate;
- High-tech technical equipment supporting research;
- Sufficient financing ensuring competitiveness and up-to-date agenda;
- Research infrastructure;
- Supportive and visionary management [3].

Those working in the academic sphere may confront those preconditions with everyday reality. Even if we take Slovak Academy of Sciences, research institutes, and firms with their own research into account, resulting statistics are not very complimentary. Alarming facts are those summarizing low success of Slovakia in the 7<sup>th</sup> Frame Program projects [4]. The fundamental findings are these ones: Slovakia significantly falls behind its possibilities – in all qualitative and quantitative comparisons we take the last positions within the EU countries, in some specific areas even associated countries or African countries are ahead. There are more reasons for that. The main of them are European structural funds, especially the Operation Program Research & Development. This idea seems to be illogical at first sight since one of the main tasks of this mechanism was increase of Slovak participation in Frame Programs. However, extraordinarily complex bureaucracy and administrative demandingness (related to both sending applications as well as implementing the projects) have caused minimal participation of the 7<sup>th</sup> Frame Program. It can be proved by rapid reduce of applications in 2008 (the year when the first calls for the Operation Program Research and Development were issued). The European structural funds bring another risk – concentration of Slovak scientists on this mechanism automatically means dropout of contacts to abroad (international) research. All this increases risk that Slovak participation in Horizon 2020 will be even lower and research infrastructure and instruments obtained from European structural funds will become unused for real research purposes since scientists will have no money to pay their operation. Another important effect on Slovak participation comes from very poor financing of national research and development (for example, the budget of the biggest Slovak grant agency APVV during last three years became lower for almost 10 mil. €). The raising problem can also be seen in missing middle generation of scientists – new scientists have not sufficient experience with participation in international research teams and very often they never have led any research team.

As far as the COST program is concerned, the situation is very similar. The success percentage is not much higher (usually about 5-10% based on the call and area), however, there is one important difference. New action proposals undergo 2-stage assessment, but for entering the first stage only several pages proposal is needed, describing the research intention. Risk of being not successful is not associated with hours “spent and lost” over finally useless work when administrative preparing the project proposal.

#### **CONCLUSIONS**

To conclude, we may say that Slovak scientific community does not utilise all possibilities being on the table thanks to membership in the European Union. Reasons are known, some of them were discussed in the paper. The paper was written with the motivation to inform scientists and re-

searchers especially in the field of transport about the particular COST mechanism and opportunities it offers.

## BIBLIOGRAPHY

1. Eureka. <http://www.eurekanetwork.org/>
2. COST. <http://www.cost.eu>
3. Bienenstock, A. (2008), "Essential characteristics of research universities," in Vessuri H and Teichler U. pp.33-40.
4. [http://www.7rp.sk/uploads/tx\\_main/2013/02/21/Sprava\\_o\\_ucasti\\_SR\\_7RP\\_01.pdf](http://www.7rp.sk/uploads/tx_main/2013/02/21/Sprava_o_ucasti_SR_7RP_01.pdf)

### Алес Янота

Университет г. Жилина

Адрес: Словакия, Университет 8215/1, 010 26 Жилина

Профессор, доктор философии кафедры «Управление и информационные системы», электротехнический факультет

Email: ales.janota@fel.uniza.sk

---

A. JANOTA

## OPPORTUNITIES OF THE COST RESEARCH PROGRAM FOR TRANSPORT-ORIENTED RESEARCH AND DEVELOPMENT

*The paper has been written with the motivation to introduce and present the European research scheme known as the COST (European COoperation in Science and Technology), to inform professional and scientific public about the current state, particularities and opportunities offered in the domain of transport, transport applications and especially intelligent transport systems. The author is a Slovak representative in the COST Domain Committee for Transport and Urban Development (DC TUD) in Brussels. The paper also shows some criticism related to recent Slovak participation in the European research space.*

**Keywords:** transport, COST, research

### Ales Janota

University of Zilina

Address: Slovakia, Univerzita 8215/1, Zilina

Prof. Ing., PhD. Department of Control & Information Systems, Faculty of Electrical Engineering

Email: ales.janota@fel.uniza.sk

УДК 802.0

Т. А. КОЗИНА, М. Р. АБУБЕКАРОВ

## ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

*В статье рассматривается понятие интерактивной технологии обучения как эффективного средства формирования познавательной, межкультурной и коммуникативной компетенций при обучении иностранному языку в вузе. Предлагается обучающий эксперимент с применением интерактивной технологии обучения на занятиях по иностранному языку (англ.) в неязыковом вузе.*

**Ключевые слова:** интерактивная технология, компетенция, технология обучения иностранному языку.

Формирование коммуникативной компетенции является основной задачей преподавания иностранного языка в вузе. Поэтому главным предметом современного обучающего процесса следует считать не языковую систему, а ситуативно-ориентированную речевую деятельность на иностранном языке в качестве средства межкультурного взаимодействия. В связи с этим, преподаватель иностранного языка в вузе должен все больше внедрять такие технологии обучения, которые бы способствовали эффективному обучению коммуникации на иностранном языке. Речь идет об инновационных интерактивных технологиях, построенных на активном групповом речевом взаимодействии на иностранном языке посредством использования электронных ресурсов глобальной сети и других компьютерных технологий.

Целесообразность такого обучения обусловлено несколькими причинами. Во-первых, интерактивность обучающего процесса предполагает постоянное взаимодействие преподавателя и каждого студента; причем преподаватель в данном случае выступает скорее как консультант, помогающий студентам повысить мотивацию обучения и лучше усвоить новый языковой материал, а не как контролирующий орган. В данных условиях эффективно реализуется индивидуальный, личностно-ориентированный подход к обучению иностранному языку (все задания разработаны преподавателем индивидуально для каждого студента с учетом его (ее) уровня владения английским языком; по этому же принципу формируются учебные группы). Во-вторых, на занятиях с применением данной технологии развиваются некоторые личностно-психологические навыки, реализуемые в ходе совместной познавательной деятельности. В-третьих, применение интерактивной компьютерной технологии обучения на занятиях по иностранному языку в вузе формирует не только языковые, но и компьютерные компетенции, навык on-line работы поиска и отбора информации в электронных источниках глобальной сети, среди которых on-line словари и энциклопедии.

Основная задача данного исследования - это провести обучающий эксперимент и разработать методику работы над темой «Регулирование дорожного движения в Великобритании и России».

Объектом данной работы выступает процесс реализации разработанной методики на примере отдельного занятия по обучению профессиональному общению по дисциплине «Практикум по иностранному языку (англ.)» у студентов первого курса Автомобильно-дорожного института Пензенского государственного университета архитектуры и строительства. Занятие проводилось в группе, состоящей из 12 студентов с разным уровнем владения английским языком (10% - отлично, 30 (35)% - хорошо, 60 (65)% - удовлетворительно).

Предлагаем результаты проведенного обучающего эксперимента и основные выводы, к которым удалось прийти в ходе работы.

Занятие-эксперимент «Регулирование дорожного движения в Великобритании и России»  
на английском языке

*Тема урока:* «Регулирование дорожного движения в Великобритании и России»  
(«Traffic Regulations in Britain and Russia»)

*Цель урока:*

- 1) формирование языковой и коммуникативной компетенций владения иностранным языком;
- 2) развитие слухомоторных навыков по восприятию иноязычной речи печатного или электронного текста профессиональной направленности;
- 3) развитие навыка групповой или командной поисковой работы и совместной познавательной деятельности;
- 4) обучение работе с новой языковой информацией на основе специального аутентичного или частично адаптированного текста.

*Задачи урока:*

- активизация изученного ранее лексического и грамматического материала по теме урока;
- знакомство с оригинальными или частично адаптированными специальными текстами по теме «Регулирование дорожного движения в Великобритании»;
- выполнение студентами общего лексико-грамматического группового задания;
- поиск новой информации и составление устного монологического высказывания по заданной теме на иностранном языке;

*Оснащение урока и материалы, используемые на уроке:*

- Компьютерный класс с выходом в Интернет;
- Печатный учебный материал с аутентичными или частично адаптированными специальными текстами на английском языке одной тематической направленности: Text 1 – Driving Regulations in Britain, Text 2 – Parking Regulations in Britain, Text 3 – Pedestrian Regulations in Britain [1], [2];
- Карточки с заданиями на понимание содержания текстов;
- Тестовые задания для контроля усвоенного учебного материала;
- CD-ROM «Говорящий оксфордский словарь и уникальная система изучения новых слов»

*Запись на доске:* «Traffic Regulations in Britain and Russia»

Group 1 – Driving Regulations in Britain

Group 2 – Parking Regulations in Britain

Group 3 - Pedestrian Regulations in Britain

*Ход урока*

*1. Организационный момент. (3-4 минуты)*

1) Сообщение студентам о целях и задачах урока.

T. – Good morning! Today you are having not a usual class. We are going to speak about the “Traffic Regulations in Britain and Russia” for drivers and pedestrians to find out common and uncommon points of codes in Russia and Britain.

Nowadays the number of cars in big cities has been increased considerably. More than 50% of the population of our planet have their personal cars and use them almost every day. Transport problems involve pollution, traffic jams and human deaths caused by car accidents. To solve these problems we should learn proper traffic regulations which are different in each country. Let’s read some articles on “Traffic Regulations in Britain”.

2) Распределение студентов по группам, используя интерактивные электронные ресурсы коммуникации, в частности электронную почту.

T. - On your email box you’ve got an extract from the text with blank spaces and an untitled one. You should decide on the proper title: Driving Regulations in Britain, Parking Regulations in



Britain, or Pedestrian Regulations in Britain and form 3 groups (find other partners of your group - they have the extracts on the same topic)

(Студенты с отрывками из текстов, посвященных одной и той же проблеме, объединяются в одну группу. Весь класс делится на 3 группы: Группа 1 (Правила дорожного движения для водителей), Группа 2 (Правила парковки), Группа 3 (Правила поведения на дороге пешеходов). В составе каждой группы должно быть 4 студента с разным уровнем владения английским языком, то есть 1-2 слабых студентов, 1-2 сильных студентов и 1-2 студентов со средним уровнем подготовки)

*2. Основная часть урока (Время - 85 минут)*

*2.1 Работа со специальными текстами. (20-25 минут)*

Каждый участник группы заполняет пропуски своего отрывка текста, обсуждает правильность выполнения своего задания с остальными участниками группы. Затем вся группа собирает отрывки в один текст и отправляет выполненное задание на электронный ящик преподавателя.

(Все отрывки текста распределены по уровню сложности и уровню владения студентами английским языком. Внутри одной группы студенты работают над разными отрывками. Студенты знакомятся с содержанием оригинальных или частично адаптированных специальных текстов и нового языкового профессионального материала, используя Интернет ресурсы, электронные словари и CD-ROM «Говорящий оксфордский словарь и уникальная система изучения новых слов»).

*2.2 Представление выполненного задания каждой группой студентов (10-15 минут)*

Данный вид работы проводится в форме устного монологического высказывания печатного или электронного формата учебного материала на иностранном языке. Каждая группа знакомит класс с языковым материалом своего текста. Остальные студенты внимательно слушают, так как домашнее задание предполагает выполнение теста по теме урока.

*2.3 Разработка новой информации по соответствующей проблематике относительно России. (20-25 минут)*

T. – Now you're quite ready to work out the appropriate traffic rules for Russia. Use the available texts to help you and write down 4-5 rules for drivers, pedestrians and proper parking. Work on groups.

(После представления своего текста каждая группа получает задание выступить в роли разработчиков 4-5 правил дорожного движения, парковки или поведения пешеходов для России. Задание осуществляется на основе лексико-грамматического материала имеющихся текстов про Великобританию. Задание выполняется в группах, на компьютерах, на иностранном языке.)

*3. Заключительная часть занятия.*

*3.1. Монологические сообщения по теме: Регулирование дорожного движения в России. Проверка усвоения нового материала. Обсуждение сходств и различий правил дорожного движения в Великобритании и в России (в форме вопросов-ответов на иностранном языке).*

T. – Just now you are welcome to answer to questions on the information you have just listened to.

*(The whole class discussion). (10-20 минут)*

*3.2. Оценка работы всех членов группы, запись результатов работы в лист контроля. (2-3 минуты)*

В конце занятия студентам необходимо оценить работу всех членов своей группы и записать результаты в лист контроля, сдать результаты преподавателю.

T. - Don't forget to fill the checking list and hand it to your teacher.

*Домашнее задание:* выполнить тестовые задания для контроля нового языкового материала на английском языке (вопросы к текстам с множественным выбором, задания типа

True-False).

Образцы учебного материала:

- 1) карточки с заданием к специальным текстам для чтения разного уровня сложности и объема для индивидуальной и групповой работы:

(Group 1) Text 1 – Driving Regulations in Britain

- Drive on ... the of the road.
- Always pass (overtake) on the outside (right) ... .
- Do not ... the middle lane if the inside lane is clear.
- When approaching a ..., give priority to traffic approaching from the right, unless otherwise indicated.

1	A. right-hand side	B. middle side	C. left-hand side
2	A. pavement	B. lane	C. road
3	A. block	B. turn	C. pass
4	A. crossing	B. roundabout	C. road circle

- At a ... there's no general priority rule - priority is marked at most junctions.
- All traffic signals and road ... must be obeyed.
- All vehicles must give way to ... .
- The use of a car ... is not permitted in built-up areas from 23:30 to 07:00 hours.

1	A. intersection	B. pedestrian crossing	C. junction
2	A. signs	B. lights	C. rules
3	A. motor vehicles	B. emergency services vehicles	C. cars towing caravans
4	A. racing	B. tuning	C. horn

- Do not drive in bus lanes during ... hours. See signs by the side of the road for times.
- It's illegal to use a... when driving. If you need to make a call, find a safe place to stop first.

- On ... you are allowed to drive with 70 mph (112kph)
- You must always stop at a ... traffic light.

1	A. rush	B. restricted	C. late
2	A. lipstick	B. dome light	C. mobile phone
3	A. built-up areas	B. motorways	C. country-side roads
4	A. red	B. green	C. yellow

• Seat belts must be worn by the driver and front seat ... . Where ... seat belts have been fitted, they must also be worn.

- The minimum driving age is... .
- The speed limit in built-up areas ... more than 30mph (48kph) for cars and motorcycles

1	A. officer	B. pedestrian	C. passenger
1	A. rear	B. front	C. passenger
2	A. 18	B. 17	C. 21
3	A. has to be	B. shouldn't be	C. is allowed to be

(Group 2) Text 2 – Parking Regulations in Britain

• If you park illegally or run ... time on your parking-meter, you will get a parking ... on your windscreen, demanding a 30 pound fine (or more).

• Your car may be immobilized by a wheel-... ; follow the instructions to the Payment Center, where you must pay 38 pounds to get the ... removed, plus a parking fine.

1	A. at someone's	B. over	C. ahead of
1	A. pass	B. ticket	C. fine
2	A. clamp	B. disc	C. lock

- For serious parking offences, vehicles may be ... and impounded.
- To retrieve your vehicle you have to go to ... the and pay a 105 pound tow-away fee and 12 pound storage for each day your car has been kept in the pound.
- “No Parking Anytime” means that parking here is ... .

1	A. towed away	B. blocked	C. clamped
2	A. Traffic Department	B. Payment Centre	C. Police Office
3	A. forbidden	B. free	C. permitted

- “No ...” denotes that you mustn't park and you can stop just to let the passengers get off.
- “No Stopping” says that the driver must not ... under no circumstances.
- “No Stopping except ... , Loading and Unloading” means that only ... are permitted to stop for loading and unloading time.

1	A. Driving	B. Standing	C. Parking
2	A. brake	B. move	C. stop
3	A. trucks	B. motorcycles	C. passenger cars

- “No Parking 8 am – 9 am; 11 pm - 7 am” means that the driver should remember that there is street ... from 8 to 9 in the morning and from 11pm to 7 am there.
- “...” is no parking at the one side of the street
- “↔” is no parking at the ... sides of the street.

1	A. parade	B. repair	C. washing
2	A. ←	B. □	C. P
3	A. right	B. both	C. one

(Group 3) Text 3 – Pedestrian Regulations in Britain

- Pavements should be used if provided by pedestrians. If you have to step into the road, look ... first.
- If there is no pavement keep to the side of the road so that you can see ... . Wear or carry something light-coloured, bright or fluorescent in poor daylight conditions
- Young children should not be out ... on the pavement or road. Keep between them and the traffic and hold their hands firmly.
- Groups of people walking together should use a pavement. Look-outs should be at the front and back of the group, and they should wear fluorescent clothes in daylight and ... in the dark. At night, the look-out in front should show a white light and the one at the back a red light.

1	A. to the right side first	B. both ways	C. to the left side first
2	A. oncoming traffic	B. the lights	C. the road crossing
3	A. noisy	B. playing	C. alone
4	A. reflective clothes	B. red clothes	C. a porch

- Pedestrians must not be on ... or slip roads except in an emergency
- Do not walk ... across the road.
- At a ... . When crossing the road, look out for traffic turning into the road, especially from behind you. While crossing the road you have priority and they should ... .

1	A. bridges	B. pavements	C. motorways
2	A. diagonally	B. straight	C. up and down
3	A. junction	B. pedestrian crossing	C. intersection
3	A. stop	B. give way	C. pass on

- ... streets. Check which way the traffic is moving. Do not cross until it is safe to do so without stopping

**№ 4(43) 2013 (октябрь-декабрь) Образование и кадры**

•When crossing bus and cycle ... take care as traffic may be moving faster.

•If you have to cross between parked vehicles ... there and make sure you can see all around and that the traffic can see you.

•Never cross behind a vehicle which is ... .

1	A. One-way	B. Dual-way	C. Highway
2	A. lanes	B. roads	C. pavements
3	A. push back	B. stop	C. park
4	A. moving on	B. parked	C. reversing

•At all crossings. When using any type of ... you should always check that the traffic has stopped before you start to cross.

•Always cross between the studs or over the zebra markings. Do not cross at the side of the crossing or on the ... , as it can be dangerous

•At traffic lights. There may be special signals for ... . You should only start to cross the road when the ... light is on. Keep looking and check for traffic that may be turning the corner.

1	A. traffic	B. roads	C. crossing
2	A. zig-zag lines	B. lights	C. studs
3	A. pedestrians	B. drivers	C. cyclists
3	A. green	B. yellow	C. red

2) *Тестовые домашние задания типа «Верно-Неверно» на проверку понимания прочитанных специальных текстов:*

1. In Russia you are not allowed to drive on the left-hand side of the road.
2. When a red traffic light is on you must go on.
3. Emergency services vehicles should be given way everywhere.
4. If somebody calls you, you should answer at once.
5. In Britain you are permitted to drive a car if you are under 17.
6. In dual-way roads the main lane is the middle one.
7. If you park illegally your car will be fined.
8. During street washing parking time is limited.
9. Wear colored clothes at night when crossing the road.
10. Let your children cross the road alone.
11. Always cross the road diagonally.
12. Fix firmly the seat belts to be safe.

Таким образом, в результате проведенного занятия-эксперимента по обучению английскому профессиональному языку в неязыковом вузе с использованием интерактивной технологии обучения удалось прийти к следующим выводам:

1) цель урока достигнута: студенты обучались групповой работе со специальными текстами, развивали слухомоторные навыки, познавательную, межкультурную и коммуникативную деятельность в сфере профессионального общения на английском языке;

2) задачи урока выполнены: студенты познакомились с содержанием специальных текстов в рамках основной темы занятия, выполнили упражнения на проверку понимания нового языкового материала, составили монологическое устное высказывание по теме, участвовали в обсуждении ответов к заданиям, оценили деятельность членов своей группы;

3) занятие было построено методически грамотно, все этапы урока тесно взаимосвязаны, студенты проявляли высокую творческую активность;

4) были использованы все виды речевой деятельности: аудирование, чтение, говорение и письмо;

4) соблюдая концепцию гуманизации обучения, была организована эффективная работа в группах, сформированных таким образом, что студенты с высоким уровнем знания иностранного языка могли помочь студентам, у которых уровень английского языка не высокий;

5) дифференцированные задания по уровню сложности способствовали повышению мотивации в процессе обучения;

6) обучение в группах потребовало от студентов раскрытия некоторых личностных характеристик, таких как самостоятельность и самоорганизация, а также развития познавательной и коммуникативной компетенции;

В заключении хотелось бы отметить, что данный эксперимент и наши наблюдения показали, что применение интерактивной технологии обучения профессионально-ориентированному английскому языку в техническом вузе способствует эффективному овладению предметом, повышает мотивацию обучения, реализует личностно-ориентированный подход, увеличивает время для устной речевой практики, создает условия для дифференциации и индивидуализации обучения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронные ресурсы Internet: <http://en.wikipedia.org/>, [www.londonpass.com](http://www.londonpass.com).
2. Козина, Т. А. Деловое общение на английском языке [Текст] / Т. А. Козина. – Пенза.: ПГУАС, 2012 г. – 125 с.

**Козина Татьяна Анатольевна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Канд. фил. наук, доцент кафедры «Иностранные языки»

E-mail: [tatianak58@mail.ru](mailto:tatianak58@mail.ru)

**Абубекаров Марат Расимович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Студент гр.ЭТМК-11м

E-mail: [tatianak58@mail.ru](mailto:tatianak58@mail.ru)

---

T. A. KOZINA, M. R. ABUBEKAROV

### INTERACTIVE TECHNOLOGIES IN EDUCATION FOREIGN LANGUAGE IN TRAINING MOTOR COMPLEX

*The article deals with the concept of interactive learning technology as an effective means in foreign language teaching at high school to create cognitive, cross-cultural, communicative abilities. The results of the experimental class using the given technology have been offered.*

**Keywords:** *interactive learning technology, ability, foreign language teaching.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Elektronnyye resursy Internet: <http://en.wikipedia.org/>, [www.londonpass.com](http://www.londonpass.com).
2. Kozina, T. A. Delovoe obshchenie na angliyskom yazyke [Tekst] / T. A. Kozina. - Penza.: PGUAS, 2012 g. - 125 s.

**Kozina Tatiana Anatol'evna**

VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, Penza city. Titova, 28

Candidate. phil. , assistant professor of "Foreign Languages"

E-mail: [tatianak58@mail.ru](mailto:tatianak58@mail.ru)

**Abubekarov Marat Rasimovich**

VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, Penza city. Titova, 28

Student gr.ETMK-11m

E-mail: [tatianak58@mail.ru](mailto:tatianak58@mail.ru)

Ю. ЧАРСКИЙ, Я. ИЛЬ, Й. КОКУРЕК

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СТУДЕНЧЕСКОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПРОЕКТНЫЙ СЕМИНАР СЕПС

*В Чешском техническом университете в Праге на факультете транспорта с 1995 – 1996 учебного года существует такой проект ориентированного обучения, как новая форма обучения в магистратуре и получения ученой степени магистра. По инициативе преподавателей Института транспортного планирования и организации дорожного движения, под руководством опытного профессора Нюфлэкэра, ежегодно проводится Международный СЕПС – Проект Среднеевропейского Семинара для студентов из Чешского Технического Университета в Праге, Венского технического университета и Будапештского Университета Техники и Экономики. Представители города данной страны совместно с экспертами в области транспорта и предприятиями готовят различные задания для студентов, обращаясь к общему подходу к дорожному движению в городе, безопасности дорожного движения или транспортным развязкам в некоторых местах, таких как на перекрестках, переездах, ... и т.д. Студенты, работая разделившись на группы, собранные вместе из этих трех стран, могут практиковаться и совершенствовать свои знания иностранного языка и получать опыт различных методов работы, используемых за рубежом. Наиболее важной частью этих семинаров является презентация для представителей муниципалитета города, экспертов, а также прессы и регионального телевидения, где каждый студент группы демонстрирует графические результаты своей работы и защищает новый план решения поставленной задачи. После того, как опыт семинаров прошел в течение нескольких лет, главная цель состоит в том, чтобы подготовить и реализовать следующий СЕПС (Проект Среднеевропейского Семинара), организованный Чешским Техническим Университетом в Праге Факультетом Транспорта в выбранном городе в Чешской Республике в 2014, чтобы проверить возможность совместной работы в группах, собранных из студентов всех участвующих университетов, по конкретной практической задаче.*

***Ключевые слова:** организация дорожного движения (транспортных потоков), проект, семинар, студент, образование, планирование.*

### INTRODUCTION

The studies at a university should always be interesting for students. The whole studies should not only be about visiting lessons und learning at home. Each university student should try to use his/hers knowledge already during the semesters and try to get experience with the world outside the university walls. Each faculty of the Czech Technical University in Prague has its own programs and opportunities to show the students, that the knowledge can be used every day. Usually are the studies ended by a bachelor (master) thesis, where the students choose a topic and work on those topics from many views. The studies at the Faculty of Transportation Sciences are a little bit different. The students have possibility to choose a „personal project“, which is connected to their studies to most of the time. This project oriented education has been used for already 18 years. Department of Transportation Systems, which is a part of Faculty of Transportation Sciences from its establishment (at that time its name was Department of Transportation Systems in Areas) and is a leading department in subject of study Transportation Systems and Technology.

### ORGANISATION OF MIDDLE EUROPEAN PROJECT SEMINAR (MEPS)

#### *Cooperating universities*

The Department of Transportation Systems cooperates also with „Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Highway and Railway Engineering (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Út és Vasútépítési Tanszék) and Vienna University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Transportation (Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen, Institut für Verkehrswissenschaften)“ on organising of Middle European Project Seminar (MEPS) for students. The target of this students' seminar is to solve chosen transport problems in one of the cities in the



Czech Republic, Hungary or Austria. The students are focusing on questions of pedestrian and cyclists' safety on the crossings, separate ways for pedestrians and cyclists, finding new solutions of intersections and the city main streets, improving the public city transport by changing or setting new lanes. To work on all these topics, the students need to get basic raw data. These data students get mainly from traffic surveys, whose are parts of each topic.

*Choice of suitable seminar's topics*

But the MEPS itself is just the final step of the whole process of preparing the seminar. To organize this seminar, the leaders of the universities and the chosen city usually has to start much earlier with the preparations. The representatives of the city, where MEPS takes place, have to set topics to be solved during the seminar. All this has to be done with cooperation of the city, participating universities, transport specialists and organisations focusing on regulation and planning of traffic in the chosen area. All topics together are set to cover the whole topic area, so never could happen, that the topics would be focused only on intersections or public transport. Beside that the students are asked to find a completely new solutions or solutions that are low cost and effective. The places, where new solutions are needed are mostly connected to intersections, crossings for pedestrians, the organisation of streets and also bus stations. With these topics there are never forgotten questions related to car safety and safety in total view.

Usually are the topics of the seminar one week before the beginning, so the students can think about the topics and ideas in advance.

At the beginning of each seminar, which takes usually 1 week, get the students information about the transport status of the city. With this information get the student a deeper view of the history of the city, its evolution and characteristics. By this occasion are introduced not only the official representatives of the city, but also all teachers from the universities and experts from different companies, that focus on the problematic of transport. Students are assigned into 5 to 7 groups and the task is to solve the given problem.

*International character of seminar*

It is important to keep the character of an international seminar. This is achieved by good splitting of students to the groups. In each group there should be at least one student from Prague, one from Vienna and from Budapest. Only this way can allow the students to learn new ways of planning and cooperating with other students in the group. It is also very important, that the students can get information about different technical parameters used in different countries. And this does not cover only city transport planning. This experience is then very important for the future cooperation; not only during the seminar, but this experience can the students use in their bachelor or master thesis or even later, when they leave the university. The official language of the seminar is English, but many students use German language as well, because this seminar is a perfect opportunity to use both languages. Beside that the student can learn basics of each language.



**Figure 1 - Student of CTU in Prague Faculty of Transportation Sciences during final presentation of her results of MEPS 2011 in Náchod**

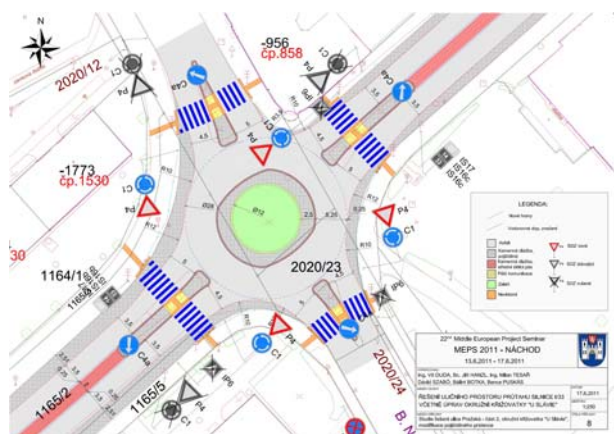
**EXAMPLES OF TASKS AND PRINCIPLES OF FINAL PRESENTATIONS**

A very important part of these seminars are the final presentations of each groups' work. The presentation is always an opportunity to practice student's skills (fig. 1.). By these seminars the presentation means not only evaluation of the work, but also offers a chance to present ideas to the city representatives. The presentation is taken in English language. The audience is mostly created by city representatives and public, that is interested in new solutions (fig. 2.).

Each presentation starts with a short introduction of the current state of the solved area. Usually there are used photos or videos taken at the area. Each task is solved on high level and there are used all data that students got from the city and also got during the week from their own surveys. All graphical conclusions are created in AutoCAD (fig. 3.). In the past years we can see the progress in using modern technologies. This can be seen especially by the graphical outputs, where the students started to use programs for creating 3D models. The whole presentation including the graphical outputs is given to the city representatives (fig. 2.). In the last 2 years we can see a big progress in using modern technologies by evaluating the surveys and designing the new solutions of given area. Mostly are used 3D technologies to show the results, how they would look like in a real place. Beside the presentation there is created a small exhibition with photos and graphical outputs (fig.4.). After the presentations can students discuss the tasks with city representatives and with each other. The results of this seminar are more and more popular within the city that organizes the seminar. Most of the cities are very satisfied with the level of solutions given to them.



**Figure 2 - Final presentation of MEPS 2011 in Náchod (Vice-Dean for Education of CTU FTS Assoc. Prof. Jiří Čarský MSc, President of the Region Hradec Králové Lubomír Franc BSc. and Mayor of Náchod Mr. Jan Birke**



**Figure 3 - Example of results of seminar MEPS (Task Nr. 4, Náchod, 2011)**



**Figure 4 - Students of CTU in Prague Faculty of Transportation Sciences after final presentation of their results of MEPS 2011 in Náchod**

As one of good examples we can mention MEPS in Náchod in the Czech Republic, which took place in 2011. The student got six very interesting tasks including city navigation, 3 intersections, finding new solution to low the traffic in the city, regulation of parking cars in the centre etc. The students made a survey focused on vehicle movements within the city. With these data they worked during the whole week. During the week there is usually one afternoon off and the city prepares a program for the students. The solutions given by the students were so good, that many of them have been already implemented and work in the city. Because of that, the tasks were given as follows:

- Task Nr. 1: The conception of the bus station area
- Task Nr. 2: The solution of parking in the centre of the town
- Task Nr. 3: Redesign of roundabouts „U Itálie“ and „U Čedoku“
- Task Nr. 4: New design of through road I/33 including roundabout „U Slávie“

Task Nr. 5: The organization and regulation of the part of city centre

Task Nr. 6: Design of new city information system

**XXIV. seminar MEPS in Feldkirch (Austria, 2013)**

The Czech Technical University in Prague, the Faculty of Transportation Sciences takes part in this seminar since 1998, when it was overtaken from the Faculty of Civil Engineering. This year could students take part in the 24<sup>th</sup> MEPS, which took place in Austrian city Feldkirch.

The first evening was very informal and the students could get known each other. The team from the Czech Republic was for the first time the same as year before. Because of that they could bring the experience from previous seminars.

On the first day morning there was an official introduction of the city representatives and the city its traffic problems were introduced. Very interesting was part about the new plan to build a city tunnel system that should take most of the traffic volume under the city. The goal of the city was to calm the traffic (mainly in the city centre) and make the city centre more interesting for pedestrians and cyclist.



*Figure 5 - Results introduced during final presentation by Czech students (Task Nr. 2, Feldkirch, 2013)*

Usually there were no problems to split to groups. The first day is taken to see the solved area and to decide the way of solving the task. The students have also opportunity to visit the city and get information about its history. This year was very special, because not all groups shared the same ideas. The Czech student proposed solutions based on given data from the city (fig. 5.), students from Hungary helped with their excellent skills in using 3D programs and Austrian students helped with creation of the final presentations and brought also many great ideas. The groups used in their work many modern elements focused on road, pedestrian and cyclist safety and showed what they are mainly focusing. Most of the groups used elements of shared space, which is mostly used in the Netherlands. On the other hand, not all groups shared same ideas of using traffic calming elements based on traffic data. The biggest idea split could be seen in group Nr. 2, where the group split already in the first day of seminar and at the end were presented 2 completely different solutions, where one was based on real data taken during the week and the other one was focusing only on pedestrians and cyclists safety, because it was calculated with idea, that the city tunnel system lowers the volume to minimum (unfortunately, the city itself didn't calculated with so optimistic traffic calming by building the city tunnel system). Even despite the group split, both solutions gave an original view on the problematic with traffic in the city.

The goal of the seminar is to get a valuable experience of different views for the problematic of traffic in the city, to bring the students together and to offer the city solutions that the city will be able to implement as it was done in Náchod after MEPS 2011.



## HISTORY AND TRADITION OF THE SEMINAR MEPS

The Middle European Project Seminar has taken place in these cities since 1990 (from 1998 overtaken by Faculty of Transportation Sciences – please see figure 6):

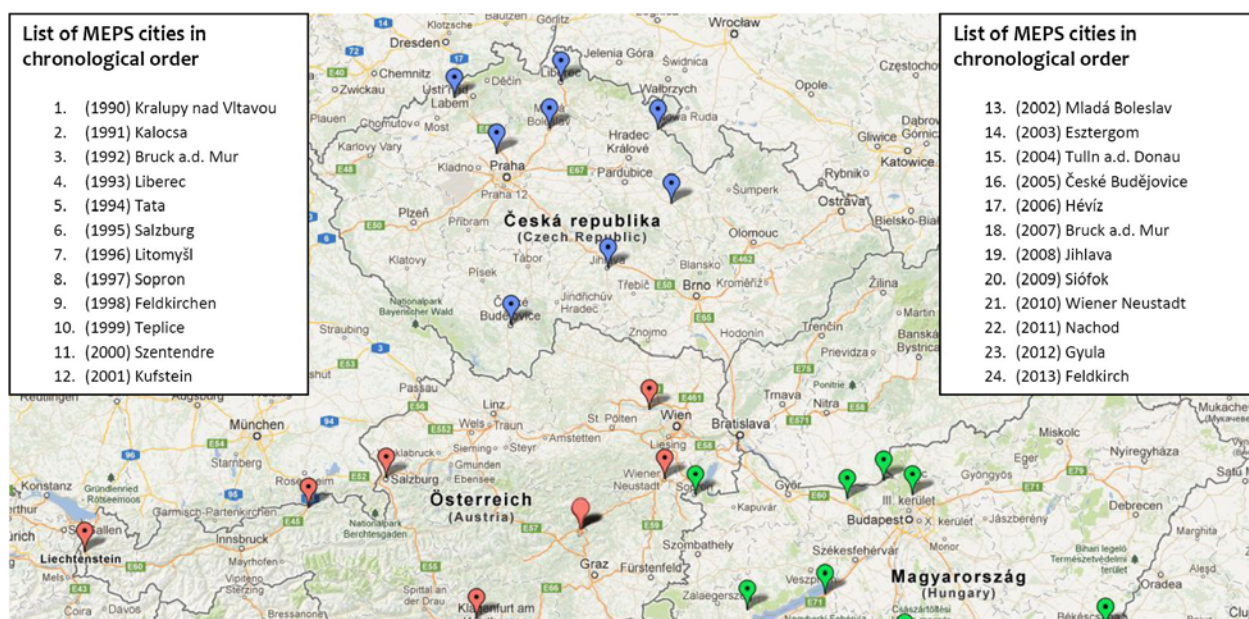


Figure 6 - Maps with all places in the Czech Republic, Hungary and Austria, where the seminar MEPS has taken place

- |  |  |
|--|--|
| 1990 - Kralupy nad Vltavou (Czechoslovakia)    | 2003 - Esztergom (Hungary)                   |
| 1991 - Kalocsa (Hungary)                       | 2004 - Tulln an der Donau (Austria)          |
| 1992 - Bruck an der Mur + Kapfenberg (Austria) | 2005 - České Budějovice (the Czech Republic) |
| 1993 - Liberec (the Czech Republic)            | 2006 - Hévíz (Hungary)                       |
| 1994 - Tata + Oroszlány (Hungary)              | 2007 - Bruck an der Mur (Austria)            |
| 1995 - Salzburg (Austria)                      | 2008 - Jihlava (the Czech Republic)          |
| 1996 - Litomyšl (the Czech Republic)           | 2009 - Siófok (Hungary)                      |
| 1997 - Sopron (Hungary)                        | 2010 - Wiener Neustadt (Austria)             |
| 1998 - Feldkirchen in Kärnten (Austria)        | 2011 - Náchod (the Czech Republic)           |
| 1999 - Teplice (the Czech Republic)            | 2012 - Gyula (Hungary)                       |
| 2000 - Szentendre (Hungary)                    | 2013 - Feldkirch (Austria)                   |
| 2001 - Kufstein (Austria)                      |  |
| 2002 - Mladá Boleslav (the Czech Republic)     |  |

In year 2014 takes MEPS place in the Czech Republic again and at this time is the Faculty of Transportation Sciences looking for city, that is interested in organisation the MEPS 2014.

### Джордж Царски

Чешский Технический Университет  
Адрес: Чешская Республика, Прага 2, Горный 3, 128 00  
Факультет Транспорта, отделение транспортных систем  
E-mail: carsky@fd.cvut.cz

### Яна Илья

Чешский Технический Университет  
Адрес: Чешская Республика, Прага 2, Горный 3, 128 00  
Факультет Транспорта, отделение транспортных систем  
E-mail: xjljirku@fd.cvut.cz

**Джозеф Кочурек**

Чешский Технический Университет

Адрес: Чешская Республика, Прага 2, Горный 3, 128 00

Факультет Транспорта, отделение транспортных систем

E-mail: kocourek@fd.cvut.cz

---

G. ROYALLY, J. ILE, J. KOCOUREK

## INTERNATIONAL STUDENT'S TRAFFIC ENGINEERING PROJECT SEMINAR MEPS

*At the Czech Technical University in Prague Faculty of Transportation Sciences there takes place the project orientated teaching since academic year 1995 – 1996 such as new form of finishing the master study programme. On initiative of tutors from the Institute of Transport Planning & Traffic Engineering, lead by experienced professor Knoflacher, is annually organized international MEPS – Middle European Project Seminar for students from the Czech Technical University in Prague, Vienna University of Technology and Budapest University of Technology and Economics. Representatives of town from giving country in co-operation with traffic experts and companies prepare various tasks for students, referring to general traffic solution of town, traffic safety or solutions of some places such as cross-roads, crossings, ... etc. The students, working divided to the groups, put together from all three nations, can train and improve their knowledge of foreign language and get experience in various methods of work used abroad. The most important part of these seminars is presentation for representatives of town's municipality, experts and also press and regional television, where every student group exhibits graphic results of their work and defends their new proposal of solution of assigned task. After experience with seminars passed during several last years, the main goal is to prepare and to realize next MEPS (Middle European Project Seminar), organized by the Czech Technical University in Prague Faculty of Transportation Sciences in selected town in Czech Republic in 2014, and that to verify possibilities of common work of groups, put together from undergraduates of all participated universities, on particular practical problems.*

**Keywords:** traffic engineering, project, seminar, student, education, planning

### **George Royally**

Czech Technical University

Address: Czech Republic, Prague 2, Mountain 3, 128 00

Faculty of Transport, Department of Transport Systems

E-mail: carsky@fd.cvut.cz

### **Jana Ile**

Czech Technical University

Address: Czech Republic, Prague 2, Mountain 3, 128 00

Faculty of Transport, Department of Transport Systems

E-mail: xjljirku@fd.cvut.cz

### **Joseph Kocourek**

Czech Technical University

Address: Czech Republic, Prague 2, Mountain 3, 128 00

Faculty of Transport, Department of Transport Systems

E-mail: kocourek@fd.cvut.cz

УДК 378.147

Г. В. БУКАЛОВА

## НОРМИРОВАНИЕ МОРАЛЬНО-ЭТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ КОМПЕТЕНТНОСТИ ВЫПУСКНИКА ВУЗА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

*Представлены элементы структурно-методологического анализа факторов производственной среды, служащие основанием для выявления содержания компетенций выпускника вуза технического профиля.*

**Ключевые слова:** образовательное нормирование, компетенции выпускника вуза, личностные качества работника, принципы инженерной этики.

В сфере компетентностно-ориентированного профессионального образования технического профиля все яснее проявляется проникновение культуры образовательного нормирования в современную академическую реальность. В настоящее время образовательное нормирование является педагогическим новшеством. При этом становится особо важной методологическая готовность преподавателей-практиков к участию в инновационной деятельности: разработке содержания образовательных нормативов (компетенций выпускника вуза), отражающих вузовский компонент ФГОС ВПО, и ответственной реализации их в образовательном процессе [1].

Методологический аппарат образовательного нормирования в сфере инженерного образования автотранспортного профиля обуславливается сущностными характеристиками соответствующей производственной деятельности. Человек в любой производственной системе является управляющим звеном, на котором центрируются организационные структуры и все процессы деятельности [2]. В соответствии с этим в ходе образовательного нормирования в основу анализа профильной профессиональной деятельности целесообразно полагать не только особую форму организации трудовой деятельности - производственную систему, но и качества ее субъекта - исполнителя трудовой функции. Коммуникационные связи как основа функционирования производственной системы автотранспортного комплекса обуславливают необходимость нормирования компетенций этического характера, определяющих продуктивность отношений между участниками производственного процесса. Таким образом, эффективность современного производства технического профиля обуславливается не только уровнем профессиональных знаний и навыков персонала, но и нравственными качествами работников.

Особенность труда в сфере автотранспортного производства состоит в том, что зачастую предполагает действие совокупности моральных норм, среди которых не все могут фиксироваться административно или юридически. Кроме этого специфика труда современного производства этого профиля состоит в высокой взаимозависимости исполнителей производственного процесса, что затрудняет контроль вклада отдельного работника в качество конечного результата труда. При этом единственно возможным средством контроля становится профессиональная мораль, определяющая нравственные качества работника [3]. Это актуализирует представленность требований профессиональной этики в структуре совокупной нормы результата инженерного образования и указывает на необходимость введения в состав совокупной образовательной нормы образовательных нормативов (компетенций выпускника вуза), отражающих требования профессиональной этики.

Образовательное нормирование связано с выявлением содержания компетенций выпускника вуза, отражающих готовность к решению этических проблем в ходе будущей профессиональной деятельности. Применительно к сфере автотранспортного производства в



качестве этических проблем актуальны проблемы несения, распределения и возложения ответственности. Также характерно влияние результатов производственной деятельности на большое количество людей. При этом высока вероятность возникновения катастрофических побочных последствий из-за непредвиденных неблагоприятных факторов, беспечности или небрежности исполнителей. В соответствии с этим совокупная образовательная норма результата профессиональной подготовки должна отражать готовность выпускника вуза сознательно идентифицировать ответственность за результат своей будущей производственной деятельности и признавать необходимость этой ответственности. Для сферы автотранспортного производства свойственно немалое разнообразие видов ответственности, обуславливаемых производственными и договорными отношениями. В прямом смысле эти виды ответственности не относятся к моральной ответственности. Известный исследователь профессиональной этики Г. Ленк назвал их этически нейтральными или «внеморальными». Однако указанный «внеморальный» долг представляется как вид нормативной ответственности, имеющей статус обязательной к исполнению. Особенность автотранспортного производства состоит в возможном возникновении конфликта между «внеморальной» ответственностью и собственно моральной. Автотранспортная деятельность, как любая производственная деятельность является ценностно-ориентированной деятельностью. Основные ценности технической сферы производства – это реализуемость, функциональность, прибыльность и эффективность [4]. Следовательно, служебный долг любого работника предприятия, в том числе и выпускника состоит в реализации этих ценностей. В качестве ценности очевидно и благополучие людей, на которых распространяется влияние результатов деятельности данного автотранспортного или автообслуживающего предприятия. В реальных производственных условиях могут возникнуть ситуации, порождающие конфликт этих двух видов ценностей и, как следствие – конфликт морального и «внеморального» долга. Для выпускника вуза (молодого специалиста) конфликтная ситуация может усиливаться его зависимым положением от руководителя производственного подразделения, принимающего неэтическое управленческое решение. В виду этого необходимым представляется введение в образовательную норму компетенций, формирование которых может обеспечить готовность выпускника ставить моральную ответственность, связанную с сохранением здоровья, жизни людей, выше ответственности договорной даже в случае, если это повлечет снижение экономических показателей производственной деятельности.

Своеобразие автообслуживающего производства порождает также этическую проблему, связанную с распределением ответственности между исполнителями производственной деятельности. Реализация современных производственных процессов на современных СТОА осуществляется, как правило, группами работников. При этом работник, определяющий содержание деятельности, и ее исполнитель зачастую не одно и то же должностное лицо. В силу этого персональная производственная деятельность работника может быть не выявленной в совокупной деятельности рабочей группы. Таким образом, возникает угроза исчезновения персональной ответственности работника. Указанная особенность организации автообслуживающего производства обуславливает возникновение двух этических проблем. Во-первых – это проблема распределения моральной ответственности за результат деятельности внутри рабочей группы. Во-вторых – моральная ответственность работников различных производственных подразделений предприятия, деятельность которых осуществляется на основе взаимосвязанных производственных процессов. Сами же работники взаимодействующих подразделений при этом не находятся в прямом взаимодействии. Следовательно, выпускники вуза должны владеть пониманием будущей причастности к исполнению морального долга, выражаемого внешней, совокупной корпоративной ответственностью предприятия – будущего места своей производственной деятельности. В виду этого формирование компетенций этического содержания не может быть ориентировано только на долг индивидуальный без учета социального аспекта профильной производственной деятельности.

В профессиональном сообществе автотранспортной сферы производства сформированы устойчивые требования к производственной деятельности и профессиональному поведению инженерно-технических работников. Требования инженерной этики во многом обуславливаются сложностью и многоаспектностью деятельности этого профиля. Соответствие профессиональной компетентности выпускника вуза социальным ожиданиям профильного производства предполагает сформированность его этической сферы на основе следующего ориентировочного состава принципов инженерной этики [2, 4, 6 ]:

- максимальная и ответственная реализация личной профессиональной компетентности в производственной деятельности;
- выполнение работ в необходимом объеме в обусловленные сроки;
- принятие на себя обязательства добросовестного выполнения работ в соответствии с профессиональной компетентностью при доведении до потребителей (клиентов) сведений о том, что в результате многофакторности производственных процессов автообслуживающего профиля профессиональная компетентность работника не может носить всеобъемлющий характер. В связи, с чем не возможна гарантия абсолютного совершенства результата выполненной работы;
- осознание потенциальной опасности процесса производственной деятельности и его результата для благополучия людей и окружающей среды, а также влияния на экономическое положение клиентов;
- обязательное соблюдение требований действующего законодательства; нормативных документов, регламентирующих показатели конкретных видов производственной деятельности;
- отказ от выполнения работ, потенциально опасных для благополучия людей и окружающей среды; в случае оказания давления в отношении продолжения работ – представление публичного заявления руководству предприятия о существующих угрозах благополучию; прекращение производственных функций в случае значительного снижения физической трудоспособности исполнителя ответственных работ;
- ответственность перед работодателем за выполнение обязательств (при отсутствии угроз со стороны производственного процесса благополучию людей и окружающей среды);
- обеспечение рационального и эффективного выполнения работ;
- поддержание социальной значимости профессиональной деятельности в результате недопущения невыполнения обязательств перед клиентами;
- формирование условий для эффективной производственной деятельности в результате поддержания положительного морально-психологического климата в производственном коллективе; воздержание от необоснованно широкого доверия к взаимосвязанной производственной деятельности коллег-партнеров, а также необоснованной их критики;
- признание наличия рациональной основы любого явления технической сферы;
- всесторонняя и добросовестная доказательность обсуждаемых положений производственных проблем; при отсутствии исчерпывающих доказательств – необходимость признания представленного положения в качестве гипотезы;
- выполнение общепринятых правил деловых отношений на производстве.

Выше изложенное прямо указывает на необходимость включения в состав образовательных нормативов (общекультурных компетенций выпускника вуза) готовность к исполнению требований морального профессионального долга. Данное положение также подтверждается очевидностью тезиса о том, что никого нельзя признать морально ответственным за то, о чем он не имел представления, чего он не знал [5]. В связи с этим очевидна необходимость нормативного формирования превентивно ориентированной моральной ответственности будущих исполнителей производственной деятельности автотранспортного комплекса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сазонова, З. С. Информационно-образовательное пространство новой педагогики [Текст] / З. С. Сазонова, Е. В. Матвеева // Высшее образование в России. – 2011. - №2. – С. 103-108.
2. Букалова, Г. В. Формирование компетентности специалиста в свете философской рефлексии и синергетического подхода [Текст] / Г. В. Букалова // Образование и общество. – 2008. - №4 (51). – С. 51 – 56.
3. Ленк, Г. Проблемы ответственности в этике экономики и технологии [Текст] / Г. Ленк // Вопросы философии. – 1998. - № 11. - С. 30-42.
4. Никитаев, В. М. Инженерное мышление и инженерное знание (логико-методологический анализ) [Текст] / В. М. Никитаев // Философия науки. – Вып.3 Проблемы анализа знания; отв. ред. М.А. Розов. – М.:РАН, институт философии. - 1997.
5. Громкова, М. Т. Педагогика высшей школы [Текст]: учеб. пособие для студентов пед. вузов / М. Т. Громкова. – М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2012.
6. Хелл, Л. Теория личности: основные положения, исследования и применение [Текст] / Л. Хелл, Д. Зиглер. – СПб.: Питер, 2008.
7. Букалова, Г. В. Методические компоненты нормирования результата инженерного образования [Текст] / Г. В. Букалова // Мир транспорта и технологических машин.- 2013.- №1(40).- С.109-113.

**Букалова Галина Васильевна**

ФГБОУ ВПО «Государственный университет УНПК»

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

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

E-mail: srmostu@mail.ru

---

G. V. BUKALOVA

### RATIONING MORAL AND ETHICAL SERVICES GRADUATE OF THE UNIVERSITY OF TECHNICAL COMPETENCE PROFILE

*Have elements of structural and methodological analysis of the factors of production, working environment, which are the basis for identifying the content of competences graduates of high school nickname technical profile.*

**Keywords:** *educational rationing kompetentntsii graduate high school, and personal qualities of the employee, the principles of engineering ethics.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Sazonova, Z. S. Informatsionno-obrazovatel'noe prostranstvo novoy pedagogiki [Tekst] / Z. S. Sazonova, E.V. Matveeva // Vysshee obrazovanie v Rossii. - 2011. - №2. - S. 103-108.
2. Bukalova, G. V. Formirovanie kompetentnosti spetsialista v svete filosofskoy refleksii i sinergeticheskogo podkhoda [Tekst] / G. V. Bukalova // Obrazovanie i obshchestvo. - 2008. - №4 (51). - S. 51 - 56.
3. Lenk, G. Problemy otvetstvennosti v etike ekonomiki i tekhnologii [Tekst] / G. Lenk // Voprosy filosofii. - 1998. - № 11. - S. 30-42.
4. Nikitaev, V. M. Inzhenernoe myshlenie i inzhenernoe znanie (logiko-metodologicheskii analiz) [Tekst] / V. M. Nikitaev // Filosofiya nauki. - Vyp.3 Problemy analiza znaniya; otv. red. M.A. Rozov. - M.:RAN, institut filosofii. - 1997.
5. Gromkova, M. T. Pedagogika vysshey shkoly: ucheb. posobie dlya studentov ped. vuzov [Tekst] / M. T. Gromkova. - M.:YUNITI-DANA, 2012.
6. H`ell, L. Teoriya lichnosti: osnovnye polozheniya, issledovaniya i primenenie [Tekst] / L. H`ell, D. Zigler. - SPb.: Piter, 2008.
7. Bukalova, G. V. Metodicheskie komponenty normirovaniya rezul'tata inzhenernogo obrazovaniya [Tekst] / G. V. Bukalova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.- 2013.- №1(40).- S.109-113.

**Bukalova Galina Vasilievna**

FGBOU VPO "State University-ESPC"

Address: 302030, Russia, g. Orel, Street. Moscow, 77

Candidate. ped. , assistant professor of "Service and repair of machinery"

E-mail: srmostu@mail.ru

УДК 004.023

И. Ф. СУЛЕЙМАНОВ, Г. В. МАВРИН, В. Г. МАВРИН,  
Э. И. БЕЛЯЕВ, Р. Г. ХАБИБУЛЛИН, И. В. МАКАРОВА

## **НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

*В рамках настоящей работы проведены натурные обследования состава и интенсивности автотранспортных потоков, определены автодороги с наибольшей транспортной нагрузкой. На основании инструментальных методов проведены замеры качества атмосферного воздуха вблизи автомагистралей, предложены мероприятия по оптимизации транспортных потоков и снижения негативного воздействия.*

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, автотранспорт, интенсивность, предельно-допустимая концентрация, автомагистрали.

Транспортные средства относятся к наиболее мощным источникам поступления большего количества вредных соединений. В их составе найдено свыше 300 компонентов, среди которых имеются и канцерогенные вещества [1,2]. Вклад транспорта в общее загрязнение окружающей среды в СССР оценивался на уровне 25%. В настоящее время в России существует широкий диапазон оценок загрязнения транспортом атмосферы – от 25% до 80%. Нижняя граница характерна для ее общего баланса, верхняя – для крупнейших административных центров или для территорий с практическим отсутствием промышленных предприятий. По экспертным оценкам, более чем в 150 городах России именно автотранспорт оказывает преобладающее влияние на загрязнение воздушного бассейна [3,4]. Одним из факторов ухудшения транспортной ситуации в городах является сложившиеся диспропорция между темпами развития улично-дорожной сети и темпами роста количества автотранспорта, которая приводит к ухудшению условий движения, заторам, росту задержек, увеличению расхода топлива. Для крупных и средних городов данная ситуация становится типичной [5].

Ситуация, связанная с загрязнением воздушного бассейна городов выбросами автотранспорта усугубляется условиями аэрации населенных мест, которые определяют процесс рассеивания примесей. Он существенно отличается от рассеивания выбросов стационарных источников. Автотранспортная эмиссия вредных веществ в нижний слой атмосферы определяет высокий уровень их приземных концентраций. Их максимальное содержание фиксируется на высоте 50-150 см от земной поверхности, т.е. находится в зоне дыхания человека. Уровень концентрации оксидов азота, углерода и других вредных ингредиентов на улицах российских городов в 10-20 раз превышает ПДК [6,7,8,9]. Низкая интенсивность процессов самоочищения атмосферы в приземном слое приводит к сорбции продуктов сгорания на поверхности почвы, снеговым покровом и растениями на примыкающих к автодорогам территориях. Тяжелые металлы, оседая преимущественно вдоль магистралей, создают «мертвые зоны», ширина которых достигает 120 м по обе стороны трассы, а при интенсивности движения (свыше 10 тысяч автомобилей в сутки) – до 400 м [10].

Город Набережные Челны, где проживает более полумиллиона человек, является крупнейшим муниципальным образованием Закамского региона Республики Татарстан. Город характеризуется высоким уровнем развития транспортных сетей и промышленности. По итогам 2012 года автопарк города составляет 155264 ед. автотранспортных средств. Как

видно из графика на рисунок 1 прирост парка по сравнению с 2005 годом прирост составил 47%.

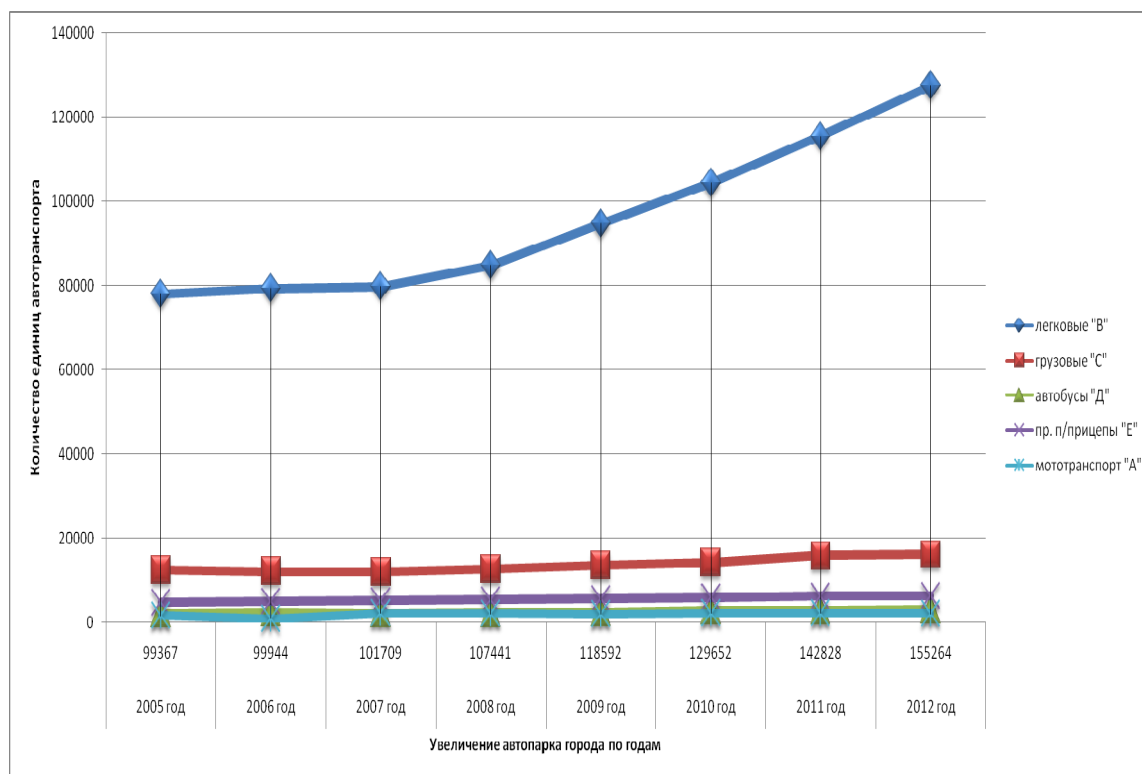


Рисунок 1 – График изменения автопарка города Набережные Челны в 2005-2012 гг

Для оценки загрязненности атмосферного воздуха города Набережные Челны и определения мест наибольшей концентрации загрязняющих веществ были проведены расчеты выбросов автотранспорта на основе известных методик [9,10,11]. Для этого производился расчет интенсивности движения в течение года на основе натурных обследований структуры на магистралях г. Набережные Челны.

Проведено обследование характеристик движущегося автотранспортного потока на 43 автомагистралях, составлено 154 протокола обследования состава и интенсивности движущегося автотранспортного потока автомагистралей для каждого участка транспортной магистрали [6, 7, 8].

Анализ данных протоколов обследования состава и интенсивности автотранспортных потоков на основных автомагистралях г. Набережные Челны показал, что на городских автомагистралях, расположенных в селитебной зоне города, основной вклад в суммарную интенсивность движения вносят легковые автомобили (85-95%), вклад грузового транспорта не превышает 3-4 %.

Для промышленной зоны, дорог федерального и республиканского значения вклад грузового транспорта в суммарную интенсивность движения может составлять 10-20 %, что связано с назначением данных объектов. Соответственно, вклад легкового транспорта в суммарную интенсивность движения составляет 60-80%.

Анализ результатов натурных обследований структуры и интенсивности движущегося автотранспортного потока г. Набережные Челны показал, что для автомагистралей города характерна различная загрузка, то есть наибольшая интенсивность движения на различных автомагистралях наблюдается в разное время суток.

Для промзоны наибольший автотранспортный поток наблюдался с 6:30 до 8:00 часов и с 16:30 до 18:00, соответственно, перед началом работы предприятий и после окончания



рабочего дня, в остальное время загрузка автомагистралей незначительна. Для автодорог, ведущих в промзону, (Вахитовский проспект, Автозаводской проспект, проспект Дружбы народов, ул. Королева) максимальный поток наблюдается также в это же время.

На основе изучения схемы улично-дорожной сети г. Набережные Челны, а также информации о транспортной нагрузке автомобильных дорог, анализа назначения дорог выбрано 5 участков для проведения инструментальных измерений загрязнения атмосферного воздуха в пределах санитарного разрыва автодорог. Перечень дорог включает:

- 1) Орловское кольцо (часть федеральной трассы М-7, точка №1).
- 2) Проспект Набережночелнинский (до пересечения с улицей Академика Королева, точка №2).
- 3) Проспект Мира (до пересечения с проспектом Вахитова, точка №3).
- 4) Улица Аделя Кутуя (микрорайон Яшьлек, точка №4).
- 5) Набережная Г. Тукая (напротив дома 10/64, точка №5).



Рисунок 2 – План-схема расположения точек контроля атмосферного воздуха в пределах санитарного разрыва автодорог г. Набережные Челны

Пробы атмосферного воздуха отбирались в непосредственной близости от автодорог преимущественно с подветренной стороны в утренние и вечерние часы «пик», на Орловском кольце – в обеденное время.

В каждой точке отбиралось как минимум 2 параллельные пробы, таким образом, всего в процессе отбора отобрано 600 проб, для анализа ЗВ на ионном хроматографе и фотометре приготовлено 600 исходных рабочих растворов и 300 холостых растворов, при анализе проб на содержание оксида углерода получено и обработано более 300 хроматограмм.

Случаев превышения ПДКм.р. в атмосферном воздухе по исследованным соединениям установлено не было. По диоксиду азота среднее значение коэффициента концентрации по ПДКм.р. для Орловского составило 0,36, максимальное значение – 0,68, минимальное значение – 0,19; для Набережночелнинского проспекта – среднее – 0,19; максимальное – 0,39, минимальное – 0,11; для проспекта Мира – 0,15, 0,23, 0,09; для ул. Аделя Кутуя – 0,10, 0,14, 0,06; для Набережной Г. Тукая – 0,09, 0,18, 0,07; по оксиду азота для Орловского кольца



– 0,03, 0,05, 0,02; по аммиаку для Орловского кольца – 0,20, 0,36, 0,08; для Набережночелнинского проспекта – 0,11, 0,30, 0,06; для проспекта Мира – 0,11, 0,18, 0,06; для ул. Аделя Кутуя – 0,11, 0,19, 0,06; для Набережной Г. Тукая – 0,07, 0,16, 0,04; по взвешенным веществам для Орловского кольца – 0,28, 0,65, 0,11; для Набережночелнинского проспекта – 0,17, 0,29, 0,06; для проспекта Мира – 0,16, 0,34, 0,08; для ул. Аделя Кутуя – 0,12, 0,31, 0,04; для Набережной Г. Тукая – 0,12, 0,49, 0,04; по диоксиду серы для Орловского кольца – 0,04, 0,07, 0,02; по оксиду углерода для Орловского кольца – 0,33, 0,71, 0,14; для Набережночелнинского проспекта – 0,12, 0,26, 0,08; для проспекта Мира – 0,11, 0,16, 0,07; для ул. Аделя Кутуя – 0,04, 0,07, 0,03; для Набережной Г. Тукая – 0,04, 0,06, 0,02.

По результатам инструментальных замеров прослеживаются следующие элементы, составляющих значимую зависимость данных:

1. Интенсивность движения – содержание загрязняющего вещества (рис. 3);
2. Температура атмосферного воздуха – содержание загрязняющего вещества (рис. 4);
3. Скорость ветра – содержание загрязняющего вещества (рис. 5).

Нужно отметить, что полученные зависимости содержания ЗВ с коэффициентом корреляции более 0,8 получены для значений с коэффициентом концентрации более 0,3, наблюдаются для оксидов азота, серы и углерода и зависят от интенсивности движения автотранспорта и температуры воздуха. Вдобавок при наличии в выборке систематических высоких значений С/ПДК<sub>м.р.</sub> имеется существенная зависимость между скоростью ветра и содержанием оксидов азота и углерода.

Систематизировать результаты инструментальных замеров с учетом направления ветра в условиях городской застройки не представилось возможным, в связи с переменностью его направлений.

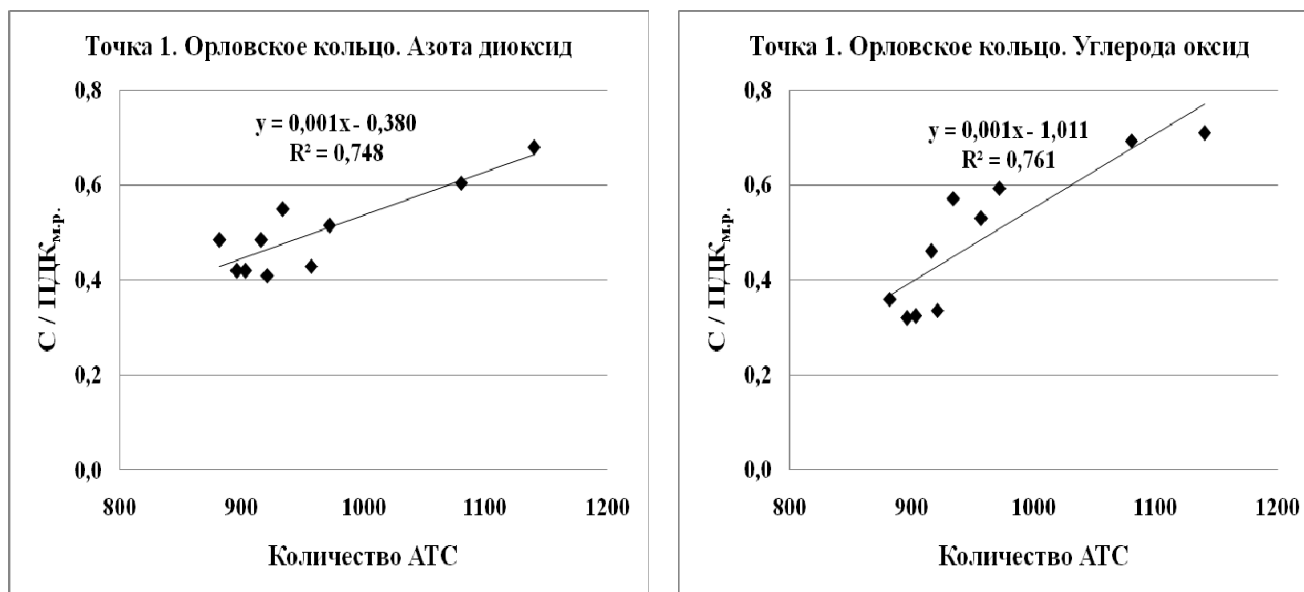


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента концентрации от интенсивности движения.

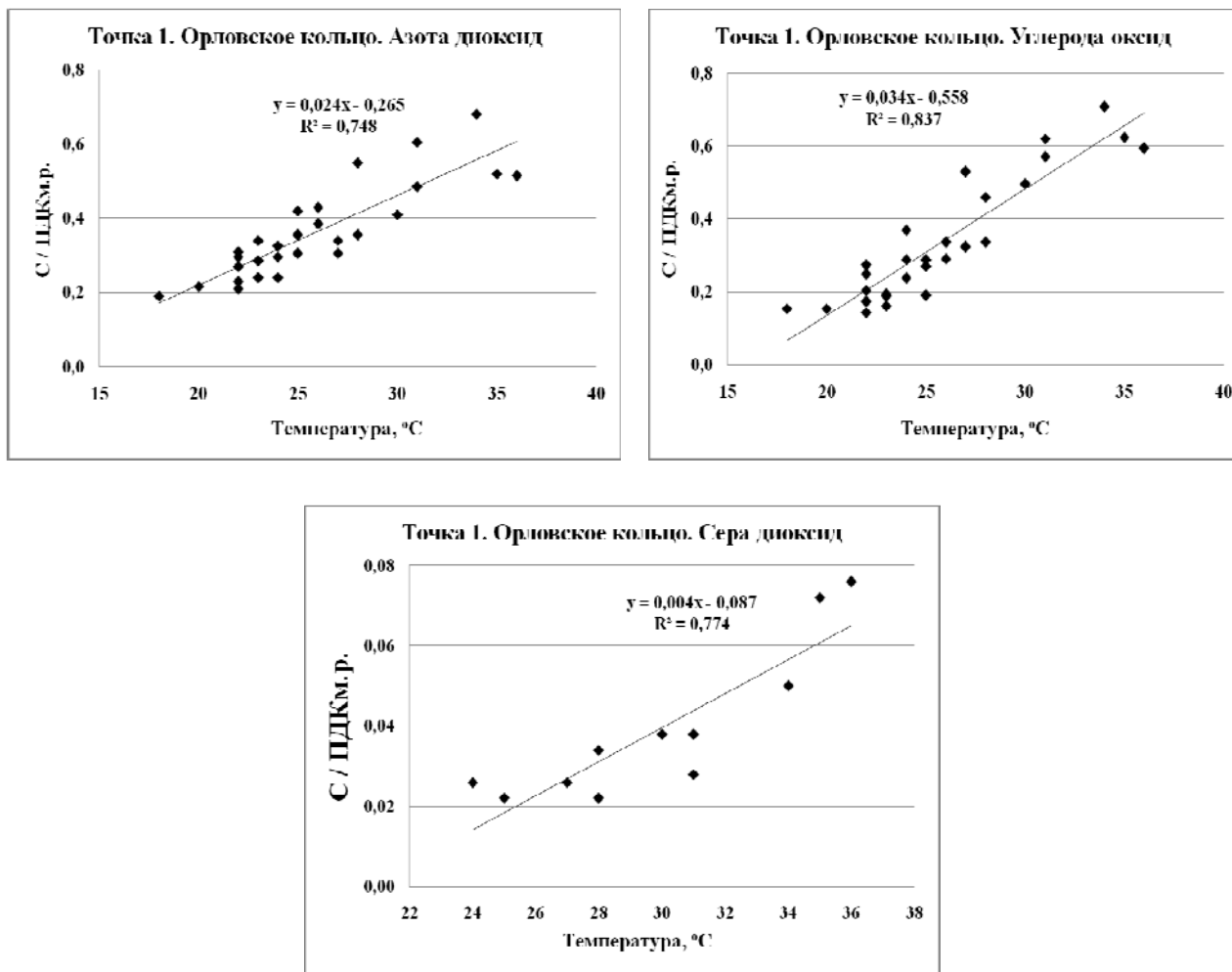


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента концентрации от температуры воздуха

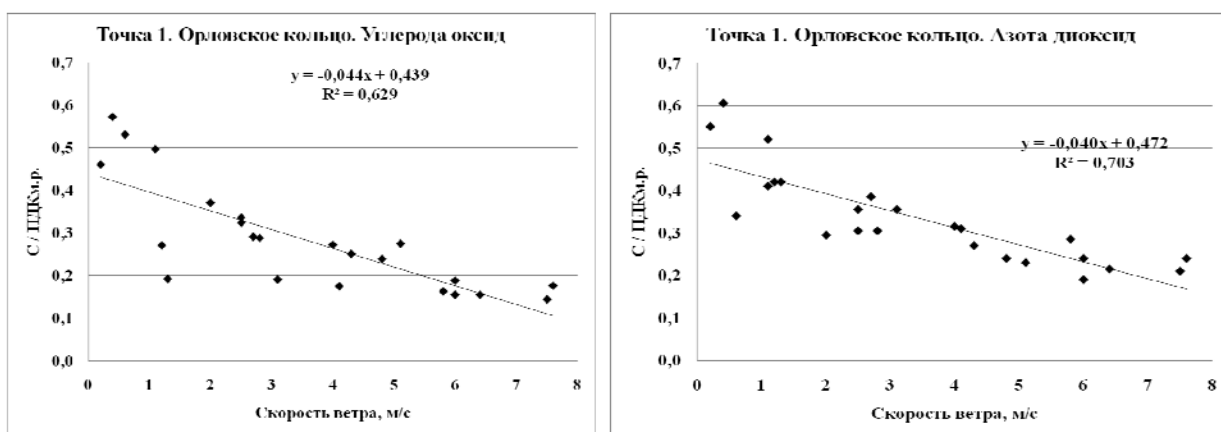


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента концентрации от скорости ветра

Также в рамках работы проведено сравнение максимальных расчетных и измеренных концентраций в долях ПДКм.р. Графически результаты приведены на рисунке 6.

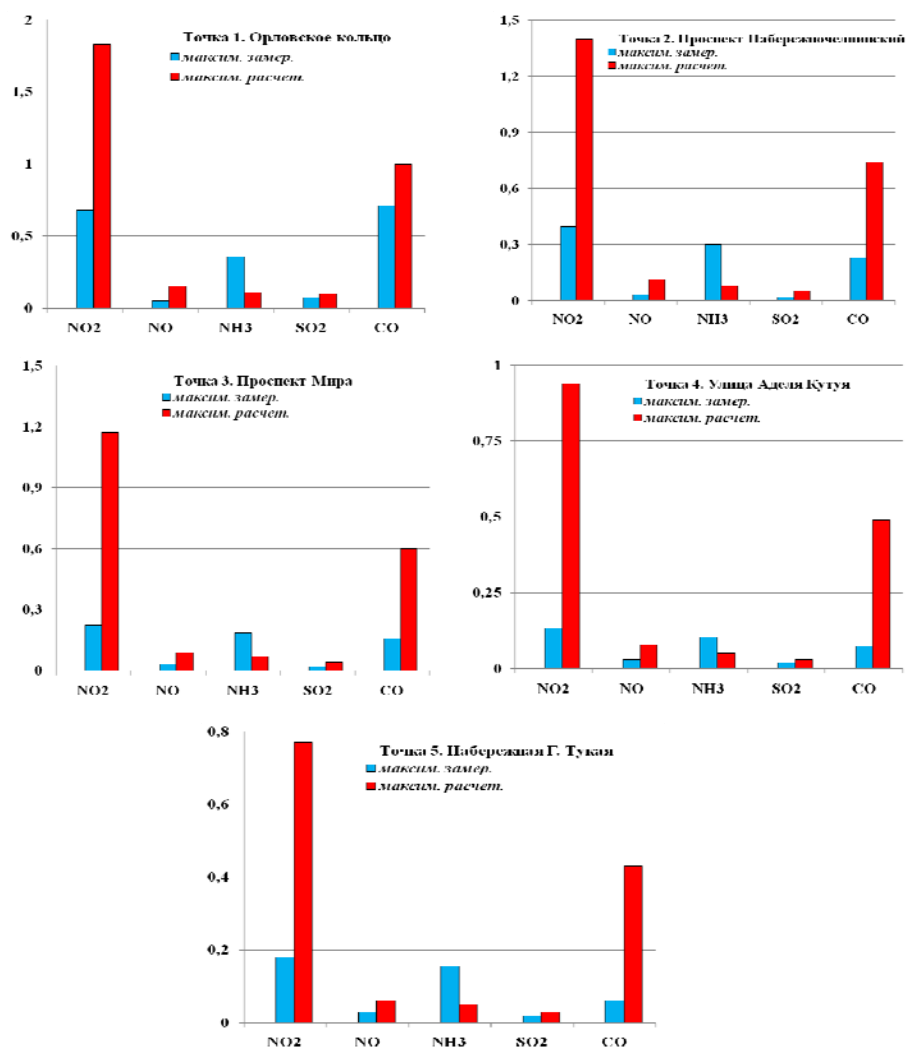


Рисунок 6 – Сравнение расчетных и максимальных измеренных концентраций в долях ПДКм

Из диаграмм видно, что по оксиду углерода, оксидам азота и диоксиду серы в основном, рассчитанные значения концентраций несколько выше измеренных инструментальными методами. Это объясняется тем, что в расчетах принимаются наиболее неблагоприятные для рассеивания загрязняющих веществ параметры. Ситуация по аммиаку обратная - в большинстве точек измеренные концентрации выше рассчитанных.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящего исследования проведены натурные обследования структуры и интенсивности движущегося автотранспортного потока на основных магистралях города Набережные Челны. На основе изучения схемы улично-дорожной сети г. Набережные Челны, а также информации о транспортной нагрузке автомобильных дорог определены 5 участков для проведения инструментальных измерений загрязнения атмосферного воздуха в пределах санитарного разрыва автодорог. По результатам инструментальных замеров определены зависимости интенсивность движения – содержание загрязняющего вещества, температура атмосферного воздуха – содержание загрязняющего вещества, скорость ветра – содержание загрязняющего вещества.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, В. Н., Сторчевус В.К. Экология и автомобилизация [Текст] / В. Н. Иванов, В. К. Сторчевус. – М.: Транспорт, 1989. – С.125.
2. Смагина, И. Н. Отработавшие газы автомобилей и их воздействие на окружающую среду [Текст] / И. Н. Смагина // Транспорт: наука, техника, управление. – 1998. - №10. - С. 36-39.

#### **№4(43) 2013 (октябрь-декабрь) Вопросы экологии**

3. Бадалян, Л. Х. Анализ выбросов вредных веществ автотранспортом [Текст] / Л. Х. Бадалян, В. Л. Гапонов, Е. Л. Медиокритский // Безопасность, экология, энергосбережение. – Ростов-на-Дону. - 2000. – С. 61-66.
4. Баранов, Д. А. Инженерная защита окружающей среды [Текст] / Д. А. Баранов. – М.: МГУИЭ, 2001. – С. 320.
5. Мовчан, В. П. Современные методы организации дорожного движения [Текст] / В. П. Мовчан, Н. И. Артемов. - Пермь: ПГТУ, 2000. – С. 300.
6. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 35.
7. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест [Текст]: санитарно – эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.6.98300. – М.: Минздрав России, 2000. – С. 47.
8. Петрухин, В. А. Загрязнение городской атмосферы автотранспортом и экологический риск здоровью населения: методология и опыт оценок [Текст] / В. А. Петрухин, В. А. Важенский, В. В. Донченко // Транспорт: наука, техника, управление. – 1996. - №9. – С. 33-35.
9. Разяпов, А. З. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Москвы выбросами автотранспорта по результатам общегородской операции «Чистый воздух» [Текст] / А. З. Разяпов, Д. Ю. Ильвицкий, И. В. Кудрин // Инженерная защита окружающей среды. – М. - 2001. – С. 225-226.
10. Защита окружающей среды от экологического вредного воздействия автомобильного транспорта [Текст]. – М.: Знание, 1989. – 145 с.
11. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов [Текст]: утв. приказом Госкомэкологии России № 66 от 16.01.1999 г.
12. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: отраслевой дорожный методический документ [Текст]: утв. распоряжением Минтранса России № ОС-557-р от 24.06.2002 г.
13. Расчетные инструкции (методики) по инвентаризации выбросов Р24 загрязняющих веществ автотранспортными средствами и дорожностроительными машинами в атмосферный воздух [Текст] / ОАО НИИАТ. – М.: Автополис-плюс, 2008. – С. 84, табл.

#### **Сулейманов Ильнар Фаргатович**

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: 423810, Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, проспект Мира, 68/19, кафедра Химии и Экологии, к. 191 Ассистент кафедры «Химии и Экологии»

E-mail: [ecolog\\_777@mail.ru](mailto:ecolog_777@mail.ru)

#### **Маврин Геннадий Витальевич**

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: 423810, Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, проспект Мира, 68/19, кафедра Химии и Экологии, к. 191 Канд. хим. наук, доцент, заведующий кафедрой «Химии и Экологии»

E-mail: [mavrin-g@rambler.ru](mailto:mavrin-g@rambler.ru)

#### **Маврин Вадим Геннадьевич**

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: 423810, Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, проспект Мира, 68/19, кафедра Химии и Экологии, к. 191 Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»

E-mail: [vadim\\_mmite@rambler.ru](mailto:vadim_mmite@rambler.ru)

#### **Беляев Эдуард Ирекович**

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: 423810, Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, проспект Мира, 68/19, кафедра Химии и Экологии, к. 191

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»

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

#### **Хабибуллин Рифат Габдулхакович**

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Адрес: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Сервис транспортных систем»

E-mail: [hrg\\_kampi@mail.ru](mailto:hrg_kampi@mail.ru)

#### **Макарова Ирина Викторовна**

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Адрес: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис транспортных систем»

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

I. F. SULEYMANOV, G. V. MAVRIN, V. G. MAVRIN,  
E. I. BELYAEV, R. G. HABIBULLIN, I. V. MAKAROVA

## NATURE STUDY OF TRANSPORT FLOWS AND APPLICATION OF METHODS OF TOOL FOR AIR QUALITY ASSESSMENT

*As part of this work full-scale survey of the composition and intensity of road traffic flows was carried out, roads with the highest traffic load were defined. On the basis of instrumental methods measurements of air quality near highways were taken, measures to optimize traffic flow and negative impact reduce are offered.*

**Keywords:** air, road transport, intensity, maximum allowable concentration, motorway.

### BIBLIOGRAPHY

1. Ivanov, V. N., Storchev V.K. Ekologiya i avtomobilizatsiya [Tekst] / V. N. Ivanov, V. K. Storchev. - M.: Transport, 1989. - S.125.
2. Smagina, I. N. Otrabotavshie gazy avtomobiley i ikh vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredy [Tekst] / I. N. Smagina // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. - 1998. - №10. - S. 36-39.
3. Badalyan, L. H. Analiz vybrosov vrednykh veshchestv avtotransportom [Tekst] / L. H. Badalyan, V. L. Gaponov, E. L. Mediokritskiy // Bezopasnost', ekologiya, energoberezhenie. - Rostov-na-Donu. - 2000. - S. 61-66.
4. Baranov, D. A. Inzhenernaya zashchita okruzhayushchey sredy [Tekst] / D. A. Baranov. - M.: MGUE, 2001. - S. 320.
5. Movchan, V. P. Sovremennyye metody organizatsii dorozhnogo dvizheniya [Tekst] / V. P. Movchan, N. I. Artemov. - Perm': PGU, 2000. - S. 300.
6. OND-86. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozduke vrednykh veshchestv, soderzhashchikhsya v vybrosa predpriyatii [Tekst]. - L.: Gidrometeoizdat, 1987. - S. 35.
7. Gigienicheskie trebovaniya k obespecheniyu kachestva atmosfernogo vozdukh naselennykh mest [Tekst]: sanitarno - epidemiologicheskie pravila i normativy. SanPiN 2.1.6.98300. - M.: Minzdrav Rossii, 2000. - S. 47.
8. Petrukhin, V. A. Zagryaznenie gorodskoy atmosfery avtotransportom i ekologicheskiy risk zdorov'yu naseleniya: metodologiya i opyt otsenok [Tekst] / V. A. Petrukhin, V. A. Vazhenskiy, V. V. Donchenko // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. - 1996. - №9. - S. 33-35.
9. Razyapov, A. Z. Otsenka urovnya zagryazneniya atmosfernogo vozdukh g. Moskvy vybrosami avtotransporta po rezul'tatam obshchegorodskoy operatsii "Chisty y vozdukh" [Tekst] / A. Z. Razyapov, D. YU. Il'vitskiy, I. V. Kudrin // Inzhenernaya zashchita okruzhayushchey sredy. - M. - 2001. - S. 225-226.
10. Zashchita okruzhayushchey sredy ot ekologicheskogo vrednogo vozdeystviya avtomobil'nogo transporta [Tekst]. - M.: Znaniye, 1989. - 145 s.
11. Metodika opredeleniya vybrosov avtotransporta dlya provedeniya svodnykh raschetov zagryazneniya atmosfery gorodov [Tekst]: utv. prikazom Goskomekologii Rossii № 66 ot 16.01.1999 g.
12. Rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh: otraslevo y dorozhnyy metodicheskiy dokument [Tekst]: utv. rasporyazheniem Mintransa Rossii № OS-557-r ot 24.06.2002 g.
13. Raschetnye instruktsii (metodiki) po inventarizatsii vybrosov R24 zagryaznyayushchikh veshchestv avtotransportnymi sredstvami i dorozhnoostroitel'nymi mashinami v atmosfernyy vozdukh [Tekst] / OAO NIAT. - M.: Avtopolis-plyus, 2008. - S. 84, tabl.

#### **Suleymanov Ilnar Fargatovich**

Naberezhnochelninsky Institute CFI

Address: 423810, Russia, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, Prospect Mira, 68/19, Department of Chemistry and Ecology, building

Assistant, Department of "Chemistry and Ecology"

E-mail: ecolog\_777@mail.ru

#### **Mavrin Gennady Vitalievich**

Naberezhnochelninsky Institute CFI

Address: 423810, Russia, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, Prospect Mira, 68/19, Department of Chemistry and Ecology, building

Candidate. Chem., Associate Professor, Head of Department of "Chemistry and Ecology"

E-mail: mavrin-g@rambler.ru

**№4(43) 2013 (октябрь-декабрь) Вопросы экологии**

**Mavrin Vadim Gennadievich**

Naberezhnochelninsky Institute CFI

Address: 423810 , Russia , Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny , Prospect Mira, 68/19 , Department of Chemistry and Ecology , building

Candidate . tehn. , Associate Professor of the Department " Service of transport systems"

E-mail: vadim\_mmite@rambler.ru

**Belyaev Eduard Irekovich**

Naberezhnochelninsky Institute CFI

Address: 423810 , Russia , Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny , Prospect Mira, 68/19 , Department of Chemistry and Ecology , building

Candidate . tehn. , Associate Professor of the Department " Service of transport systems"

E-mail: bomund@mail

**Habibullin Rifat Gabdulhakovich**

Kazan (Volga ) Federal University

Address: 420008 , Russia, g.Kazan, Kremlyovskaya , 18

Dr. Sc. Science, Head of the Department " Service of transport systems"

E-mail: hrg\_kampi@mail.ru

**Makarova Irina Viktorovna**

Kazan (Volga ) Federal University

Address: 420008 , Russia, g.Kazan, Kremlyovskaya , 18

Dr. Sc. Sciences, Professor of " Service of transport systems"

E-mail: kamIVM@mail.ru

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

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*



## ОБЗОР ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВУОКСИДА АЗОТА В ВЫБРОСАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Выполнен анализ методов и анализаторов на их основе для определения двуокиси азота в выбросах автотранспортных средств: методам хемилюминесцентной реакции и электрохимическим. Показаны основные недостатки анализаторов выполненных на основе данных методов.*

*Ключевые слова:* метод хемилюминесценции, электрохимический метод.

### ВВЕДЕНИЕ

Согласно техническому регламенту "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ", выбросы вредных (загрязняющих) веществ, которыми являются отработанные газы двигателей внутреннего сгорания и испарения топлива автомобильной техники, содержащие вредные (загрязняющие) вещества (оксид углерода (СО), углеводороды (С<sub>т</sub>Н<sub>п</sub>), оксиды азота (NO<sub>х</sub>) и дисперсные частицы) должны соответствовать требованиям, установленные в данном регламенте.

Данный регламент необходим для контроля экологического состояния окружающей среды. Например, один из компонентов выбросов автотранспорта является диоксид азота (NO<sub>2</sub>) - газ, красно-бурого цвета, с характерным острым запахом. Диоксид азота высоко токсичен, его присутствие в атмосфере способствует выпадению кислотных дождей и уменьшению озонового слоя. Даже в небольших концентрациях он раздражает дыхательные пути человека, а в больших концентрациях вызывает отёк лёгких. Воздействует в основном на дыхательные пути и легкие, а также вызывает изменения состава крови, в частности, уменьшает содержание в крови гемоглобина.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) содержания диоксида азота (NO<sub>2</sub>) в воздухе рабочей зоны - 2 мг/м<sup>3</sup> в атмосфере - 0,085 мг/м<sup>3</sup>.

Перечень приборов, контролирующих содержание диоксида азота (NO<sub>2</sub>) достаточно широк. Чтобы сделать оптимальный выбор, нужно понимать, на каком методе основан газоанализатор и его достоинства и недостатки.

### ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

В ходе некоторых экзотермических реакций часть (не освобождаемой) химической энергии запасается в виде энергии возбуждения электронных, колебательных или вращательных состояний продуктов химической реакции. При этом, если процесс дезактивации последних сопровождается испусканием излучения, имеет место явление хемилюминесценции [1].

Наибольшее распространение хемилюминесцентный метод получил, при реакция оксида азота с озоном. На данном принципе построен анализатор серии CLA-755, структурная схема которого приведена на рисунке 1.

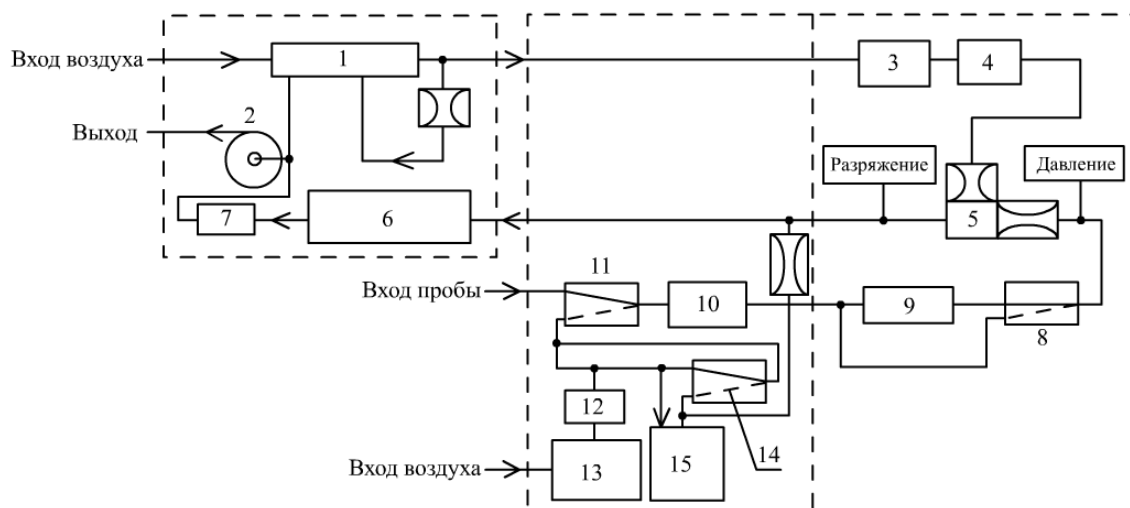


Рисунок 1 - Структурная схема анализатора диоксида азота серии CLA-755:

1 – осушитель, 2 – помпа, 3 – датчик расхода пробы, 4 – генератор озона, 5 – реактор (камера измерения), 6, 13 – поглотители NO<sub>2</sub>, 7, 10, 12 – фильтры, 8, 11, 14 – клапаны, 9 – конвертер NO<sub>2</sub>/NO, 15 – источник микротока калибровки

Технические характеристики прибора приведены в таблице 1:

Таблица 1 - Технические характеристики газоанализатора CLA-755 серии

Диапазон измерений	0 – 500 ppm	Разрешение цифровой шкалы	0,001 ppm
Шум прибора	<2% от измеряемого значения	Нижний предел обнаружения	1 ppb
Дрейф нуля	1% / 24 часа	Дрейф диапазона	1% / 24 часа
Время запаздывания	15 сек		
Нелинейность	± 1 % (полная шкала)	Погрешность измерений	0.5 ppb или не менее 1% от измеренного значения

Когда газ пробы с компонентом NO и газообразным озоном (O<sub>3</sub>) смешивается в реакторе, компонент NO окисляется и превращается в NO<sub>2</sub>:



Часть NO<sub>2</sub>, которая генерируется в этом месте, находится в возбужденном состоянии. Возбужденные молекулы NO<sub>2</sub> высвобождают энергию возбужденного состояния в виде излучения, когда возвращаются в основное состояние:



NO<sub>2</sub>\*: молекулы NO<sub>2</sub> в возбужденном состоянии:



Это явление называется хемилюминесценцией, а уровень света прямо пропорционален количеству молекул NO до начала реакции. Поэтому концентрацию NO в пробе можно получить измеряя интенсивность потока излучения [2].

До того, как вернуться в основное состояние, некоторые молекулы NO<sub>2</sub> теряют энергию возбужденного состояния за счет столкновения с другими молекулами. В этом случае NO<sub>2</sub> возвращается в основное состояние, но хемилюминесценции не происходит:



*M*: другие молекулы

Вероятность потери энергии зависит от вида партнера по столкновению и иногда чувствительность детектора к NO отличается в зависимости от вида, и концентрации сопутствующих газовых компонентов. Известно, что вероятность потери энергии из-за CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O больше, чем от N<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в компонентах обычного отработанного газа двигателей, и что изменение концентрации CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O в пробе имеет тенденцию менять чувствительность к NO.

В общем случае для уменьшения интерференции CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O внутри реактора поддерживается состояние вакуума.

Находящийся в пробе NO<sub>2</sub> не обладает хемилюминесценцией и не может быть измерено детектором. Поэтому перед измерением он преобразуется в NO с помощью конвертера NO<sub>x</sub>. Конвертер работает при температуре 113 °C или 191 °C (в зависимости от комплектации).

Углерод (C), который является основным компонентом в конвертере NO<sub>x</sub>, используется в восстановительном процессе. Поэтому конвертер нуждается в регулярной проверке эффективности или замене:



Данный метод имеет ряд недостатков [3]:

- 1) требует применения мощного вакуумного насоса;
- 2) требуется фотоумножитель, работающий в красной области спектра, с охлаждением, что увеличивает стоимость прибора и его массо-габаритные характеристики;
- 3) требуется высокая концентрация озона для обеспечения полного протекания реакции между озоном и оксидом азота (содержание озона в газовой смеси – до нескольких процентов), что обуславливает необходимость применения высоковольтного генератора озона, а также специальных угольных фильтров для очистки воздуха (отсутствие очистки может привести к отравлению персонала озоном и выходу из строя насоса и другого оборудования).

### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

Практически все газоанализаторы, используемые для контроля выброса отработавших газов автотранспортных средств, при прохождении технического осмотра, базируются на электрохимическом методе, для измерения диоксида азота.

Метод основан на явлении протекания электрохимической реакции в электрохимической ячейке (рис. 2). Анализируемый газ вступает в химическую реакцию с электролитом, заполняющим ячейку. В результате в растворе возникают заряженные ионы, между электродами начинает протекать электрический ток, пропорциональный концентрации анализируемого компонента в пробе [4].

Электрический датчик обрабатывает возникающий электрический сигнал.

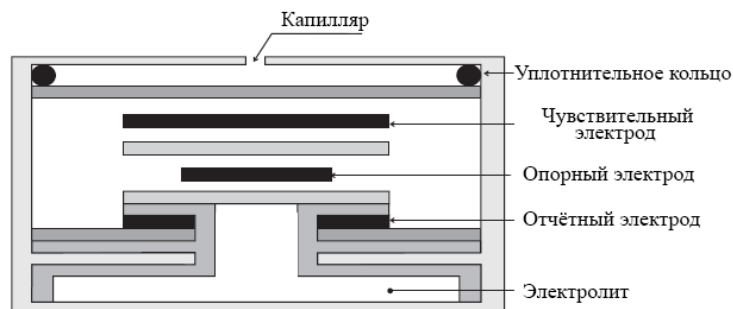


Рисунок 2 - Схема электрохимической ячейки

Газоанализаторы, использующие датчик фирмы City Technology, 3ND, позволяют производить измерения в диапазоне 0-100 ppm с разрешением в 0,5 ppm (примерно 1,027 мг/м<sup>3</sup>)

за счет применения трехэлектродного сенсора с платой трансмиттера. Сенсор имеет сравнительно хорошие характеристики по ряду параметров, но обладает при этом сильной перекрестной чувствительностью к хлору, зависимостью чувствительности от температуры.

Характеристики газоанализатора, использующий электрохимический датчик оксида азота, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики электрохимического анализатора оксидов азота.

Диапазон измерений	0 – 100 ppm	Разрешение шкалы	0,5 ppm
Дрейф нуля	0.2 ppm	T90	Менее 40 сек
Воспроизводимость	2 %	Диапазон температур эксплуатации	-20 ...+ 50 С

Недостатком электрохимических датчиков является сильная перекрестная чувствительность к другим газам, зависимость от температуры и давления, необходимость частой градуировки.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные методы и анализаторы на их основе для анализа двуокиси азота имеют ряд существенных недостатков. Анализаторам, основанным на методе хемилюминесцентной реакции оксида азота с озоном, необходим генератор озона. Для анализа диоксида азота требуется конвертер обеспечивающий нагрев пробы, который обеспечивает переход двуокиси азота в оксид азота. Это влечет за собой дополнительное время уменьшающее быстродействие анализа и увеличивающее энергопотребление. Данные газоанализаторы из-за своей высокой цены не используются на станциях технического осмотра и в основном устанавливаются на заводских конвейерах для выборочного анализа отработанного газа выпускаемых автотранспортных средств. Анализаторы, использующие электрохимические датчики, имеют низкую селективность, требуют периодическую корректировку показаний по мере расхода ресурса сенсора (средний срок службы сенсора не более трех лет).

Отсюда можно сделать вывод о необходимости разработки нового, в частности оптико-электронного газоанализатора, обладающего высокой селективностью, быстродействием, низким энергопотреблением, с большим ресурсом работы и относительно не высокой стоимостью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, И. Л. Методы анализа неорганических газов [Текст] / И. Л. Агафонов, А. Аманназаров, Г. С. Бескова; под ред. В. М. Немца. – СПб: Химия, 1993. – 560 с.
2. Артищева, Н. В. Хемилюминесцентная реакция окиси азота и озона и ее аналитическое применение [Текст] / Н. В. Артищева, С. А. Крапивина, В. А. Ершов // Научно-исследовательские работы членов всесоюзного химического общества имени Д.И. Менделеева. - 1979. – С. 116 – 117
3. Clough P.N., Thrush B.A. Mechanism of Chemiluminescent reaction between Nitric Oxide and Ozone. Dept. of physical Chemistry, University of Cambridge. 1966. – 12 p.
4. Калвода, Р. Электроаналитические методы в контроле окружающей среды / Р. Калвода. - М.: Химия, 1990. – 238с.

#### Ишанин Геннадий Григорьевич

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (СПбНИУ ИТМО)

Адрес: 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д.49.

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Оптико-электронных приборов и систем»

E-mail: Ishanin@mail.ru

#### Антонов Александр Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (СПбНИУ ИТМО)

Адрес: 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д.49.

Аспирант, кафедры «Опτικο-электронных приборов и систем»  
E-mail: antsasha@mail.ru

G. G ISHANIN, A. A. ANTONOV

## OVERVIEW OF THE METHODS OF DETERMINATION OF NITROGEN DIOXIDE DIL EMISSION VEHICLES

*The analysis methods and analyzers on their basis for determining nitrogen dioxide in the emissions of vehicles: the methods of the chemiluminescent reaction and electrochemical. The basic flaws analyzers made on the basis of data methods.*

**Keywords:** chemiluminescence, electrochemical method.

### BIBLIOGRAPHY

1. Agafonov, I. L. Metody analiza neorganicheskikh gazov [Tekst] / I. L. Agafonov, A. Amannazarov, G. S. Beskova; pod red. V. M. Nemtsa. - SPb: Himiya, 1993. - 560 s.
2. Artishcheva, N. V. Hemilyuminestsentnaya reaktsiya okisi azota i ozona i ee analiti-cheskoe primeneniye [Tekst] / N. V. Artishcheva, S. A. Krapivina, V. A. Ershov // Nauchno-issledovatel'skie raboty chlenov vsesoyuznogo khimicheskogo obshchestva imeni D.I. Mendele-eva. - 1979. - S. 116 - 117
3. Clough P.N., Thrush B.A. Mechanism of Chemiluminescent reaction between Nitric Ox-ide and Ozone. Dept. of physical Chemistry, University of Cambridge. 1966. - 12 p.
4. Kalvoda, R. Elektroanaliticheskie metody v kontrole okruzhayushchey sredy / R. Kalvoda. - M.: Himiya, 1990. - 238s.

#### **Ishanin Gennady Grigor'evich**

FGBOU VPO "St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics» (SPbNIU IFMO )

Address: 197101 , Russia, g. St. Petersburg, Kronverksky Prospect , 49 .

Dr. Sc. Sciences, Department of "Optical- Electronic Devices and Systems"

E-mail: Ishanin@mail.ru

#### **Antonov Alexander Sergeevich**

FGBOU VPO "St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics» (SPbNIU IFMO )

Address: 197101 , Russia, g. St. Petersburg, Kronverksky Prospect , 49 .

PhD student, Department of "Optical- Electronic Devices and Systems"

E-mail: antsasha@mail.ru

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

*Подписной индекс журнала:  
16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:  
(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

**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(4862)734362, +7(4862)434890  
[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 25.12.2013

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 8,0

Тираж 500 экз.

Заказ № 134/13П2

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.