



Научно-технический  
журнал  
Издается с 2003 года  
Выходит четыре раза в год  
**№ 4(39) 2012**  
**Октябрь-Декабрь**

# Мир транспорта и технологических машин

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный  
комплекс» (Госуниверситет-УНПК)

## Содержание

### Эксплуатация, ремонт, восстановление

<i>В. В. Лянденбургский, А. С. Иванов, Ю. В. Родионов, Е. В. Кравченко</i> Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя .....	3
<i>А. В. Касьянов, В. А. Касьянов</i> Двигатель для транспортных установок .....	9
<i>Е. В. Бондаренко, А. А. Филиппов, М. Р. Фазуллин, Р. Т. Шайлин</i> К вопросу о необходимости развития сети метановых заправок в г. Оренбурге .....	15
<i>В. Н. Корнев, А. Ю. Родичев, А. В. Семенов, И. С. Карасев, А. О. Волков</i> Подготовка поверхности изделия под напыление .....	24
<i>В. Н. Абрамов, В. Э. Шалимов</i> Способ диагностирования цилиндрико-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания .....	29
<i>В. И. Сарбаев, Ю. В. Гармаш, И. И. Пономарева</i> Способ кондиционирования салона автомобиля .....	37

### Технологические машины

<i>Д. Я. Антипин</i> Анализ усталостной долговечности и живучести литых боковых рам тележки модели 18-100 при продлении их срока службы .....	42
<i>Р. А. Кобзев</i> Выбор метода оптимального проектирования металлических конструкций козловых кранов высоких классов ответственности .....	48
<i>О. В. Измеров, Г. С. Михальченко</i> Классификация как инструмент синтеза механической части тяговых приводов железнодорожного подвижного состава .....	53
<i>С. В. Глуценко</i> Определение нагрузок в ходовой части боевой гусеничной машины .....	61

### Безопасность движения и автомобильные перевозки

<i>А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев</i> Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города орла .....	69
<i>О. В. Сорокина, Ю. В. Сорокина</i> Оптимизация режимов работы светофорной сигнализации на регулируемых перекрестках в реальном времени (на примере г. Пензы) .....	75
<i>А. Н. Новиков, А. Л. Севостьянов, А. А. Катунин, А. В. Кулев</i> Построение модели функционирования маршрута троллейбуса .....	80
<i>К. А. Бозач</i> Теоретическое обоснование строительства гаражных автосервисов .....	88
<i>А. В. Липенков</i> О результатах комплексного исследования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта в г. Нижнем Новгороде .....	97
<i>Э. Р. Домке, С. А. Жесткова, В. Ю. Акимова</i> Повышение эффективности расследования дорожно-транспортных происшествий на основе применения навигационных технологий .....	103

### Образование и кадры

<i>Т. А. Козина, А. А. Бердников</i> Интернет-ресурсы как средство формирования коммуникативной компетенции при подготовке специалистов автотранспортного комплекса .....	108
<i>А. П. Трясцин</i> Теоретические аспекты создания обучающих систем для подготовки водителей занятых перевозкой опасных грузов с использованием информационных систем на основе ГЛОНАСС/GPS .....	116

### Вопросы экологии

<i>Р. Р. Садыков, А. П. Лапин</i> Влияние изменяющихся факторов на безопасность и условия труда работников при то и ремонте .....	122
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Редакционный совет:

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

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

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

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

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

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

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

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

**Попова Л.В.** д-р экон. наук, проф.

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

Главный редактор:

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

Зам. главного редактора:

**Катунин А.А.** канд. техн. наук

Редколлегия:

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

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

**Глаголев С.Н.** д-р экон. наук, проф.

**Дидманидзе О.Н.** д-р техн. наук, проф.

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

**Баранов Ю.Н.** д-р техн. наук, проф.

**Пучин Е.А.** д-р техн. наук, проф.

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

**Родионов Ю.В.** д-р техн. наук, проф.

**Демич М.** д-р техн. наук, проф.

**Ушаков Л.С.** д-р техн. наук, проф.

Ответственный за выпуск:

**Акимочкина И.В.**

Адрес редколлегии:

302030, г. Орел, ул. Московская, 77

(4862) 73-43-50

www.gu-unpk.ru

E-mail: sirm@ostu.ru, 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, 2012



The scholarly  
journal

A quarterly review

№ 4(39) 2012

October - December

# World of transport and technological machinery

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

## Editorial Council:

**V.A. Golenkov** *Doc. Eng., Prof.*

**S.Y. Radchenko** *Doc. Eng., Prof.*

*Vice-Chairman*

**M.I. Borzenkov** *Can. Eng., Prof.*

**P.A. Astafichev**, *Doc. Law., Prof.*

**T.N. Ivanova**, *Doc. Eng., Prof.*

**V.I. Kolchunov** *Doc. Eng., Prof.*

**I.S. Konstantinov** *Doc. Eng., Prof.*

**A.N. Novikov** *Doc. Eng., Prof.*

**L.I. Popova** *Doc. Ec., Prof.*

**Y.S. Stepanov** *Doc. Eng., Prof.*

## Editor-in-Chief

**Novikov A.N.** *Doc. Eng., Prof.*

*Editor-in-Chief Assistants*

**Katunin A.A.** *Can. Eng.*

## Editorial Board:

**I.E. Agureyev** *Doc. Eng., Prof.*

**E.V. Bondarenko** *Doc. Eng., Prof.*

**S.N. Glagolev** *Doc. Ec., Prof.*

**O.N. Didmanidze** *Doc. Eng., Prof.*

**V.A. Korchagin** *Doc. Eng., Prof.*

**Y.N. Baranov** *Doc. Eng., Prof.*

**E.A. Puchin** *Doc. Eng., Prof.*

**A.N. Rementsov** *Doc. Ped., Prof.*

**Y.V. Rodionov** *Doc. Eng., Prof.*

**M. Demic** *Doc. Eng., Prof.*

**L.S. Ushakov** *Doc. Eng., Prof.*

*Person in charge for publication:*

**I.V. Akimochkina**

## Editorial Board Address:

302020, Orel, Moskovskaya Str, 77

(4862) 73-43-50

www.gu-unpk.ru

E-mail: sirm@ostu.ru, srmostu@mail.ru

The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications.

Registration Certificate

PI № FS77- 47352 of November 03

2011

Subscription index: **16376**

in a union catalog "The Press of Russia"

© State University-ESPC, 2012

## Contents

### Operation, Repair, Restoration

<b>V. V. Ljandenbursky, Y. V. Rodionov, A. S. Ivanov, E. V. Kravchenko Improving diagnosis of diesel fuel system</b> .....	3
<b>A. V. Kasyanov, V. A. Kasyanov Motor vehicle for plants</b> .....	9
<b>E. V. Bondarenko, A. A. Filippov, M. R. Fazullin, R. T. Shaylin On the necessity of network methane filling stations in Orenburg</b> .....	15
<b>V. N. Korenev, a. U. Rodichev, a. V. Semenov, i. S. Karasev, a. O. Volkov Preparation of a product surface for spraying</b> .....	24
<b>V. N. Abramov, V. E. Shalimov Way of diagnosing of tsilindro-piston group of the internal combustion engine</b> .....	29
<b>V. I. Sarbayev, U. V. Garmash, I. I. Ponomareva Way of air-conditioning of interior of the automobile</b> .....	37

### Technological Machinery

<b>D. Ya. Antipin The assaying of fatigue longevity and survivability of molten side frames of the bogie of the model 18-100 at extension of their life expectancy</b> .....	42
<b>R. A. Kobzev Selection method for optimal design of metal structures gantry crane high school of liability</b> .....	48
<b>O. V. Izmerov, G. S. Mikhailchenko Classification as the synthesis solution for railroad traction drive transmissions</b> .....	53
<b>S. V. Glushchenko Definition of the loads in the military tracked vehicle chassis</b> .....	61

### Road safety and road transport

<b>A. N. Novikov, A. L. Sevostianov, A. A. Katunin, A. V. Kulev Analysis of power boot route transport network of orel</b> .....	69
<b>O. V. Sorokina, Yu. V. Sorokina Optimization of operation modes of signals of the traffic light controlled intersections in real time (on the example of the city penza)</b> .....	75
<b>A. N. Novikov, A. L. Sevostianov, A. A. Katunin, A. V. Kulev Building a model of the functioning of the trolleybus route</b> .....	80
<b>K. A. Bogach Theoretical foundation of the building of the garage car-care centres</b> .....	88
<b>A. V. Lipenkov The results of complex research of bus stops of urban transport in nizhny Novgorod</b> .....	97
<b>E. R. Domke, S. A. Zhestkova, V. Y. Akimova Efficiency investigation road event based applications navigation technology</b> .....	103

### Education and Personnel

<b>T. A. Kozina, A. A. Berdnik Internet resources, as a form communicative competence in preparation specialists motor complex</b> .....	108
<b>A. P. Tryastsin Theoretical aspects of learning systems for driver training engaged in the carriage of dangerous goods with use of information</b> .....	116

### Ecological Problems

<b>R. R. Sadykov, A. P. Lapin Impact of changing factors on the safety and working conditions by an employee in maintenance and repair</b> .....	122
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

УДК 629. 113. 004

В. В. ЛЯНДЕНБУРСКИЙ, А. С. ИВАНОВ, Ю. В. РОДИОНОВ, Е. В. КРАВЧЕНКО

## ВИРТУАЛЬНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*В процессе изучения диагностического оборудования для обучения приемам работы целесообразно использовать виртуальные тренажеры – компьютерные программы, имитирующие технологический процесс. Моделирование технического состояния осуществляется путем задания параметрам, характеризующим работоспособность элементов двигателя, определенных значений с помощью специального редактора. Созданная виртуальная модель vKAD-400 воспроизводит практически все действия, выполняемые мастером-диагностом при определении технического состояния дизельного двигателя.*

**Ключевые слова:** автомобиль, технологическое оборудование, диагностирование, моделирование, осциллограмма.

Техническое диагностирование узлов, агрегатов и систем автомобилей направлено на определение технического состояния, поиск и локализацию места отказа или неисправности, прогнозирование остаточного ресурса или вероятности безотказной работы [1].

Основные навыки работы с технологическим оборудованием студенты получают во время выполнения лабораторных работ. Однако при этом возникают сложности, определяемые особенностями оборудования для диагностирования автомобилей.

Применяемое оборудование весьма дорогостоящее (100 и более тысяч рублей), количество рабочих мест ограничено. Это приводит к тому, что выполнить конкретные действия, согласно технологии проведения диагностирования автомобиля на оборудовании, удается далеко не всем студентам. В основном они получают знания, пассивно наблюдая за использованием оборудования учебным мастером или преподавателем. Применение постового метода проведения занятий ограничивается недостаточным количеством учебных мастеров, особенно при небольшой численности студентов на потоке.

В создавшейся ситуации наиболее эффективным решением является моделирование процессов технического обслуживания и диагностирования на ЭВМ. Это позволит каждому студенту выполнить весь алгоритм лабораторной работы, индивидуально работая с компьютерной моделью того или иного оборудования.

В качестве объекта для разработки компьютерной модели были приняты известные комплексы автодиагностики КАД-300, КАД-400, являющиеся достаточно сложным диагностическим средством, позволяющим замерять большое количество параметров, использование которых на лабораторных занятиях не обеспечивает активного получения навыков всеми студентами в виду вышеизложенных причин [1, 2].

Созданная виртуальная модель, воспроизводит все необходимые действия, выполняемые диагностом при оценке технического состояния дизельного двигателя.

Использование дорогостоящего оборудования в учебном процессе сопряжено со значительными эксплуатационными расходами. Поэтому для целей обучения приемам работы с подобными средствами целесообразно использовать виртуальные тренажеры, имитирующие технологический процесс диагностирования.

Моделирование технического состояния осуществляется путем задания параметрам, характеризующим работоспособность элементов двигателя, определенных значений с помощью специального редактора [3].

Из главного меню программы (рис.1) выбирается автомобиль, который предстоит диагностировать, с заранее смоделированным техническим состоянием двигателя, используя пункт меню «Ввод данных о двигателе». Затем необходимо подсоединить датчики к контрольным точкам дизельного двигателя (рис. 2). В виртуальных комплексах vKAD-300,

vKAD-400 для выхода в режим диагностирования системы питания дизельного двигателя предлагается перейти на режим «Опережение» (рис. 3). Все действия выполняются с помощью манипулятора «мышь» и сопровождаются звуковыми сигналами и текстовыми сообщениями о положительном или отрицательном результате выполненного действия.

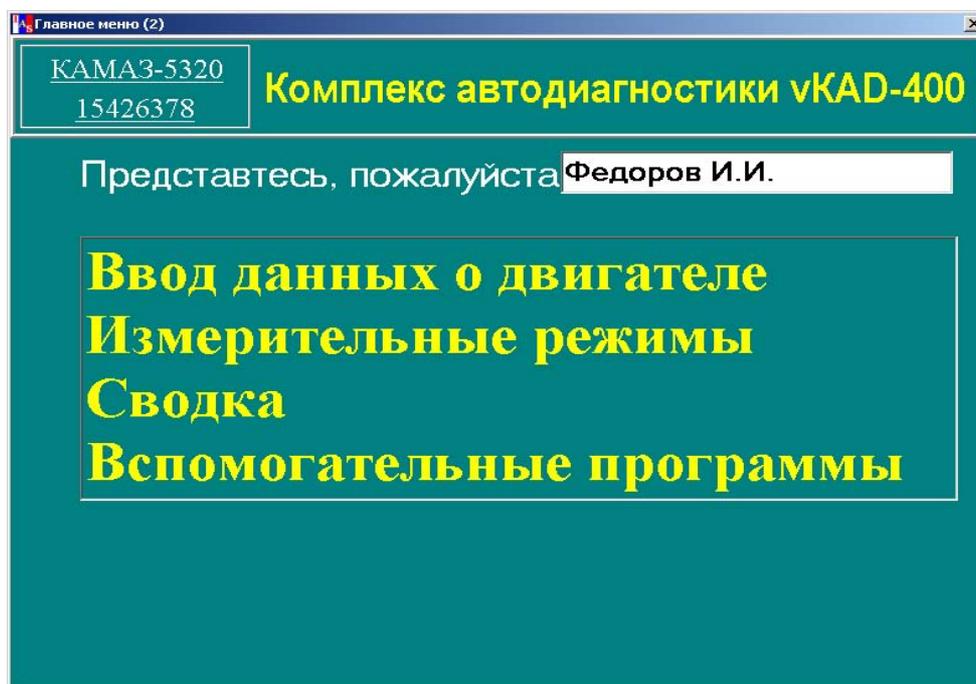


Рисунок 1 - Главное меню программы

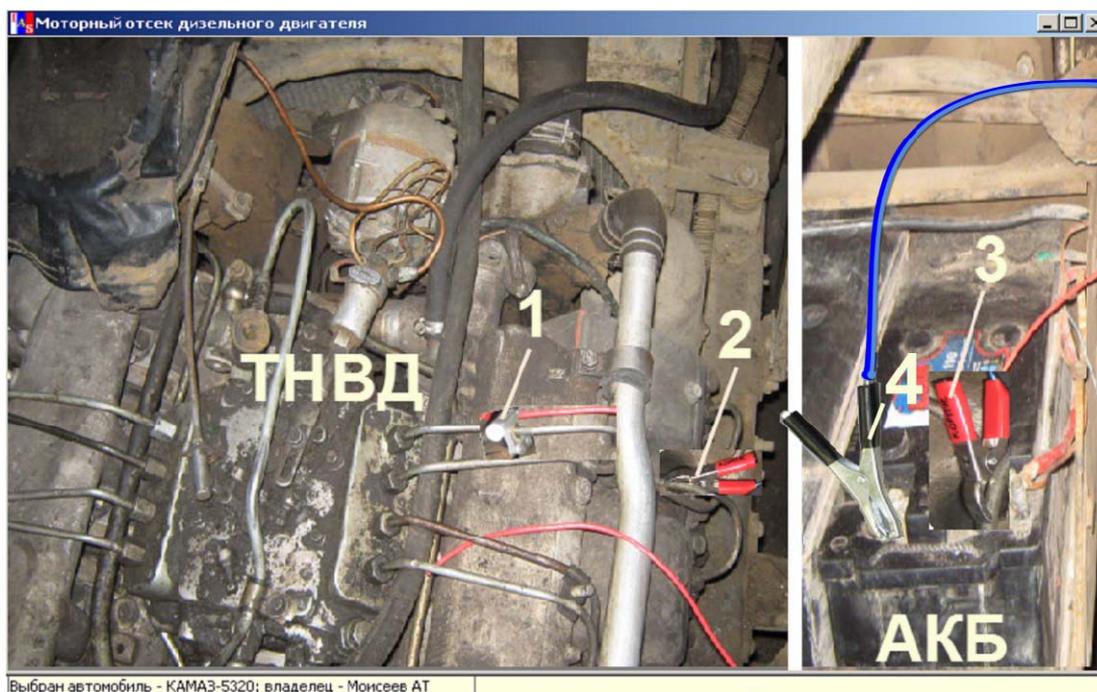


Рисунок 2 - Моторный отсек дизельного двигателя с накладным датчиком давления 1 и зажимами 2, 3, 4

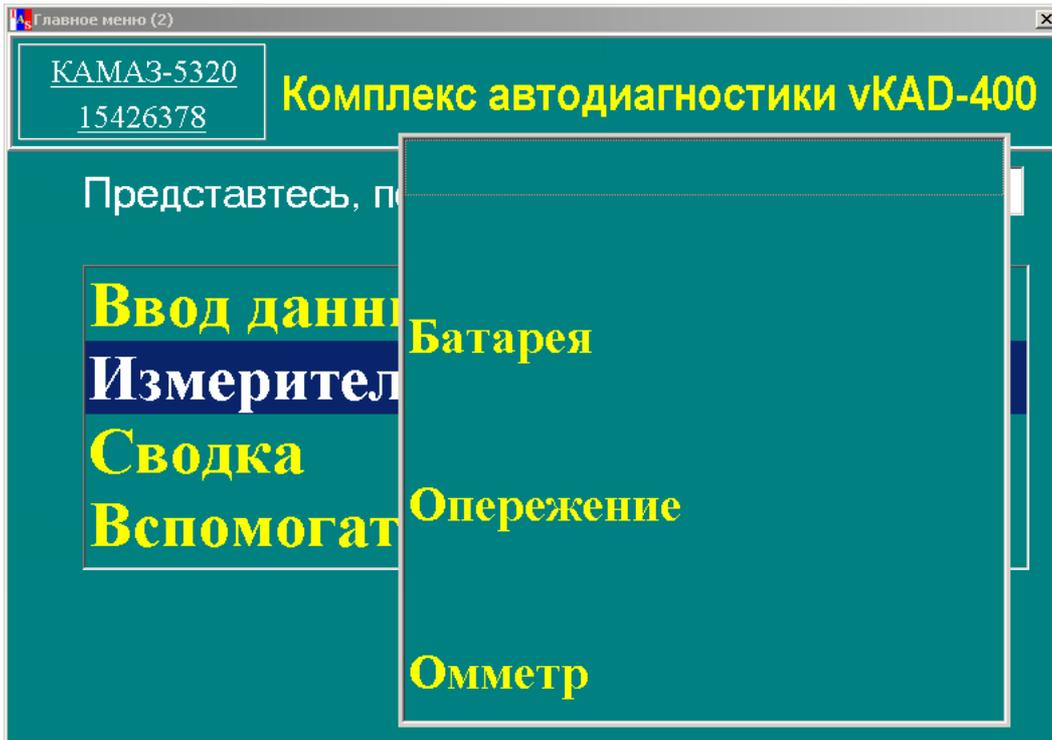


Рисунок 3 - Окно выбора режима диагностирования

После правильного подключения к автомобилю модель позволяет оператору произвести имитацию диагностирования, подобно тому, как это происходит при использовании комплексов КАД-300, КАД-400, выбирая соответствующие режимы: батарея, опережение, омметр.

Кроме количественной оценки измеряемых параметров программа воспроизводит осциллограммы пульсаций в топливной системе высокого давления (рис. 4).

Влияние различных неисправностей топливной системы дизеля на вид осциллограмм пульсации высокого давления весьма разнообразное и студенту сложно по виду осциллограммы определить причину отказа.

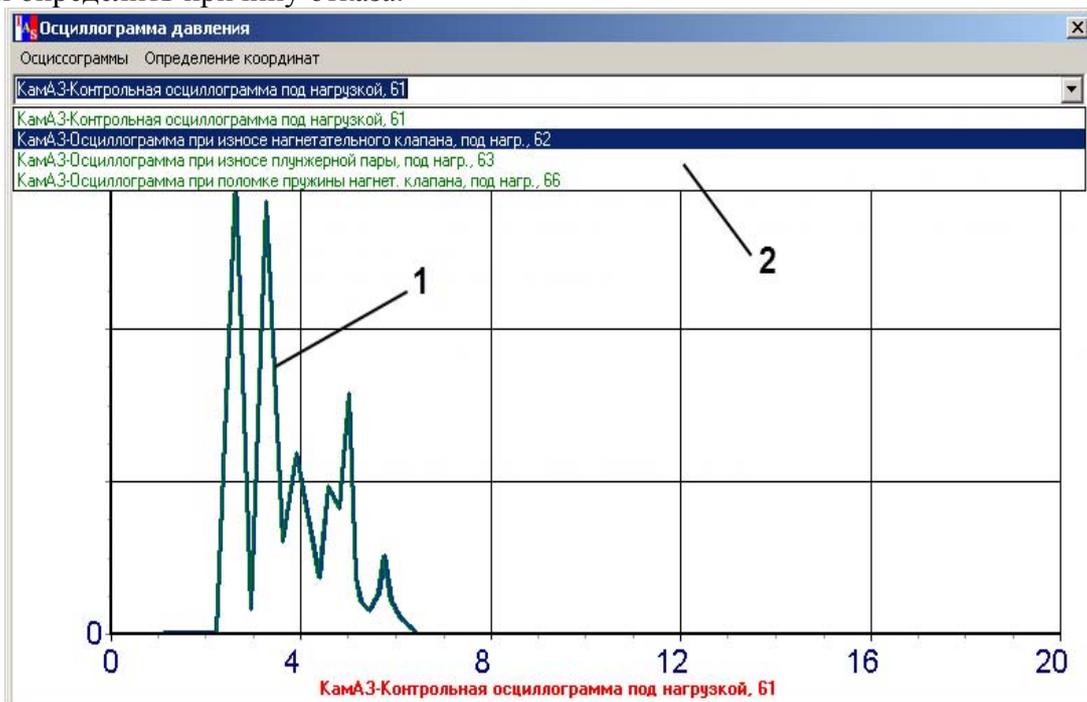


Рисунок 4 - Осциллограмма давления в топливной системе при работе под нагрузкой ( $2000 \text{ мин}^{-1}$ )

С этой целью в виртуальные комплексы vKAD-300, vKAD-400 введен модуль воспроизводящий осциллограммы давления при различных неисправностях элементов системы питания. Созданы базы данных с осциллограммами давления при различных неисправностях топливной системы.

В виртуальном комплексе предусмотрена возможность создания виртуальных автомобилей с набором неисправностей. В частности каждому диагностируемому автомобилю устанавливается определенное техническое состояние элементов топливной системы, которое проявляется в виде осциллограммы давления 1 (рис. 4). Возможные осциллограммы давления заложены в свернутый список 2, доступный пользователю. Так как определенные неисправности проявляются на различных режимах работы двигателя содержание свернутого списка 2 осциллограмм в зависимости от режима работы двигателя меняется.

На экране появится осциллограмма синего цвета 1 (рис. 5), характеризующая пульсацию давления в топливной системе диагностируемого двигателя и осциллограмма зеленого цвета 2, характеризующая изменение давления топлива при отсутствии неисправностей (контрольная осциллограмма). Сопоставляя эти осциллограммы, диагност может определить наличие неисправности. Для выявления конкретной причины несовпадения осциллограмм вверху окна «Осциллограмма давления» предусмотрен свернутый список возможных неисправностей. После выбора какой-либо неисправности на экране появляется соответствующая ей осциллограмма давления топлива красного цвета 3.



Рисунок 5 - Окно с осциллограммами виртуального комплекса vKAD-400

Перебирая имеющиеся в базе данных неисправности, студент может найти визуально совпадающие осциллограммы синего цвета 1 (осциллограмма диагностируемого двигателя) и красного цвета 2 (осциллограмма из базы данных соответствующая известной неисправности), т.е. определить неисправность топливной системы дизеля.

При выполнении действий с моделями vKAD-300, vKAD-400, согласно технологии диагностирования в памяти программы запоминаются значения диагностических параметров, которые, как и в комплексе КАД-300, КАД-400, можно распечатать, используя пункт «Сводка» главного меню (рис. 1).

Таким образом, в полном распоряжении обучаемого весь арсенал возможностей современных комплексов автодиагностики КАД-300, КАД-400. Он может не только воспроиз-

вести действия, но и получить конкретные значения диагностических параметров, что позволит сделать соответствующее заключение о работоспособности систем двигателя.

Созданные виртуальные модели vKAD-300, vKAD-400 воспроизводит практически все действия, выполняемые мастером-диагностом при определении технического состояния дизельного двигателя, имеет базу данных по диагностическим параметрам легковых и грузовых автомобилей различных марок, а также данные об автомобильных двигателях.

Развитие компьютерного диагностического оборудования позволит существенно ускорить процесс обучения. После этого своеобразного тренинга, обучаемый сможет более осознанно выполнить диагностирование дизельного двигателя комплексами КАД-300, КАД-400, с наименьшими затратами времени и средств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, А. С. Виртуальный комплекс автодиагностики [Текст]/ А. С. Иванов, В.В. Лянденбургский, Ю. В. Родионов, Е. В. Кравченко // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 1. - С. 19-25.
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. Средства для диагностирования топливной аппаратуры автомобилей с дизельными двигателями [Текст]: монография / В. В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 208 с.

### **Лянденбургский Владимир Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»  
Тел.: +7(8412)498330  
E-mail: dekauto@pguas.ru

### **Родионов Юрий Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»  
Тел.: +7(8412)498330  
E-mail: dekauto@pguas.ru

### **Иванов Александр Семенович**

ФГБОУ ВПО «Пензенская сельскохозяйственная академия»  
Адрес: 440014, г. Пенза ул. Ботаническая, 30  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
Тел.: +7(902)3537798  
E-mail: ias55@mail.ru

### **Кравченко Евгения Владимировна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Г. Титова, д. 28  
Студентка  
Тел.: +7(8412)498330  
E-mail: dekauto@pguas.ru

V. V. LJANDENBURSKY, Y. V. RODIONOV, A. S. IVANOV, E. V. KRAVCHENKO

## IMPROVING DIAGNOSIS OF DIESEL FUEL SYSTEM

*In the course of studying of the diagnostic equipment for training it is expedient to working methods to use virtual exercise machines – the computer programs simulating technological process. Modeling of a technical condition is carried out by a task to the parameters characterizing operability of elements of the engine, certain values by means of the special editor. The created virtual vKAD-400 model reproduces practically all actions which are carried out by the master diagnostician at definition of a technical condition of the diesel engine.*

**Keywords:** car, processing equipment, diagnosing, modeling, oscillogram.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Ivanov, A. S. Virtual`nyy kompleks avtodiagnostiki [Tekst]/ A. S. Ivanov, V.V. Lyandenburskiy, YU. V.Rodionov, E. V. Kravchenko // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1. - S. 19-25.
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. Sredstva dlya diagnostirovaniya toplivnoy apparatury avtomobiley s dizel`nymidvigatelyami [Tekst]: monografiya / V. V. Lyandenburskiy. - Penza: PGUAS, 2012. - 208 s.

**Ljandenbursky Vladimir Vladimirovich**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"  
Address: 440028, Penza, st. Titov, 28  
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer  
Tel.: +7(8412)498330  
E-mail: dekauto@pguas.ru

**Rodionov Yury Vladimirovich**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"  
Address: 440028, Penza, st. Titov, 28  
Dr.Sci.Tech., the professor  
Tel.: +7(8412)498330  
E-mail: dekauto@pguas.ru

**Ivanov Alexander Semenovich**

FGBOU VPO «Penza agricultural academy»  
Address: 440014, Penza, st. Botanicheskaja, 30  
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer  
E-mail: ias55@mail.ru

**Kravchenko Evgenie Vladimirovna**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"  
Address: 440028, Penza, st. Titov, 28  
The student  
Tel.: +7(8412)498330  
E-mail: dekauto@pguas.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*

А. В. КАСЬЯНОВ, В. А. КАСЬЯНОВ

## ДВИГАТЕЛЬ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

*В статье рассматривается двигатель внутреннего сгорания (ДВС) с новым рабочим процессом, который позволит значительно улучшить эксплуатационные качества автомобилей. Отличием его от двигателей, имеющих в производстве, состоит в том, что для него можно применять любое топливо, используется энергия отработавшего газа, возможно применение внешнего подвода тепла и увеличение мощности двигателя за счет применения системы наддува любого типа. Предлагаемый рабочий процесс принципиально занимает промежуточное положение между дизельным и газотурбинным двигателями, исключая их основные недостатки по степени использования тепла, выделенного при сгорании топлива, т.е. он вполне пригоден для серийного производства любого типа двигателя.*

**Ключевые слова:** дизель, камера сгорания, использование тепла отработавших газов, исключение шума процесса сгорания, значительная экономия топлива, увеличение мощности в 2...3 раза и более.

Одним из основных ограничений в форсировании, имеющих в производстве, дизельных двигателей является невозможность увеличения частоты вращения коленчатого вала из-за ухудшения процесса сгорания топлива. Для устранения этого препятствия необходимо увеличивать степень сжатия, т.е. давление в цилиндре до 20...30 МПа. Однако для обеспечения прочности необходимо наращивать массу деталей движения и остова, что приводит к резкому увеличению нагрузок на узлы их соединения и, в связи с этим, к соответствующему требованию снижения частоты вращения коленчатого вала.

Для решения этой проблемы нами применена внешняя камера сгорания, в которой можно заранее, до подачи топлива в цилиндр, производить сжигание его, при, отводимом для этого, увеличенном количестве времени, в сравнении с традиционным процессом, в 10...20 раз. Это позволит снять ограничения по частоте вращения коленчатого вала из-за качества процесса сгорания с увеличением ее от 2 000 до 10 000 оборотов в минуту, при сравнительно небольших максимальных давлениях сгорания в цилиндре двигателя. Получающаяся при этом увеличенная температура выпускных газов передается воздуху, который направляется в камеру сгорания, снижая этим расход топлива.

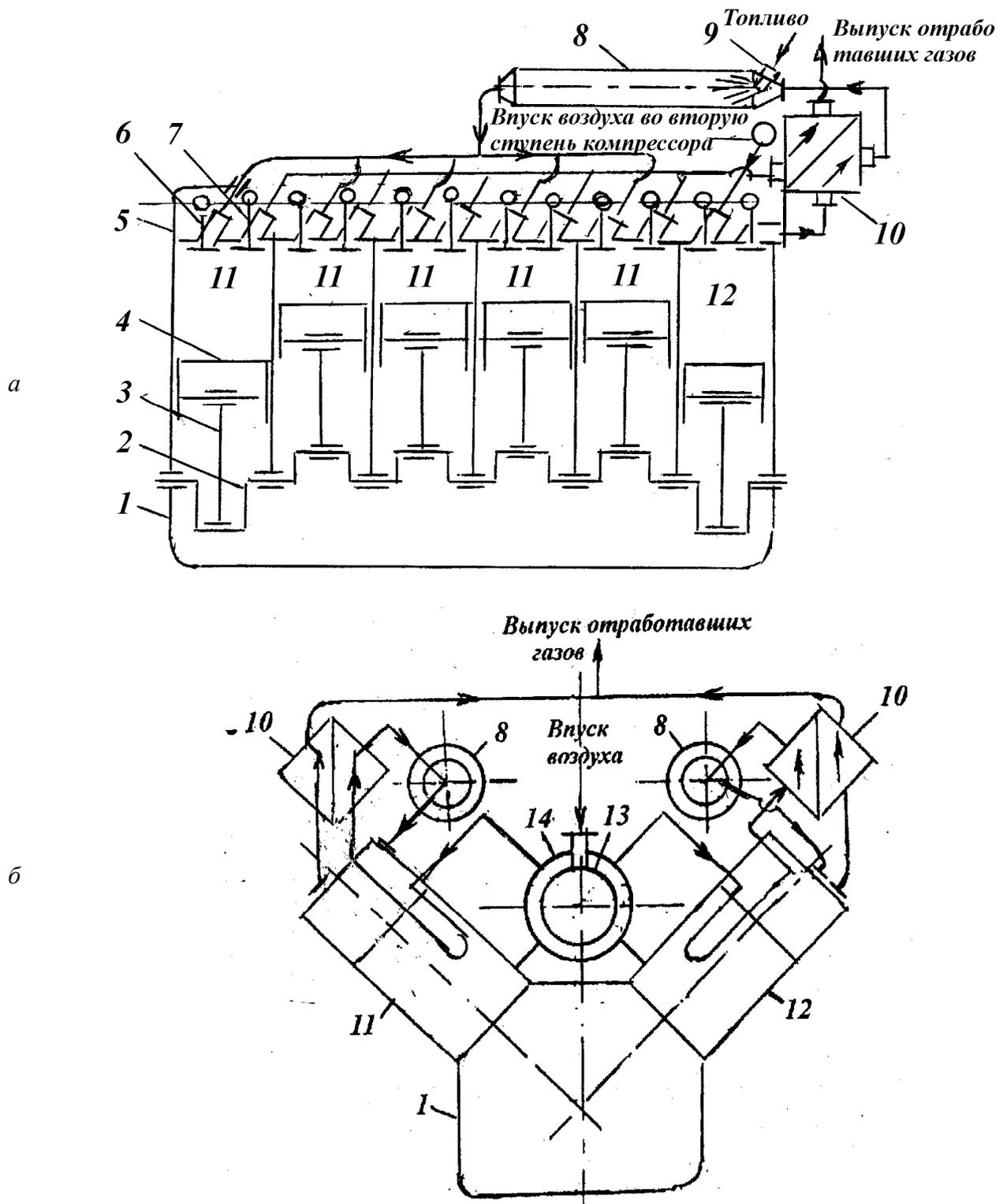
В основном предлагаемый двигатель (рис. 1) состоит из обычных деталей, а именно: блока с картером, коленчатого вала, шатунов, поршней, головок цилиндров, клапанов механизма газораспределения, форсунок, теплообменника подогрева сжатого воздуха перед камерой сгорания от выпускных газов, компрессора сжатия воздуха и охладителя его.

К перечисленным деталям добавляется: отдельная камера сгорания.

На представленном рисунке показана схема такого V-образного двигателя. В него входят: блок с картером 1, коленчатый вал 2, шатуны 3, поршни 4, головки цилиндров 5, клапаны механизма газораспределения 6 и 7. Воздух проходит две степени сжатия. Вначале он поступает в винтовой компрессор 13, далее в охладитель 14. После охлаждения он направляется в цилиндр 12 второй степени сжатия в меньшем объеме из-за уменьшения температуры в охладителе, где сжимается до принятого общего значения давления рабочего процесса и направляется в теплообменник 10. В теплообменнике ему передается тепло от выпускных газов, поступающих в смежную полость из рабочих цилиндров 11.

После передачи тепла свежему заряду воздуха отработавшие газы поступают во внешнюю среду. Нагретый свежий воздух направляется в камеру сгорания 8 (КС).

В современных зарубежных автомобилях воздух, поступающий в цилиндры автомобильных двигателей, проходит также процесс двухступенчатого сжатия. Причем, первой ступенью является компрессор винтового или роторного типа (в новом двигателе все повторяется), а второй – центробежный турбокомпрессор.



**Рисунок 1 - Четырехтактный 12 – цилиндровый V – образный двигатель с новым рабочим процессом:**  
 а – схема одного ряда; б – схема поперечного разреза; 1 – блок с картером; 2 – коленчатый вал; 3 – шатун;  
 4 – поршень; 5 – головки цилиндров; 6, 7 – соответственно, впускной и выпускной клапаны;  
 8 – камера сгорания; 9 – форсунка; 10 – теплообменник, передающий тепло от выпускных газов к воздуху;  
 11 – рабочие цилиндры; 12 – компрессор второй ступени сжатия воздуха, поступающего в камеру сгорания;  
 13 – винтовой компрессор первой ступени; 14 – охладитель воздуха после компрессора первой ступени

После камеры сгорания рабочее тело направляется в цилиндры 11, а отработавшее тело превращается в выпускные газы, подогревающие воздух, направляющийся в КС.

На рисунке 2 показано, что происходит с воздухом и рабочим телом после сгорания топлива, в виде индикаторной диаграммы. При вращении коленчатого вала компрессор 13 (первая ступень сжатия) засасывает и сжимает воздух из внешней среды, необходимый для сгорания топлива, что показано индикаторной диаграммой 1 (рис. 2). Далее он охлаждается в охладителе 14 (рис. 1) до температуры 30...50°С и подается в цилиндр 12 для выполнения второй ступени процесса сжатия – отражено диаграммой 2 (рис. 2). При этом рационально применить сжатие воздуха до избыточного давления 0,7...1,5 МПа. Полностью сжатый воздух поступает в камеру сгорания 8 (КС) после подогрева от выпускных газов в теплообменнике 10. В КС воздух поступает одновременно с топливом через форсунку 9.

Воздух, после подогрева в теплообменнике 10 и в результате сгорания топлива в камере сгорания 8, соответственно увеличенный в дополнительных объемах  $z_1$  и  $z_2$  (рис. 2), подается в рабочие цилиндры 11. Наполнение цилиндров осуществляется при незначительном первоначальном движении поршня от верхней мертвой точки (ВМТ). В т. Z наполнение заканчивает и происходит расширение газа до нижней мертвой точки (НМТ) движения поршней 11 (диаграмма 3).

Полезная работа цикла характеризуется индикаторной диаграммой 3 за вычетом индикаторных циклов двух степеней сжатия. На диаграмме не указано, но в расчетах учтено, что при вытеснении воздуха из компрессоров незначительная часть его остается в цилиндре и такая же часть остается в рабочем цилиндре для получения давления при наполнении его новой порцией рабочего тела.

Сгорание топлива происходит на всей длине КС от торца входа воздуха, после подогрева в теплообменнике 10 выпускными газами, до противоположного торца впуска полученного рабочего тела в рабочие цилиндры 11 отдельными от 4 до 6 порциями.

Так как продолжительность движения рабочего тела от правого торца к левому пропорциональна количеству указанных порций, то, возможно, продлить время для сгорания топлива, в сравнении с традиционными двигателями, в 10...20 раз. И, кроме того, наполнение рабочего цилиндра рабочим телом после сгорания топлива в КС, осуществляется за 20...40° поворота коленчатого вала, что в два раза меньше чем процесс сгорания у традиционных двигателей. Уменьшение продолжительности подачи рабочего тела значительно увеличивает коэффициент полезного действия двигателя. Из этого, приведенного описания части, рабочего процесса, следует, что он полностью решает проблему сгорания топлива для любой частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Сгорание топлива осуществляется в КС при практически постоянном давлении, что приводит к исключению внешнего шума двигателя от него.

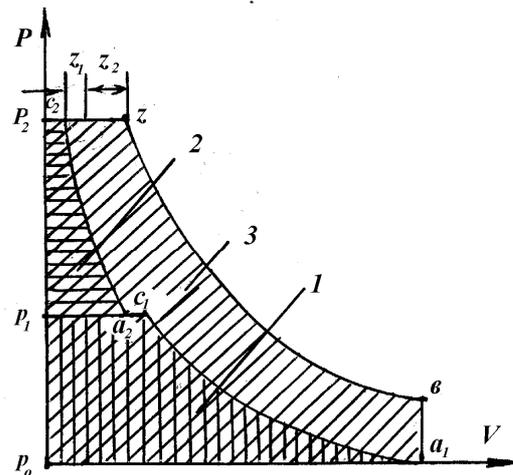
Так как время сгорания топлива практически не ограничивается, то двигатель может быть всеядным и с отсутствием токсичных газов и дыма.

В воздухе, поступающем в КС, нет примесей отработавших газов, а в серийных двигателях при наполнении цилиндров они составляют 5...15 %. За счет устранения отработавших газов в период газообмена длительность процесса сгорания значительно уменьшается с соответствующим снижением расхода топлива.

Вместо подачи топлива в КС можно применить теплообменник с подводом тепла от любого источника.

Значительно уменьшается расход топлива за счет подогрева воздуха перед поступлением его в КС в теплообменнике отработавших газов и применения отвода тепла после первой ступени его компрессии.

Для получения сравнительных данных предлагаемого с традиционными двигателями были проведены расчетные исследования рабочего процесса, результаты которого приведены в прилагаемой таблице.



**Рисунок 2 - Индикаторная диаграмма двигателя с новым рабочим процессом:**

1 – индикаторная диаграмма компрессора первой ступени, 2 – индикаторная диаграмма компрессора второй ступени, 3 – индикаторная диаграмма рабочего цилиндра с подводом тепла в теплообменнике ( $z_1$ ) и во внешней камере сгорания ( $z_2$ )

Расход топлива, полученный в результате расчетов для нового двигателя, составит 177...184 г/кВт/ч; у традиционного двигателя – не менее 225 г/кВт/ч. Максимальное давление газов в цилиндрах нового двигателя можно в любом случае уменьшить до минимального значения (например, 5,0...10,0 МПа) при практически неизменном расходе топлива. Это обеспечивается за счет рекуперации тепла выпускных газов, которые при уменьшении давления увеличиваются по объему, приобретая большую энергию. Эта энергия передается сжатому воздуху, поступающему в камеру сгорания, и далее, после сгорания топлива, в рабочие объемы поршневой части двигателя.

Т.к. давление в цилиндрах вполне может быть не более чем в бензиновом двигателе, то и частоту вращения коленчатого вала можно реализовать большую, чем в дизельных двигателях, что даст возможность соответственно увеличить мощность и значительно уменьшится расход топлива.

В таблице приведены данные расчетов для предлагаемого нового рабочего процесса на базе двигателя ЧН 15/18 с диаметром цилиндра 180 мм и ходом поршня 150 мм, завода «Барнаултрансмаш».

Таблица 1 - Реализуемая мощность предлагаемыми двигателями

№ п/п	$N$ , кВт	$n$ , об/мин	$\eta_e$	$g_e$ , г/кВтч	$P_k$ , МПа	$C_m$ , м/с	$P_z$ , МПа	Кол. цилиндров $l_u$	$\eta_m$
1	4400	3000	0,454	188	0,25	15,0	12,7	16	0,88
2	2940	3000	0,454	188	0,25	15,0	12,7	12	0,88
3	2200	3000	0,454	188	0,25	15,0	12,7	8	0,88
4	1100	1500	0,454	188	0,25	9,0	12,7	8	0,88
5	368	1500	0,454	188	0,17	9,0	9,3	4	0,88

где:  $N$  – мощность;

$n$  – частота вращения коленчатого вала;

$g_e$  – расход топлива;

$\eta_e$  – КПД;

$P_k$  – абсолютное давление воздуха на всасывании совместно с атмосферным давлением;

$C_m$  – скорость поршня;

$P_z$  – максимальное давление в цилиндре при сгорании топлива;

$l_u$  – количество цилиндров – 12;

$\eta_m = 0,88$  механический КПД.

Так как ограничений в частоте вращения коленчатого вала в нашем случае нет, то размеры диаметра и хода поршня заменены между собой (диаметр цилиндра 180, а ход поршня 150 мм). Частота вращения коленчатого вала, применяемая на предприятии, равна 2600 об/мин при средней скорости поршня 13 м/с. Т.к. скорость сгорания топлива не ограничивает частоту вращения коленчатого вала, то средняя скорость поршня (незначительно) увеличена до 15 м/с, а частота вращения коленчатого вала – до 3000 об/мин

Этот двигатель вполне применим как для бензина, так и для дизельного топлива. Увеличивая мощность двигателя, за счет нового рабочего процесса и незначительного увеличения частоты вращения коленчатого вала до 3 000 об/мин., можно получить увеличение мощности от 640 до 4 000 элс (от 500 до 2940 кВт).

В итоге, за счет применения двигателя 12ЧН18/15 с новым рабочим процессом, могут быть реализованы следующие положительные качества при эксплуатации автомобиля:

- увеличивается мощность двигателя в 4...5 раз;
- улучшается экономичность работы двигателя и соответственно автомобиля, что связано с уменьшением расхода топлива на 27...35 % (в сравнении с лучшими зарубежными образцами скоростных дизельных двигателей);
- уменьшаются механические потери в двигателе на 3...4 %;
- исключается шум двигателя от сгорания топлива;
- уменьшается удельный вес и габариты двигателя;
- возможно применение любых сортов топлива вплоть до мазута;
- отсутствует разница между дизельным и бензиновым рабочими процессами.

Можно привести пример возможности достижения полученных результатов для двигателей ЯМЗ размерности 12 ЧН 13/14.

Мощность двигателя с 12-ю цилиндрами, возможно, увеличить от 365 кВт (2100 об/мин) до 1460 кВт (3200 об/мин), т.е. в 4 раза.

Максимальное давление в цилиндре  $P_z$  уменьшится от 15 до 10 МПа.

Расход топлива уменьшится практически от 235 до 186 г/кВтч.

Все это можно получить при применении нового рабочего процесса (направление работы по совершенствованию двигателя изложено в начальной части статьи).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатров, М. Г. Автомобильные двигатели [Текст] / М. Г. Шатров. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 460 с.
2. Колчин, А. К. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст] / А. К. Колчин. - М.: «Высшая школа», 2003. –495 с.

### **Касьянов Адольф Васильевич**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Тел.: +7(8412)485883

E-mail: vakaspnz@mail.ru

### **Касьянов Валерий Адольфович**

ООО «РЖД – Сервис»

Адрес: 440026, г. Пенза, ул. Карла Маркса, д.7

Канд. техн. наук, технический директор

Тел.: +7(8412)485883

E-mail: vakaspnz@mail.ru

A. V. KASYANOV, V. A. KASYANOV

MOTOR VEHICLE FOR PLANTS

*The article deals with the internal combustion engine (DVS) with a new workflow that will significantly improve the performance of the cars. Distinguish it from the engines available in the industry, is that it can be applied to any fuel, energy of the fulfilled gas is used, application of external heat supply and an increase in engine power by using the pressurization system of any type. Proposed workflow essentially falls between diesel and gas turbine engines, excluding their main shortcomings in the degree of use of the heat from the combustion of selected fuels, i.e. it is quite suitable for a mass production of any type of the engine.*

**Keyword:** diesel, a combustion chamber, the use of exhaust heat, except the noise of the combustion process, fuel economy, and increase the power of 2 ... 3 times or more.

## BIBLIOGRAPHY

1. Shatrov, M. G. Avtomobil`nye dvigateli [Tekst] / M. G. Shatrov. - M.: Izdatel`skiy tsentr "Akademiya", 2010. - 460 s.
2. Kolchin, A. K. Raschet avtomobil`nykh i traktornykh dvigateley [Tekst] / A. K. Kolchin. - M.: "Vysshaya shkola", 2003. -495 s.

### **Kasyanov Adolf Vasilevich**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Penza, st. Titova, 28

Dr. tech. Sciences, Professor of "Motor transport."

Tel.: +7(8412)485883

### **Kasyanov Valery Adolfovich**

ООО "Russian Railways - Service"

Address: 440026, Penza, st. Karl Marks, 7

Candidate. tech. Science, Technical Director

Tel.: +7(8412)485883

E-mail: vakaspnz@mail.ru

## **Вашему вниманию представляется учебное пособие «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЗАПРАВочНЫЕ СТАНЦИИ И КОМПЛЕКСЫ»**

**авторов: д-ра техн. наук, профессора А.Н. Новикова  
и канд. техн. наук А. Л. Севостьянова**

*В пособии приведены основные характеристики автозаправочных станций, рассмотрены вопросы технической эксплуатации автозаправочных станций, их территориального размещения, экологической и пожарной безопасности, а также ремонта технологического оборудования автозаправочных станций.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»,  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

УДК 629.08(07)

Е. В. БОНДАРЕНКО, А. А. ФИЛИППОВ, М. Р. ФАЗУЛЛИН, Р. Т. ШАЙЛИН

## К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ СЕТИ МЕТАНОВЫХ ЗАПРАВОК В Г. ОРЕНБУРГЕ

*Известно, что изменение структуры автомобильного парка в пользу метановых автотранспортных средств обеспечивает экологическую и энергетическую безопасность городских перевозок с минимальными финансовыми затратами. В этой связи в статье проанализированы стимулирующие и сдерживающие факторы развития газификации автомобильного транспорта; оценён потенциал использования метана в качестве моторного топлива; обоснована необходимость развития сети метановых заправок г. Оренбурга, так как её несоответствие современным условиям является основным сдерживающим фактором. Авторами статьи сформулированы задачи исследования, проведён аналитический обзор методов исследования, реализация которых позволит сформировать научно-методическую базу эффективного развития сети метановых заправок и, как следствие, расширения использования газового моторного топлива на автомобильном транспорте г. Оренбурга.*

**Ключевые слова:** экологическая и энергетическая безопасность городских перевозок, сеть метановых заправок, моторное топливо, метан.

Известно, что изменение структуры автомобильного парка в пользу метановых автотранспортных средств (АТС) обеспечивает экологическую и энергетическую безопасность городских перевозок с минимальными финансовыми затратами. Причём, наибольший экологический и социально-экономический эффект (за счёт снижения себестоимости проезда) от этого мероприятия наблюдается в случае перевода на метан маршрутных автобусов [1]. Учитывая данный очевидный факт, муниципальные власти г. Оренбурга начали реализацию долгосрочной программы по газификации автобусного парка. В период с мая по сентябрь 2012 года для работы на метане переоборудовано 83 автобуса. Конечной целью реализации программы является максимально возможное замещение традиционных видов топлива, включая газ сжиженный нефтяной (ГСН), на компримированный природный газ (КПГ). Однако, кроме неоспоримых преимуществ КПГ, как моторного топлива, существует ряд сдерживающих факторов расширения его использования [1]. По мнению авторов данной статьи для г. Оренбурга основным таким фактором является отсутствие развитой сети метановых заправок. Причём многоаспектность данной проблемы требует системного подхода к её решению.

Для описания проблемной ситуации проведён мониторинг сети метановых заправок (АГНКС) Оренбургской области [2]. Сеть АГНКС Оренбургской области сформирована четырьмя станциями, рассчитанными на 250 и 500 условных заправок в сутки. Данные станции, размещённые в городах Оренбурге, Медногорске, Орске, Домбаровке, принадлежат ОАО «Газпром». По результатам мониторинга деятельности АГНКС, представленным на рисунке 1, авторами данной статьи были установлены количественные характеристики и структура парка газобаллонных автомобилей (ГБА) Оренбургской области.

Всего по Оренбургской области насчитывается около 402 ед. АТС, использующих природный газ в качестве моторного топлива. Их доля в общем количестве АТС (589044 ед.) составляет 0,025 %, что ниже общероссийского показателя в 6 раз. Более половины парка ГБА на КПГ Оренбургской области принадлежит ОАО «Газпром», остальная часть – это муниципальные и частные автобусы городов Орска и Оренбурга.

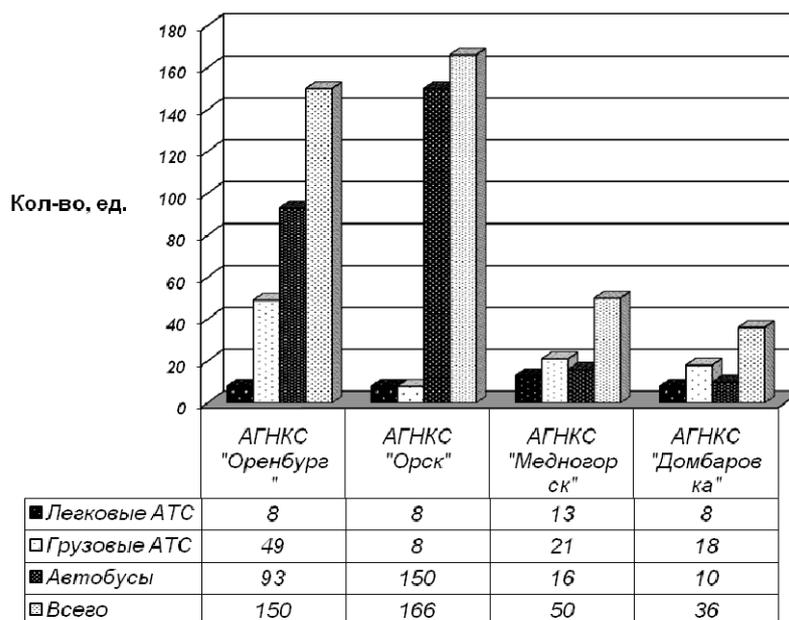


Рисунок 1 – Количество автотранспортных средств Оренбургской области, использующих природный газ в качестве моторного топлива

В целом потенциал природного газа, как моторного топлива в Оренбургской области можно оценить как достаточно высокий, но пока слабо используемый. Причём в восточных районах, где сосредоточено 75% всех АГНКС области, этот потенциал выше, чем в центральных и западных районах, где имеется всего одна действующая АГНКС-500 (в г. Оренбурге). Важно и то, что на рынке газового моторного топлива Оренбуржья у КПП имеется серьёзный конкурент – газ сжиженный нефтяной (ГСН). Обеспеченность заправками (АГЗС) для этого вида топлива в центральных и западных районах несравнимо выше, чем для КПП. Однако в последнее время наблюдается тенденция снижения объёмов производства ГСН.

Таким образом, в г. Оренбурге функционирует одна газовая заправка для КПП – АГНКС-500, расположенная на Загородном шоссе, 7 (рис. 2).



Рисунок 2 – Оренбургская АГНКС – 500

Номинальная пропускная способность станции – 500 условных заправок в сутки. Объём условной заправки газом автомобиля – 72 м<sup>3</sup>. Время заправки одного автомобиля, включая вспомогательные операции 10...12 мин. АГНКС рассчитана на непрерывную работу без полных остановок на планово-предупредительные ремонты. На АГНКС предусматривается следующее распределение заправок автомобилей по сменам в течение суток:

- 1 смена – 55%;
- 2 смена – 35%;
- 3 смена – 10%.

Расчетная производительность АГНКС по газу в первую смену – 3456 м<sup>3</sup>/ч [3]. То есть данная заправка способна за сутки заправить метаном около 600 автобусов. Учитывая, что в г. Оренбурге ежедневно на обслуживание маршрутов выходит до 700 автобусов, то в случае успешной реализации программы заправочных мощностей будет явно недостаточно. Кроме того, даже в сложившихся условиях низкой доли ГБА (0,025 %) в структуре автомобильного парка и, как следствие, низкого уровня загрузки АГНКС (5...10 %), на станции может наблюдаться очередь. Связано это с тем, что при регламенте заправки 10...12 минут и наличии 8 газораздаточных колонок, рассматриваемая АГНКС за 1 час способна пропустить всего 40...48 автобусов. Поэтому для предотвращения очереди необходимо равномерное поступление потребителей (8 автобусов за 10...12 минут). Но пока выполнить данное требование не представляется возможным из-за отсутствия у перевозчиков согласованного графика заправок, следовательно, количество одновременно обслуживаемых на АГНКС автобусов есть величина случайная с высокой вероятностью, того, что её критическое значение может быть многократно превышено. Ситуация усугубится с увеличением доли ГБА.

Увеличенные «плечи» заправки (в сравнении с АГЗС и АЗС) и, как следствие, дополнительные временные и финансовые потери, также являются негативным следствием отсутствия развитой сети метановых заправок. Конечные пункты маршрутов разнесены по периметру всего города, и, как показывают результаты расчёта, значение «плеча» заправки варьируется в диапазоне от 1,5 до 20 км. В условиях загруженности дорожной сети города время движения к АГНКС превышает 30 минут. Для сравнения приведём «плечо» заправки маршрута №17 (рис. 3), у которого конечный пункт находится ближе всего к АГНКС (1,5 км). Ближайшие АЗС и АГЗС находятся в «шаговой» доступности: АЗС №63 (0,4 км); АЗС №93 (1,5 км); АЗС №77 (1,75 км); АЗС №53 (2,6 км); АГЗС (0 км).

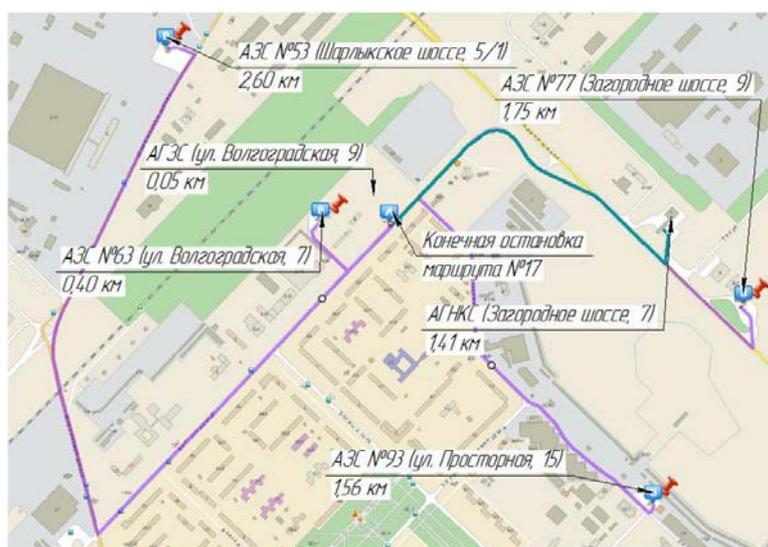


Рисунок 3 – План-схема размещения ближайших заправочных пунктов для маршрута №17 г. Оренбурга

Представленная план-схема хорошо иллюстрирует следующую ситуацию: даже для самого «выгодного» с позиции минимального расстояния до АГНКС маршрута имеется значительное количество более доступных заправочных пунктов (АЗС и АГЗС). Сложнее (из-за больших «плечей» заправки) обстоит дело с другими маршрутами.

Дополнительными проблемами для перевозчиков оборачивается отсутствие удобного и безопасного подъезда к АГНКС. Так, существующие два направления подъезда к станции, характеризуются следующими особенностями (рис. 4). Извилистое окончание ул. Волгоградской, соединяющееся с Загородным шоссе, имеет подъем. При выезде с подъема на шоссе водителям необходимо как можно быстрее перестроиться с полосы разгона на левую полосу движения для последующего разворота, который может быть выполнен только после появления свободного промежутка во встречном транспортном потоке.

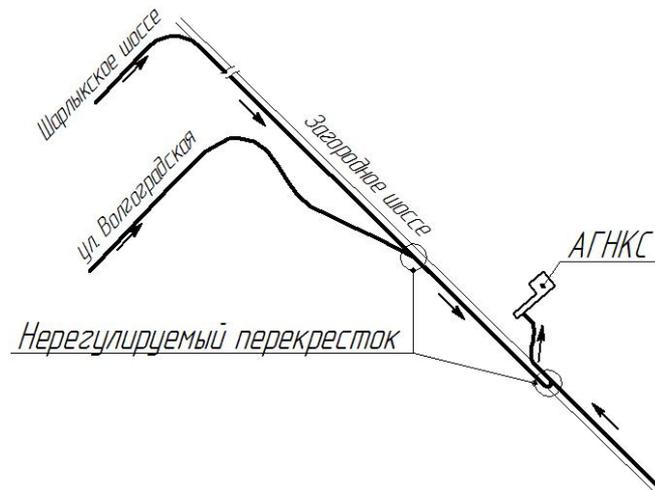


Рисунок 4 – Схема основных направлений подъезда к АГНКС-500 г. Оренбурга

Аналогичный манёвр должны выполнить водители, подъезжающие к станции со стороны Шарлыкского шоссе. В условиях двух нерегулируемых перекрёстков и высокой плотности транспортного потока данные маневры отрицательно влияют на безопасность дорожного движения и пропускную способность участка трассы.

В более выгодном положении оказываются водители, подъезжающие с противоположного направления, но до АГНКС им приходится преодолевать значительно больший путь.

Эффективное решение рассматриваемых проблем возможно на основе системного подхода. Причём под эффективностью, в данном случае, понимается высокая степень реализации комплексных научно-обоснованных решений в рамках специально разработанных программ. В этой связи, авторы данной статьи предлагают трёхэтапную схему развития.

**I этап.** Разработка мер, стимулирующих рост парка газобаллонных автобусов. В качестве основного мероприятия этого направления следует рассматривать сокращение затрат на переоборудование АТС, что вполне реализуемо при обосновании количества, а также типов и размеров устанавливаемых газовых баллонов, а именно они составляют основную статью затрат (более 60 %). Авторами данной статьи разработана методика, позволяющая оптимизировать затраты на баллоны с учётом допустимых (с позиции влияния на конструкцию и безопасность АТС) монтажных схем, среднесуточного пробега, особенностей маршрута движения.

С помощью разработанной методики формируется комплект, который состоит из баллонов различных типов и размеров, отличающихся ценой (в зависимости от производителя и условий доставки) по следующей системе критериев:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{m_B}{V_B} \rightarrow \min \\ \sum C_B \\ \frac{s}{\sum V_B} \rightarrow \min \end{array} \right. , \quad (1)$$

где:  $m_B$  – масса баллона, кг;

$V_B$  – физический объем баллона, л;

$C_B$  – стоимость баллона, руб.;

$s$  – количество баллонов в комплекте.

Важным условием является то, что суммарного объёма КПП, который содержится в сформированном комплекте, должно хватать для работы автобуса на маршруте без дополнительной заправки в течение суток. Результаты использования методики при подборе баллонов для автобуса ПАЗ-3205, наиболее представленного в пассажирских перевозках г. Оренбурга, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты подбора комплекта баллонов для автобуса ПАЗ-3205

Показатель	Без использования методики	С использованием методики
Физический объем комплекта баллонов, л	319	316
Суммарный объем заправляемого КПП, куб.м.	80	79
Масса комплекта баллонов, кг	219	334
Стоимость комплекта баллонов, руб	89320	58048
Количество, объём баллонов в комплекте и производитель	1 шт. Реал-Шторм 185 л 2 шт. Реал-Шторм 67 л	2 шт. ОМЗ 108 л 2 шт. КЭМЗ 50 л
Пробег на одной заправке при расходе газа 34 л/100 км, км	235	232

Таким образом, стоимость переоборудования может быть снижена в 1,5 раза только за счёт оптимизации комплекта баллонов.

Также для увеличения парка ГБА должны вводиться на государственном и муниципальном уровне комплексы мер по стимулированию, направленные на экономическую привлекательность КПП.

**II этап.** Разработка графика заправок КПП. Рассматриваемое мероприятие особенно актуально в сложившихся условиях, то есть при наличии всего одной АГНКС. По результатам исследований авторов данной статьи автобусы экономически эффективно оснащать комплектом баллонов с суммарным объёмом заправки КПП необходимым и достаточным для работы на маршруте в течении одних суток (рис. 5). Для автобусов модели ПАЗ-3205 эта величина составляет 52...86 м<sup>3</sup> (в зависимости от маршрута).

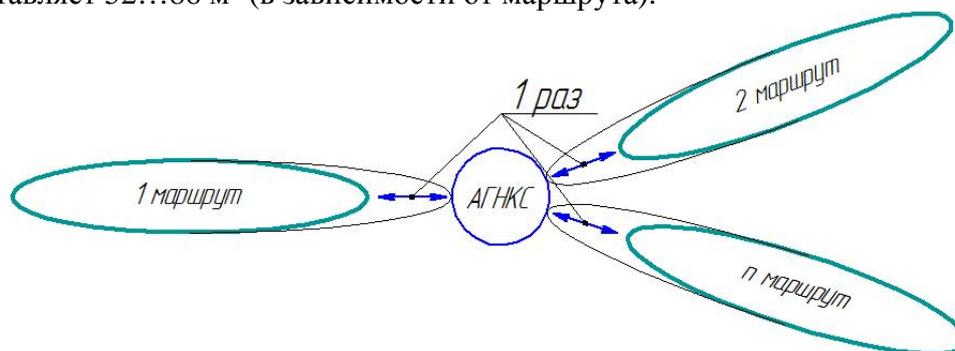


Рисунок 5 – Схема движения автобусов, работающих на маршрутах, на заправку

В условиях увеличивающегося парка ГБА из-за неравномерности потока автобусов на АГНКС высока вероятность образования очереди, особенно в утренние и вечерние часы, на которые приходится «пик» заправок. Кроме того, конечные точки маршрутов разнесены по периметру всего города, и, следовательно, «плечи» заправок существенно отличаются. Поэтому, для ликвидации перебоев в работе маршрутов, водители наиболее удаленных из них вынуждены будут совершать дополнительные рейсы для того, чтобы компенсировать отсутствие автобусов, обслуживаемых в это время на АГНКС. Решение вопроса авторы статьи видят в разбивке маршрутов по времени заезда на АГНКС, то есть в разработке графика заправок КПП. Такой график был разработан для 9 маршрутов с общим количеством автобусов равным 132 ед. (рис. 6).

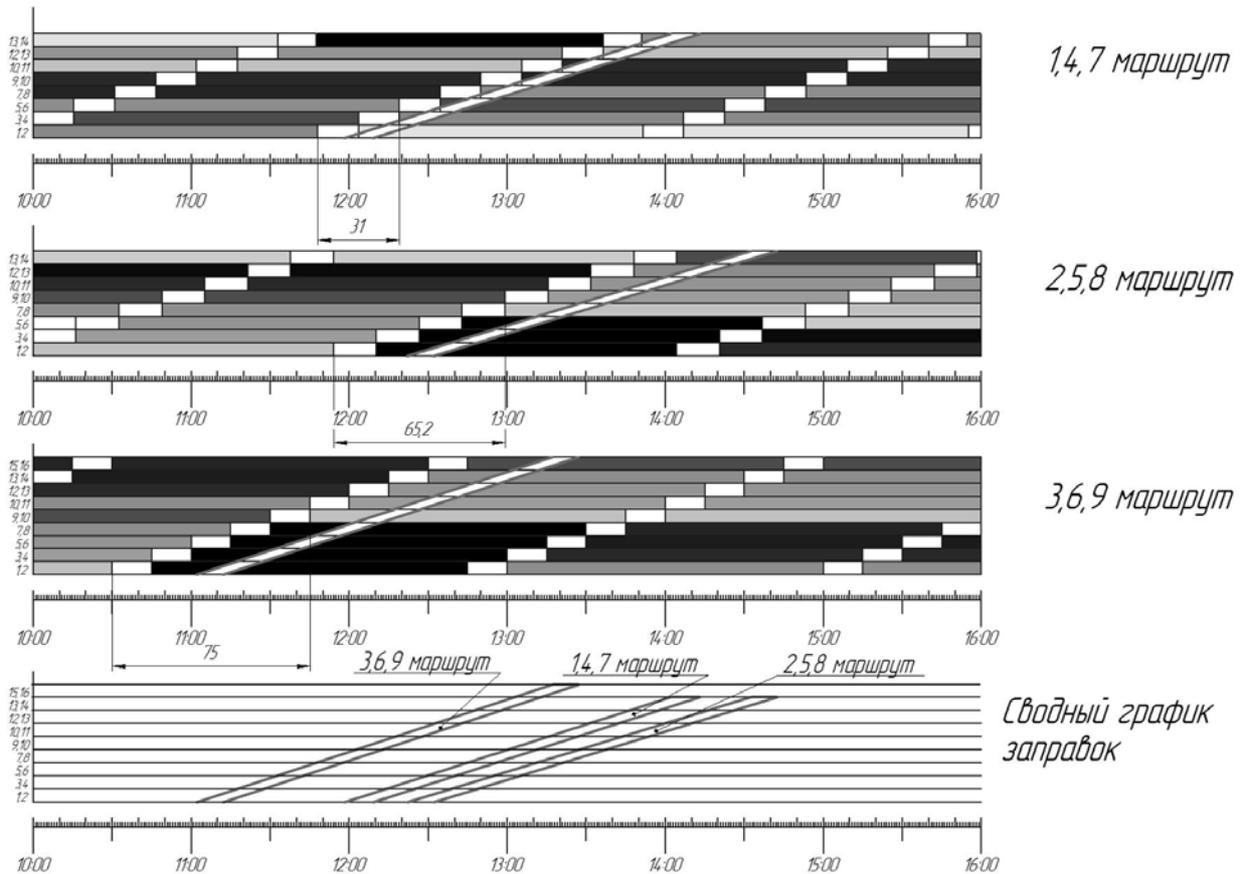


Рисунок 6 – График распределения маршрутов по времени заезда на АГНКС

Цветными маркерами показаны временные интервалы движения автобусов; черным маркером – время выхода дополнительных машин, необходимых в утренние и вечерние часы для замещения заправляемых АТС. В сводном графике заправки указаны временные интервалы обслуживания автобусов на заправке. Разработанный график распределения учитывает вариацию «плеча» заправки в зависимости от маршрута, временные интервалы выпуска, количество и среднюю техническую скорость движения автобусов на линии. По результатам внедрения графика можно сказать, что обслуживание всех 132 автобусов на Оренбургской АГНКС-500 будет осуществляться во временном интервале с 11:00 до 15:00 без возникновения очереди на заправке.

У рассмотренной схемы распределения маршрутов по времени заезда на АГНКС по сравнению с существующей (полное отсутствие графика заправки) имеется ряд достоинств.

1) Минимизируется вероятность образования очереди при обслуживании автобусов на станции.

2) Планируется загрузка станции с учётом изменения интенсивности движения транспорта особенно в утренние и вечерние часы «пик».

К недостаткам следует отнести:

1) Сокращение времени отдыха водителей после рейса либо обеспечение маршрутов дополнительными автобусами (в зависимости от длины «плеча» заправки).

2) Сложность соблюдения графика из-за обслуживания сторонних потребителей КПП, так как парк ГБА не ограничивается переоборудованными автобусами.

Устранение описанных недостатков авторы данной статьи видят в развитии сети метановых заправок в г. Оренбурге и повышении эффективности работы действующей АГНКС.

**III этап.** Под повышением эффективности работы АГНКС понимается увеличение её загрузки, которое может быть реализовано, во-первых, увеличением парка ГБА, а во-вторых, использованием мобильных средств заправки газом, работающих по схеме «материнская-дочерняя заправки». При этом в качестве «материнской» заправки используется существующая

щая АГНКС, а в качестве «дочерних» – передвижные автогазозаправщики (ПАГЗ) или автомобильные газонаполнительные компрессорные установки с доставкой метана к ним от АГНКС в кассетных сборках (рис. 7).

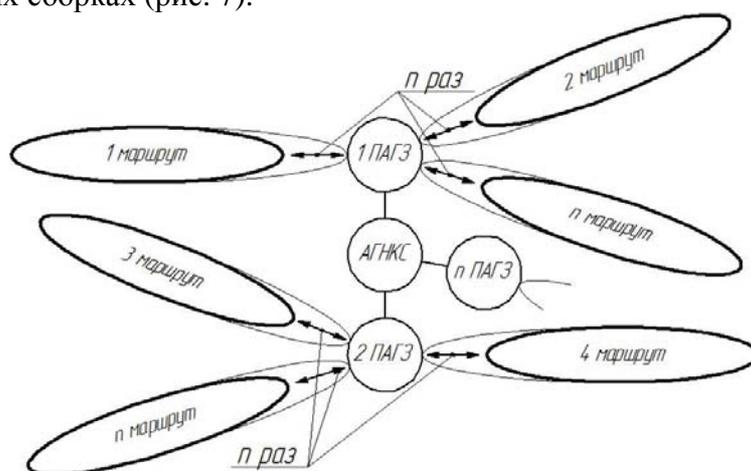


Рисунок 7 – Схема движения маршрутных автобусов на заправку по схеме «материнская-дочерняя заправки»

Представленная схема имеет больше положительных сторон по сравнению со схемой на рисунке 6: сокращаются «плечи» заправок; отсутствует необходимость задействовать дополнительный транспорт, чтобы компенсировать время, затрачиваемое на заправку; не происходит нарушение режима труда и отдыха водителей.

Возможно также размещение модульных заправок (МЗ) на предприятиях, эксплуатирующих парк ГБА и имеющих технические условия подключения МЗ к местным системам газоснабжения (доступ к газовой магистрали с давлением 0,3...0,5 МПа).

Для реализации данного этапа необходимо определить точки заправки так, чтобы порожний пробег и время, затрачиваемое на передвижение, были минимальными. Данные точки следует располагать вблизи конечных пунктов или мест отстоя автобусов, учитывая необходимую, но достаточную мощность средств заправки. При обосновании сети метановых заправок по месту расположения, мощности и конструкции средств заправки важно учитывать следующие моменты.

1) Необходимость соблюдения действующих правил безопасности по эксплуатации, обустройству и размещению АГНКС, ПАГЗов и МЗ.

2) Необходимость выбора разрешённых маршрутов доставки КПП от АГНКС к точкам заправки на ПАГЗах, так как перевозка таких грузов как сжатый метан относится к перевозкам повышенной опасности.

3) Необходимость учёта при размещении точек заправки влияния дорожных условий: геометрических параметров улично-дорожной сети; плотности транспортного потока; требований дорожных знаков и разметки.

Системные решения в рамках рассматриваемых в статье проблем на основе описанных методов и методик позволят увеличить долю газобаллонных автобусов и получить эффективно действующую сеть метановых заправок, что в дальнейшем станет мощной научно-методической базой для расширения использования КПП другими перспективными группами АТС (таксомоторный парк, грузовой автотранспорт, сельхозтехника).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, Е. В. Оценка эффективности эксплуатации автобусного парка на природном газе (на примере г. Оренбурга) [Текст] / Е. В. Бондаренко, В. И. Миркитанов, А. А. Филиппов // Вестник Оренбургского государственного университета, 2007. - № 1.

2. Бондаренко, Е. В. Потенциал использования природного газа в качестве моторного топлива [Текст] / Е. В. Бондаренко, О. В. Дудченко, А. А. Филиппов // Проблемы диагностики и эксплуатации автомобильного транспорта: II Международная научно-практическая конференция. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009.

3. Технологический регламент по заправке автомобилей сжатым природным газом на АГНКС с компрессорными установками типа 4HR 3KN-200/210-5-249 WLK. – М.: РАО «Газпром», 1995.

**Бондаренко Елена Викторовна**

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Адрес: 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей»

Тел.: +7(903)3923997

E-mail: post@mail.osu.ru

**Филиппов Андрей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Адрес: 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей»

Тел.: +7(912)8487472

E-mail: andrulia@rambler.ru

**Фазуллин Максим Римович**

Администрация города Оренбурга

Адрес: 460000, г. Оренбург, ул. Советская, 60

Канд. техн. наук, начальник управления пассажирского транспорта

Тел.: +7(922)6219821

E-mail: maksim-fazullin@yandex.ru

**Шайлин Равиль Ташбулатович**

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Адрес: 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13

Аспирант кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей»

Тел.: +7(922)5466647

E-mail: Raul20082008@mail.ru

---

E. V. BONDARENKO, A. A. FILIPPOV, M. R. FAZULLIN, R. T. SHAYLIN

## ON THE NECESSITY OF NETWORK METHANE FILLING STATIONS IN ORENBURG

*It is known that change of structure of fleet of vehicles in favor of methane vehicles provides ecological and power safety of city transportations with the minimum financial expenses. In this regard in article are analysed stimulating and deterrents of development of gasification of motor transport; the potential of use of methane as motor fuel is estimated; need of development of a network of methane fillings of Orenburg as its discrepancy to modern conditions is the main deterrent is proved. Authors of article formulated research problems, the state-of-the-art review of methods of the research which realization will allow to create scientific and methodical base of effective development of a network of methane fillings and, as a result, expansion of use of gas motor fuel on motor transport of Orenburg is carried out.*

**Keywords:** ecological and power safety of city transportations, network of methane fillings, motor fuel, methane.

### BIBLIOGRAPHY

1. Bondarenko, E. V. Otsenka effektivnosti ekspluatatsii avtobusnogo parka na prirodnom gaze (na primere g. Orenburga) [Tekst] / E. V. Bondarenko, V. I. Mirkitanov, A. A. Filippov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2007. - № 1.

2. Bondarenko, E. V. Potentsial ispol'zovaniya prirodnogo gaza v kachestve motornogo topliva [Tekst] / E. V. Bondarenko, O. V. Dudchenko, A. A. Filippov // Problemy diagnostiki i ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta: II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. - Irkutsk: Izd-vo IrGTU, 2009.

3. Tekhnologicheskii reglament po zapravke avtomobiley szhatym prirodnyim gazom na AGNKS s kompressornymi ustanovkami tipa 4HR 3KN-200/210-5-249 WLK. - M.: RAO "Gazprom", 1995.

**Bondarenko Elena Viktorovna**

FGBOU VPO «Orenburg State University»

Adress: 460018, Orenburg, Pobeda 13

Doctor of Technical Sciences, Department of Technical Maintenance and repair of motor vehicles

Tel.: +7(903)3923997

E-mail: post@mail.osu.ru

**Filippov Andrey Aleksandrovich**

FGBOU VPO «Orenburg State University»

Adress: 460018, city Orenbur, Pobeda 13

Ph.D., assistant professor of technical maintenance and repair of motor vehicles

Tel.: +7(912)8487472

E-mail: andrulia@rambler.ru

**Fazullin Maxim Rimovich**

Administration of Orenburg, 460000, Orenburg, ul. Sovetskaya, 60

PhD, Head of Passenger Transport

Tel.: +7(922)6219821

E-mail: maksim-fazullin@yandex.ru

**Shaylin Ravil Tashbulatovich**

FGBOU VPO «Orenburg State University»

Adress: 460018, Orenburg, Pobeda 13

Graduate student of technical maintenance and repair of motor vehicles

Tel.: +7(922)5466647

E-mail: Raul20082008@mail.ru

**Вашему вниманию представляется учебное пособие  
«ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА  
СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»  
под редакцией канд. техн. наук, доц. Н. А. Давыдова**

*В пособии приведены основные положения по формированию предприятий автомобильного транспорта как основы производственно-технической инфраструктуры сервисного обслуживания автомобилей. Рассмотрены методики технологического расчета станций технического обслуживания, автозаправочных станций и автостоянок. Отражены особенности формирования производственно-технической базы автотранспортных предприятий. Уделено внимание оснащению предприятий технологическим оборудованием, его конструкции, работе, размещению и обслуживанию.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия»  
[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)*

УДК 629.114.4.01:678.026.345

В. Н. КОРЕНЕВ, А. Ю. РОДИЧЕВ, А. В. СЕМЕНОВ, И. С. КАРАСЕВ, А. О. ВОЛКОВ

## ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЯ ПОД НАПЫЛЕНИЕ

*Представлена технология для подготовки поверхности изделия под напыление, позволяющая повысить прочность сцепления напыленного слоя с основой за счет увеличения контактной и опорной поверхности основы, а также усталостную прочность деталей.*

**Ключевые слова:** газопламенное напыление, порошок, покрытие, технология, поверхность, подготовка, прочность сцепления.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из путей повышения ресурса техники, снижения расхода запасных частей является внедрение в производство технологии упрочнения и восстановления деталей с использованием газопламенного напыления порошковых материалов. Однако, низкая прочность сцепления основного и дополнительного металла, необходимость тщательной подготовки поверхности перед напылением, сложность механической обработки, сдерживает широкое внедрение газопламенного напыления в производство.

Известно, что одним из наиболее эффективных способов подготовки поверхностей деталей машин под газопламенное напыление, обеспечивающим значительное повышение прочности сцепления покрытия с подложкой, является накатывание на восстанавливаемой или упрочняемой поверхности заготовки резьб с замковым профилем [1, 2].

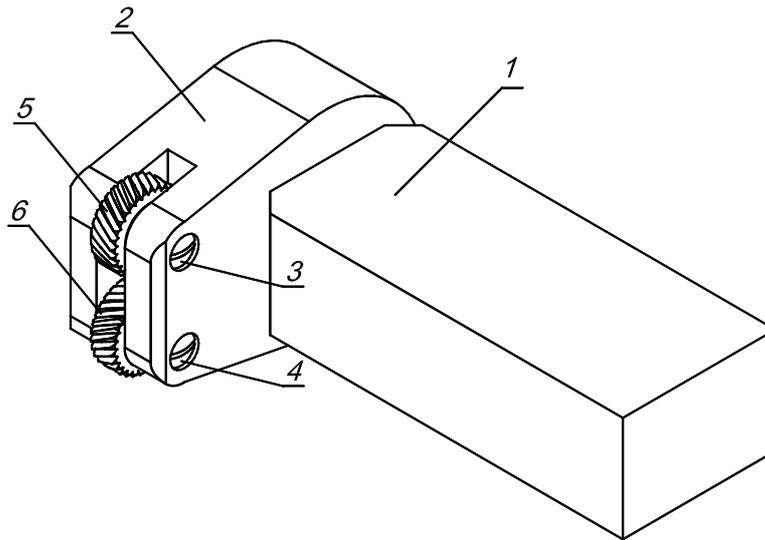
Недостатком известной технологии является неполное заполнение замкового профиля напыляемым материалом, что приводит к снижению прочности сцепления покрытия с основой и снижению прочности самого покрытия образованию пустот в нанесенном покрытии.

Задачей разработки является повышение заполнения профиля напыляемым материалом при высокой прочности сцепления напыленного слоя с основой и усталостной прочности детали.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поставленная задача достигается тем, что в существующей технологии, заключающейся в том, что после нарезания «рваной» резьбы на детали дополнительно проводят операцию деформирования вершин «рваной» резьбы, согласно разработке, деформирование вершин «рваной» резьбы проводят косым сетчатым накатыванием на поверхности роликами с выфрезерованными на поверхности треугольными зубьями с закругленными вершинами и впадинами, расположенными под углом  $30^\circ$  к оси ролика и направленными у одного ролика вправо, а у другого влево.

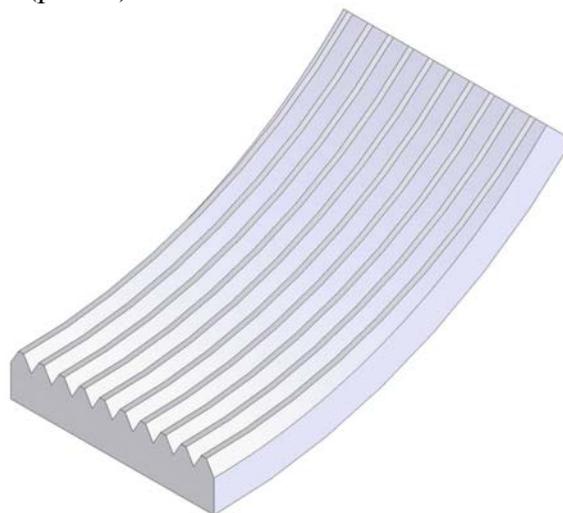
Устройство для подготовки поверхности изделия под напыление (рис. 1) содержит ручку 1 с установленным на ней неподвижно роликодержателем 2, в прорезях которого на осях 3 и 4, параллельных оси изделия, по свободной посадке установлены накатные ролики: правый 5 и левый 6, с выфрезерованными на поверхности треугольными зубьями с закругленными вершинами и впадинами, расположенными под углом  $30^\circ$  к оси ролика и направленными у одного ролика вправо, а у другого влево.



**Рисунок 1- Общий вид устройства, реализующего предлагаемую технологию:**  
 1 – ручка, 2 – роликдержатель, 3 и 4 – оси, 5 и 6 – ролики, правый и левый соответственно

Технология подготовки поверхности изделия под напыление осуществляется следующим образом.

Изношенная поверхность упрочняемой, восстанавливаемой или защищаемой от коррозии детали предварительно обрабатывается на токарном станке, на которую затем наносится «рваная» резьба (рис. 2).



**Рисунок 2 – Фрагмент поверхности с нарезанной «рваной» резьбой**

После этого на «рваную» резьбу наносят косое сетчатое рифление накатыванием роликами. Для этого устройство ручкой 1 устанавливают в резцедержатель станка под прямым углом к обрабатываемой «рваной» резьбе накатными роликами 5 и 6, треугольные зубья которых внедряют в вершины «рваной» резьбы. Врезание роликов на полную глубину осуществляется за 1-2 об. детали без включения продольной подачи с минимальным числом оборотов шпинделя станка. Накатывание проводится за один проход с продольной подачей 2-3 мм/об и окружной скоростью 15-20 м/мин.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

При внедрении зубьев роликов 4 и 5 деформируются вершины резьбы, и деформированный металл течет внутрь от каждого зуба. В результате прохода инструмента по вершине резьбы образуется участки профиля с косой сетчатой накаткой (рис. 3), на которые в дальнейшем механически прикрепляется напыленный слой. Этот профиль выполняет роль дополнительной опорной и одновременно контактной поверхности. Активное сечение покрытия определяется площадью профиля поверхности. Следовательно, в одном случае

прочность сцепления лимитируется опорным действием профиля поверхности, а в другом - прочностью самого покрытия, определяемого его активным сечением. Механическое деформирование поверхностных слоев резьбы вызывает интенсивную активацию последних, которая также способствует повышению адгезии напыленного слоя с основой, но для полного использования этого эффекта напыление поверхности следует проводить непосредственно сразу после формирования поверхности данным способом

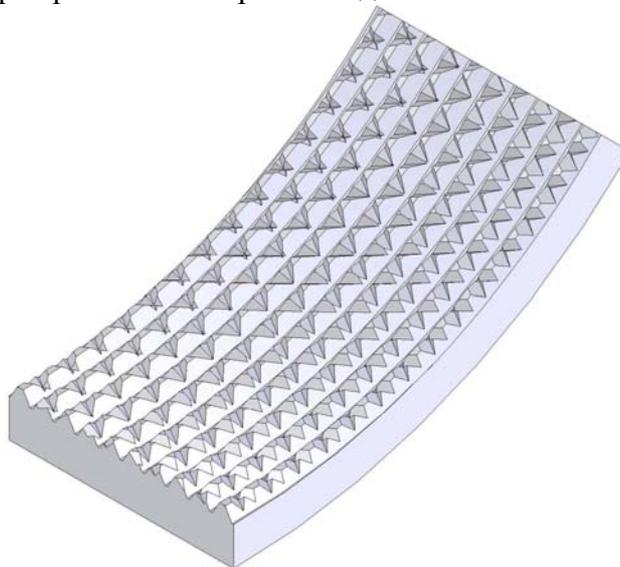


Рисунок 3 - Фрагмент поверхности с витками «рваной» резьбы с последующей косой сетчатой накаткой

После подготовки поверхности предлагаемым способом осуществляют операцию газопламенного напыления порошковых материалов с помощью горелки. Поскольку при газопламенном напылении применяются порошки с диаметром частиц 40 мкм, а частицы порошка имеют высокую скорость при взаимодействии с деталью, достигается практически полное заполнение рельефа. Нанесенный газопламенным напылением слой оплавляется с помощью горелки, что особенно способствует заполнению покрытием профиля, повышает прочность сцепления, снижает пористость и повышает твердость покрытия.

### ВЫВОД

Использование предлагаемой технологии позволяет повысить заполнение профиля напыляемым материалом, за счет упрощения профиля поверхности подготовленной основы, при высокой прочности сцепления напыленного слоя с основой и усталостной прочности деталей, за счет увеличения контактной и опорной поверхности основы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2237525 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В05D 03/12. Способ подготовки поверхности изделия под напыление и устройство для его осуществления. [Текст]/В. Н. Корнев, В. Н. Хромов, В. В. Барабаш, К. В. Кулаков, С. А. Зайцев. - №2003119672; заявл. 30.06.2003; опубл. 10.10.2004 г. Бюл. №28. - 5 с.
2. Пат. 2305606 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В05D 3/00 Устройство для подготовки поверхности изделия под напыление. [Текст]/В.Н. Корнев, В.Н. Хромов. - №2006105584; заявл. 22.02.2006; опубл.10.09.07 г. Бюл. №25 - 6 с.
3. Пат. №2400312 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В05D 3/12 Способ подготовки поверхности изделия под напыление. [Текст]/ Родичев А. Ю., Хромов В. Н., Корнев. В. Н. опубл. 27.09.10 г. Бюл. №27
4. Пат. №2427459 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В24В 39/00 Устройство для накатывания на станках. [Текст]/ Корнев В. Н., Хромов В. Н., Родичев А. Ю. опубл. 27.08.11 г. Бюл. №24 .
5. Пат. №2424888 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В23Р6/00 Способ восстановления подшипника скольжения. [Текст]/ Корнев В. Н., Хромов В. Н., Родичев А. Ю. опубл. 27.07.11 г. Бюл. №21
6. Пат. №2416744 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F16С 33/00 Способ изготовления подшипника скольжения. [Текст]/ Родичев А. Ю., Хромов В. Н., Корнев В. Н., Барабаш В. В. опубл. 20.04.11 г. Бюл. №36

**Коренев Владислав Николаевич**

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

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

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

Тел.: +7(910)3047479

E-mail: korenev-vlad@list.ru

**Родичев Алексей Юрьевич**

ЗАО «Дормаш»

Адрес: 302042, г. Орел, Кромское шоссе, 3

Начальник конструкторского бюро общих компоновок отдела главного конструктора

Тел.: +7(905)1673322

E-mail: alfox777@orel-dormash.ru

**Семенов Александр Васильевич**

ООО «Технодом»

Адрес: 302527, Орловская область, д. Становое

Директор Орловского филиала

Тел.: +7(910)2005091

E-mail: orel@technodom.com

**Карасев Иван Сергеевич**

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

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

Аспирант кафедры «Надежность и ремонт машин», мастер производственного обучения

Тел.: +7(920)8200027

E-mail: service1@orelsau.ru

**Волков Андрей Олегович**

ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

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

Аспирант кафедры «Надежность и ремонт машин»

Тел.: +7(4862)431979

E-mail: service1@orelsau.ru

V. N. KORENEV, A. U. RODICHEV, A. V. SEMENOV, I. S. KARASEV, A. O. VOLKOV

## PREPARATION OF A PRODUCT SURFACE FOR SPRAYING

*The technology of preparation of a product surface for spraying is presented what allows to increase adhesive strength of sprayed layer with a basis due to extension of a contact and supporting surfaces of the basis and also to increase fatigue strength of details.*

**Key words:** flame spraying, powder, coating, surface, technology, technology, adhesive strength.

## BIBLIOGRAPHY

1. Pat. 2237525 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 V05D 03/12. Sposob podgotovki poverkhnosti izdeliya pod napylenie i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya. [Tekst]/V. N. Korenev, V. N. Hromov, V. V. Barabash, K. V. Kulakov, S. A. Zaytsev. - №2003119672; zayavl. 30.06.2003; opubl. 10.10.2004 g. Byul. №28. - 5 s.
2. Pat.2305606 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 V05D 3/00 Ustroystvo dlya podgotovki poverkhnosti izdeliya pod napylenie. [Tekst]/V.N. Korenev, V.N. Hromov. - №2006105584; zayavl. 22.02.2006; opubl.10.09.07 g. Byul. №25 - 6 s.
3. Pat. №2400312 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 V05D 3/12 Sposob podgotovki poverkhnosti izdeliya pod napylenie. [Tekst]/ Rodichev A. YU., Hromov V. N., Korenev. V. N. opubl. 27.09.10 g. Byul. №27
4. Pat. №2427459 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 B24V 39/00 Ustroystvo dlya nakatvaniya na stankakh. [Tekst]/ Korenev V. N., Hromov V. N., Rodichev A. YU. opubl. 27.08.11 g. Byul. №24 .
5. Pat. №2424888 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 B23P6/00 Sposob vosstanovleniya podshipnika skol' zheniya. [Tekst]/ Korenev V. N., Hromov V. N., Rodichev A. YU. opubl. 27.07.11 g. Byul. №21
6. Pat. №2416744 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 F16C 33/00 Sposob izgotovleniya podshipnika skol' zheniya. [Tekst]/ Rodichev A. YU., Hromov V. N., Korenev V. N., Barabash V. V. opubl. 20.04.11 g. Byul. №36

**Korenev Vladislav Nikolaevich**

FGBOU VPO "Orel State Agrarian University"

Address: 302019, Oryol, st. General Homeland, 69

Candidate Technical, assistant professor of "Reliability and maintenance of machinery"

Tel.: +7(910)3047479

E-mail: korenev-vlad@list.ru

**Rodichev Alexey Yur'evich**

CJSC "Dormash"

Address: 302042, Oryol, Kromskoye highway, 3

Head of the Design Bureau of the general layout of the Chief Designer

Tel.: +7(905)1673322

E-mail: alfox777@orel-dormash.ru

**Semenov Alexander Vasil'evich**

LLC "Technodom"

Address: 302527, Oryol Region, on Stanovoye

Director Orel branch

Tel.: +7(910)2005091

E-mail: orel@technodom.com

**Karasev Ivan Sergeevich**

FGBOU VPO "Orel State Agrarian University"

Address: 302019, Oryol, st. General Homeland, 69

Graduate student "Reliability and maintenance of machinery", master of industrial training

Tel.: +7(920)8200027

E-mail: service1@orelsau.ru

**Volkov Andrew Olegovich**

FGBOU VPO "Orel State Agrarian University"

Address: 302019, Oryol, st. General Homeland, 69

Graduate student "Reliability and maintenance of machinery"

Tel.: +7(4862)431979

E-mail: service1@orelsau.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 621.43 (076.5)

В. Н. АБРАМОВ, В. Э. ШАЛИМОВ

## СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*В статье рассмотрено многообразие способов оценки состояния цилиндро-поршневой группы двигателей, дана оценка их эффективности. Предложен новый способ диагностирования цилиндро-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания путем индцирования давления внутри цилиндра по углу поворота коленчатого при прокручивании его от постороннего источника.*

**Ключевые слова:** диагностирование, цилиндро-поршневая группа, индикаторное давление, датчик давления, датчик углового перемещения, микроконтроллер.

Важным элементом системы технического обслуживания и ремонта автомобильной техники является техническое диагностирование.

Диагностирование автомобилей позволяет определять техническое состояние агрегатов, механизмов и систем без их разборки или с частичной разборкой и прогнозировать их сроки службы. Это дает возможность управлять техническим состоянием автомобилей, выполняя только те действительно необходимые работы, проведение которых по результатам диагностирования, носит обязательный характер и непосредственно влияет на выполнение функциональных задач.

Наиболее важным агрегатом автомобиля является двигатель, представляющий собой сложную конструкцию, состоящую из большого числа взаимосвязанных механизмов и деталей. Он включает примерно 3-4 тыс. деталей, имеющих срок службы значительно меньше, чем автомобиль в целом и является объектом особого внимания при его эксплуатации.

Изменение технического состояния узлов и деталей двигателя происходит в результате их естественного износа, либо вследствие различных неисправностей, являющихся результатом несоблюдения правил технической эксплуатации или технического обслуживания автомобиля.

Исследованиями [1] установлено, что межремонтные сроки практически для всех типов двигателей определяются интенсивностью износа деталей цилиндро-поршневой группы (ЦПГ), находящейся в наиболее тяжелых условиях работы. Следует отметить, что из всех потерь на трение в двигателе (до 80 %) [1], большая часть их приходится на пару поршень-гильза (45-55 % всех внутренних потерь). Предельный износ деталей ЦПГ сопровождается ухудшением пусковых качеств двигателя, неустойчивой работой его на малой частоте вращения коленчатого вала, повышенным расходом масла и топлива, снижением мощности, повышением токсичности отработавших газов и возникновением аварийных ситуаций. Исходя из этого, оценка состояния ЦПГ двигателя является весьма актуальной задачей.

Многообразие способов оценки состояния цилиндро-поршневой группы дает возможность разработчикам аппаратуры выбрать наиболее эффективный из них для создания современных диагностических приборов. На сегодняшний день реализованы следующие способы оценки состояния ЦПГ:

- оценка состояния пневмоплотности цилиндра по максимальному давлению в конце такта сжатия;
- путем принудительной опрессовки сжатым воздухом;
- оценка состояния ЦПГ по расходу картерных газов;
- вакуумный способ оценки состояния ЦПГ;
- виброакустический метод оценки состояния ЦПГ.

Наиболее перспективными из перечисленных способов являются вакуумный и виброакустический, хотя оценка состояния ЦПГ по максимальному давлению в конце такта сжатия

издавна применяют для обнаружения негерметичности цилиндров. Для этого используют компрессометры или компрессографы. Измерения производят на прогретом двигателе с вывернутыми свечами зажигания или снятыми форсунками у дизелей. При этом у бензиновых двигателей отключают систему зажигания, у дизелей устанавливают нулевую подачу топливного насоса высокого давления или отключают электронную часть управления системы впрыска. Измерения производят поочередно в каждом цилиндре двигателя при прокрутке коленчатого вала стартером. Данный способ измерения при своей простоте имеет ряд недостатков.

Результаты измерения зависят от числа оборотов коленчатого вала двигателя, температуры, а также инерционности прибора применяемого при измерении. В диапазоне эксплуатационных оборотов коленчатого вала двигателя ( $n > 1500 \text{ мин}^{-1}$ ) эффект снижения давления незначительный, однако на пусковых оборотах небольшое изменение частоты вращения значительно изменяет давление конца сжатия, поэтому при измерении очень важно учитывать состояние стартера и аккумуляторной батареи.

Температура двигателя также влияет на результаты измерений. Недостаточно прогретый двигатель перед измерениями приводит к изменению вязкости масла в смазочной системе двигателя и, как следствие, увеличивает механические потери при прокручивании стартером, ухудшает герметичность поршневых колец.

Компрессометр снабжённый обратным клапаном, не позволяет достаточно точно определять давление конца сжатия, вследствие гидравлического сопротивления измерительной камеры, утечек через обратный клапан и его инерционности. Поэтому компрессометры дают значительные ошибки измерений. Манометр, установленный в компрессометре, подвергается воздействию импульсных нагрузок воздуха от последовательных тактов сжатия, которые могут вызвать усталостные разрушения.

Несмотря на указанные недостатки компрессометры используются главным образом для оценки общего состояния герметичности цилиндров и различий между ними. Заводами промышленности выпускаются различные виды компрессометров и компрессографов, таких как КМ 201, ДД-4200, ДД-4210, ДД-4220 и др., которые широко используются в автотранспортных предприятиях и автомастерских.

Научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта (НИИ АТ) в 60-е годы двадцатого столетия разработан оригинальный прибор оценки герметичности цилиндров К-69. В основу его положен способ оценки герметичности надпоршневого пространства по падению давления сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр через свечные отверстия (у бензиновых двигателей) или отверстия для установки форсунок (у дизелей). На основе этого способа разработаны пневмотестеры К-69м и К-272. Принципиальная схема пневмотестера показана на рисунке 1.

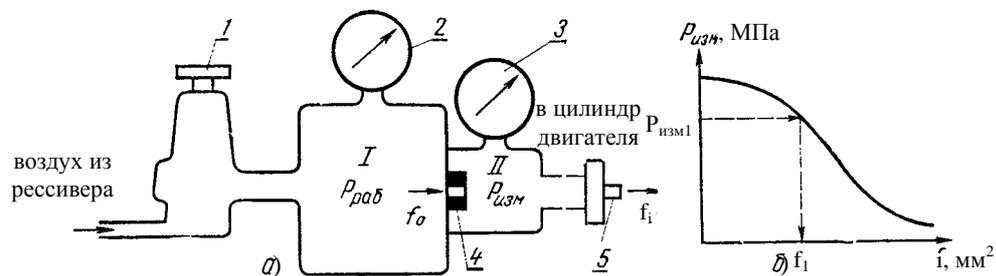


Рисунок 1 – Схема пневмотестера и график его тарировки

а – принципиальная схема прибора; б – тарировочный график;

1 - редуктор (регулятор рабочего давления); 2, 3 - манометры; 4 - калибровочное отверстие;

5 - наконечник; I - рабочая камера; II - измерительная камера;  $P_{раб}$  - рабочее давление;

$P_{изм}$  - измерительное давление;  $f_0$  - площадь сечения калиброванного отверстия;

$f_i$  - измеряемая относительная неплотность

Перед проведением измерения впускной патрубков прибора соединяют с ресивером компрессора. Выходную часть прибора соединяют с цилиндром двигателя. Воздух, давление которого регулируется при помощи газового редуктора 1, поступает в цилиндр 5 при поло-

жении поршня в ВМТ такта сжатия через калибровочное отверстие 4, гидравлическое сопротивление которого известно. Утечка воздуха через зазоры поршневых колец и стенок цилиндра, неплотности клапанов, приводит к падению давления на выходе из калиброванного отверстия, о чем свидетельствуют показания манометров 2, 3. Поскольку давление  $P_{\text{раб.}}$  перед эталонным отверстием постоянно, давление  $P_{\text{изм.}}$  будет показывать его снижение вследствие утечек и  $\Delta P = P_{\text{раб.}} - P_{\text{изм.}}$ , что является оценкой состояния ЦПГ. Калибровочное отверстие 4 позволяет измерять утечки, поскольку если бы его не было, то давление  $P_{\text{раб.}}$  позволяло бы компенсировать незначительные утечки и  $\Delta P$  и информативность была бы очень низкой.

Относительную неплотность в цилиндре можно определить из следующего выражения [1]:

$$f_{\text{изм}} = K \cdot f_0, \quad (1)$$

где:  $f_{\text{изм}}$  - измеряемая относительная неплотность, мм<sup>2</sup>;

$f_0$  – площадь сечения калиброванного отверстия мм<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент пропорциональности.

Коэффициент пропорциональности зависит от давлений в рабочей и измерительной камерах прибора. При поддержании в рабочей камере определенного постоянного давления, коэффициент  $K$  будет зависеть только от давления в измерительной камере, поэтому зная давление в измерительной камере и площадь сечения калибровочного отверстия, можно определить относительную неплотность проверяемого цилиндра. На практике для нахождения относительной неплотности пользуются тарировочной кривой (рис. 1б).

Строится тарировочный график при определенном постоянном давлении в рабочей камере и различной площади калибровочного отверстия, которое изменяется при помощи сменных шайб. Значение неплотности определяют по величине давления в измерительной камере и тарировочному графику. В зависимости от конструктивных особенностей и способов тарировки прибора, неплотность может определяться как в абсолютных единицах (мм<sup>2</sup>), так и в относительных (%).

Надпоршневое пространство не может быть полностью герметичным даже на новом двигателе из-за наличия конструктивных зазоров. Падение давления подаваемого воздуха в цилиндр на 15-20 % является допустимым и характеризует отличное состояние двигателя. Хорошему состоянию соответствует падение давления до 40 %. Падение давления свыше 40 до 70 % соответствует удовлетворительному состоянию двигателя. И, наконец, утечка свыше 70 до 100 % соответствует критическому состоянию и влечет необходимость его капитального ремонта [2].

Поскольку наибольший износ происходит в верхнем поясе гильзы [2] из-за трения уплотнительных колец о зеркало цилиндра в условиях граничной смазки, то максимальный зазор в замке поршневых колец будет при прохождении поршня в районе верхней мертвой точки (ВМТ). Характер износа гильзы цилиндра по всей длине рабочей части имеет эллиптическую форму, где большая ось эллипса направлена перпендикулярно оси поршневого пальца. Это связано с действием боковой силы на поршень попеременно прижимающей его к противоположным стенкам цилиндра.

Исходя из этого для детализации оценки состояния ЦПГ, утечки в цилиндре необходимо определять пневмотестером в различных положениях поршня.

Для этого необходимо проводить замеры на такте сжатия в ВМТ, нижней мертвой точке (НМТ) до открытия выпускного клапана и промежуточном положении между крайними точками. При положении поршня в ВМТ оценивается состояние клапанов газораспределительного механизма, прокладки головки блока, износ поршневых колец по зазору в замке. При положении поршня в НМТ оценивается состояние сопряжения кольцо-гильза и канавка поршня, в среднем положении - сопряжение колец с гильзой и с канавками на поршне. Используя тарировочный график (рис. 1б) можно определить суммарную неплот-

ность сопряжений при различных положениях поршня в цилиндре, что позволяет оценить характер износа ЦПГ.

Данный способ, хоть и дает возможность оценивать состояние ЦПГ неработоспособного двигателя, но для его реализации требуется источник подачи воздуха под давлением (около 1 МПа), необходимость установки поршня на такте сжатия в различные положения. Все это увеличивает трудоемкость и стоимость процесса диагностирования.

Определение технического состояния ЦПГ по количеству картерных газов, выходящих через сапун двигателя, нашло широкое применение в 70-е годы двадцатого столетия при диагностировании двигателей сельскохозяйственных машин.

Этот показатель не является достаточно стабильным и может колебаться в значительных пределах для одной и той же марки двигателя при одинаковой степени износа ЦПГ. Рассматриваемый способ не учитывает износ деталей по отдельным цилиндрам.

Способ оценки состояния ЦПГ по расходу картерных газов, имеет недостаточную точность, обусловленную влиянием утечек через сальниковые уплотнения.

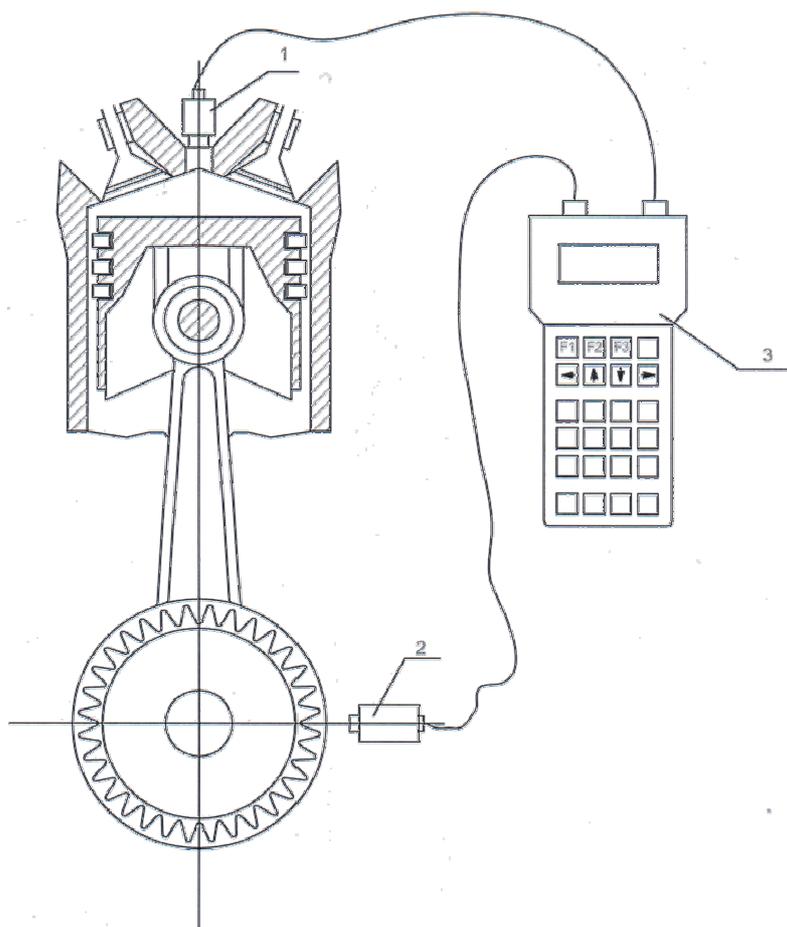
Способ опрессовки сжатым воздухом частично устраняет отмеченные выше недостатки, т.е. позволяет выявить конкретный неисправный цилиндр, однако детализировать неисправность (неисправность колец или гильзы) не удастся.

Вакуумный метод, разработанный в ГОСНИТИ наиболее информативен из всех перечисленных выше, позволяет определять с высокой точностью вид неисправности ЦПГ. Слабое место данного метода - большая трудоемкость измерения параметров, низкая надежность вакуумного клапана прибора, необходимость высокой квалификации мастера-диагноста.

Метод виброакустической диагностики для оценки состояния ЦПГ позволяет помимо выявления неисправностей, осуществлять прогнозирование остаточного ресурса деталей этой группы. Он достаточно сложен, требует математического аппарата обработки сигнала, электронной измерительной аппаратуры и программного обеспечения, поэтому до настоящего времени используется только на объектах в судостроении, авиастроении, энергетике.

Стремительный рост микроэлектроники позволяет в настоящее время отказаться от традиционных стрелочных манометрических приборов, позволяющих контролировать отдельные показатели в процессе диагностирования. Сегодня существует огромный перечень микроконтроллеров, позволяющих в реальном масштабе времени контролировать различные процессы, в том числе и изменение давления в цилиндре двигателя в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Это позволит получить индикаторную диаграмму давления внутри цилиндра двигателя при прокручивании от постороннего источника, на которой будут отражены все возможные неисправности ЦПГ. Низкая стоимость и малые габариты микроконтроллеров позволяют создавать миниатюрные диагностические приборы, имеющие жидкокристаллический индикатор (ЖКИ), кнопочное управление, возможность передачи диагностической информации на большие расстояния.

В связи с изложенным разработан способ оценки состояния ЦПГ, заключающийся в следующем. При прокручивании коленчатого вала от постороннего источника регистрируется давление внутри цилиндра в зависимости от угла поворота коленчатого вала. При многократном повторении полученные данные усредняются, записываются в оперативную память регистрирующего прибора и отображаются на жидкокристаллическом дисплее в виде графика по которому, используя подвижный маркер на дисплее, можно отображать давление в любой точке полученного графика. Схема измерительного устройства представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Схема устройства измерения давления внутри цилиндра:**  
 1-датчик давления, 2- датчик углового перемещения, 3- измерительное устройство

Устройство состоит из датчика давления 1, устанавливаемого на место свечи зажигания для бензиновых двигателей или на место форсунок у дизелей, датчика углового перемещения 2 коленчатого вала индуктивного типа, устанавливаемого напротив зубчатого венца маховика, измерительного устройства 3, регистрирующего давление внутри цилиндра от углового перемещения коленчатого вала.

Давление внутри цилиндра измеряется дискретно по сигналу с датчика углового перемещения коленчатого вала. Этот датчик выдает управляющие импульсы в зависимости от количества зубьев на маховике. Там же рядом с зубчатым венцом имеется широкий паз или углубление, соответствующее положению поршня первого цилиндра в ВМТ. В момент, когда индуктивный датчик находится напротив этого паза, формируется сигнал ВМТ, который является синхронизирующим для отсчета давления в цилиндре по углу поворота коленчатого вала.

Основу измерительного устройства составляет микроконтроллер, который имеет внутреннее постоянно запоминающее устройство, где записана программа обработки данных полученных от датчиков и индикации ее на ЖКИ. Микроконтроллер позволяет программно усреднять значения давлений в цилиндре по углу поворота коленчатого вала за количество циклов, которое вводится с клавиатуры в режиме меню. Обработанная информация может передаваться по каналу последовательного интерфейса RS 232. Режимы работы устройства выбираются функциональными клавишами. После проведения измерений во всех цилиндрах и обработки информации устройство может показывать график изменения давления, как по каждому цилиндру, так и всех сразу для сравнительной оценки.

На рисунке 3 показан график изменения давления внутри цилиндра от угла поворота коленчатого вала, полученный измерительным устройством.

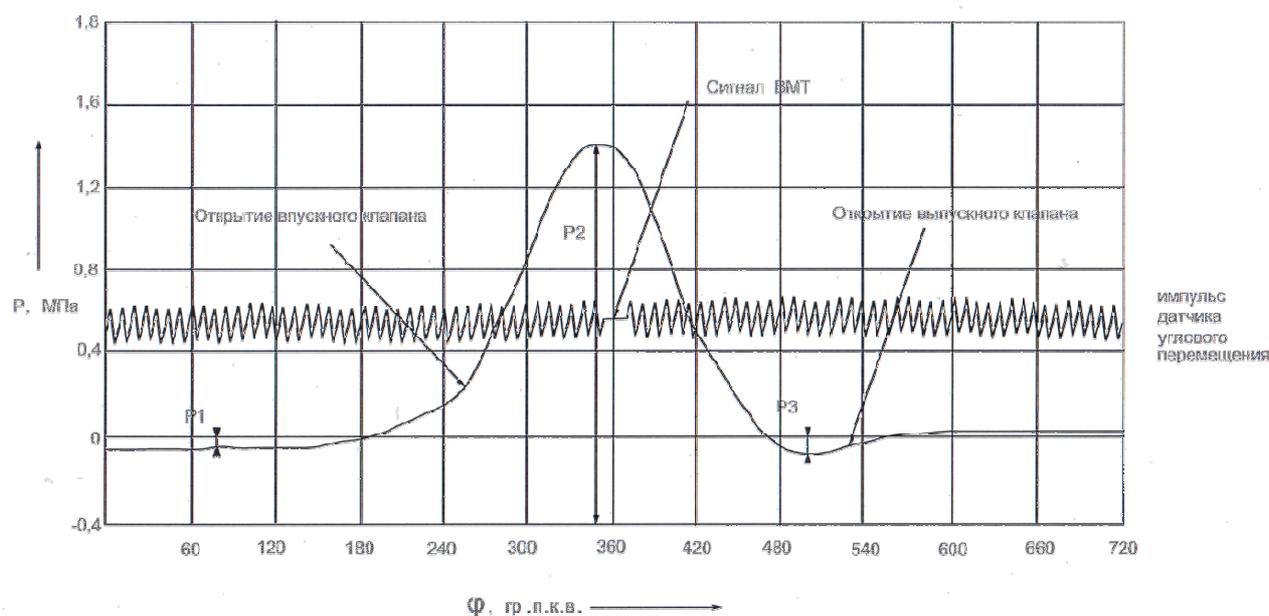


Рисунок 3 – График изменения давления внутри цилиндра от угла поворота коленчатого вала

На графике отчетливо видно изменение давления внутри цилиндра по углу поворота коленчатого вала. Здесь можно выделить характерные точки оценки состояния цилиндро-поршневой группы.

$P_1$  - давление на впуске. У бензиновых двигателей при закрытой дроссельной заслонке давление на впуске ниже атмосферного. Оно характеризует герметичность впускного тракта и состояние гильзы цилиндра, как и при вакуумном способе диагностирования. У дизелей этот параметр несколько выше, то есть давление ближе к атмосферному из-за отсутствия дроссельной заслонки, однако даже по нему можно оценить герметичность впускного тракта и состояние гильзы цилиндра.

Давление  $P_2$  характеризует герметичность цилиндра и состояние клапанов. У бензиновых двигателей оно бывает в пределах 10-14 МПа в зависимости от степени сжатия, у дизелей в пределах 24-28 МПа.

Давление  $P_3$  ниже атмосферного и характеризует состояние поршневых колец и клапанов. При движении поршня к верхней мертвой точке на такте сжатия часть воздушного заряда уходит в поддон картера через кольцевые неплотности, поэтому на такте расширения за счет этой утечки создается кратковременное разрежение до момента открытия выпускного клапана. Это разрежение и показывает, насколько поршневые кольца хорошо уплотняют надпоршневое пространство. Если кольца изношены, закоксованы, поломаны вместе с перегородками на поршне, то разрежение  $P_3$  будет увеличиваться за счет того, что утечки на такте сжатия будут увеличиваться, а при движении поршня вниз на такте расширения масляный клин, внизу колец, будет препятствовать перетеканию воздушного заряда из поддона в надпоршневое пространство и поэтому будет создаваться разрежение.

По графику изменения давления в цилиндре можно также определить закрытие впускного и открытие выпускного клапанов. Начало закрытия впускного клапана (рис. 3) характеризует нелинейное увеличение давления (изгиб на графике). Начало открытия выпускного клапана характеризует момент увеличения давления после небольшого разрежения.

Зная эталонные диаграммы изменения давления внутри цилиндра можно с высокой точностью оценивать состояние ЦПГ, выявлять различные неисправности и прогнозировать её остаточный ресурс.

Процесс диагностирования производится в следующем порядке. Двигатель прогревается до рабочей температуры 60-80°C. У бензиновых двигателей выворачиваются свечи зажигания, отключается система зажигания, у дизелей - снимаются форсунки, ТНВД устанавливается нулевая подача. В каждое отверстие цилиндра поочередно устанавливается датчик давления (при этом могут использоваться различные переходники). Датчик угловых переме-

щений коленчатого вала устанавливается в отверстие картера маховика, если оно предусмотрено для контроля фаз газораспределения или подключается к штатному датчику углового перемещения системы управления подачей топлива или зажигания. При помощи соединительных кабелей устройство измерения подключается к датчикам.

Включается режим измерения, предварительно установив количество измеряемых циклов (один цикл соответствует двум оборотам коленчатого вала). У бензиновых двигателей сначала измерения производятся с закрытой дроссельной заслонкой, чтобы определить разрежение на впуске, а затем с открытой – для оценки давления конца сжатия. У дизелей измерения производятся один раз из-за отсутствия дроссельной заслонки. После проведения измерения, датчик давления переустанавливают в следующий цилиндр в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Таким образом, процесс измерения повторяется во всех цилиндрах. Полученные данные усредняются в зависимости от количества циклов и выводятся на ЖКИ в виде графика. Результаты могут передаваться по каналу последовательной передачи данных RS-232, USB и др. в компьютерную базу данных о техническом состоянии автомобиля, а также для дальнейшей обработки и прогнозирования остаточного ресурса ЦПГ.

Предложенный способ диагностирования ЦПГ двигателей, являясь наиболее эффективным из рассмотренных в статье, позволит увеличить точность измерения, снизить трудоемкость диагностирования, создать прибор на микропроцессорной основе, имеющий низкую стоимость и массо-габаритные показатели.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костин, А. К. Работа дизелей в условиях эксплуатации [Текст] / А. К. Костин и др. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1989.– 283 с.
2. Фламиш, О. Диагностика автомобилей. Способы обнаружения скрытых неисправностей [Текст] / О. Фламиш. - Пер. с венг. А.П. Самойлова. - М.: «Транспорт», 1973. – 207 с.
3. Ждановский, Н. С. Диагностика автотракторных двигателей [Текст] / Н. С. Ждановский. - Л.: Колос (Ленинг. отд-ние), 1977.
4. Ананьин, А. Д. Диагностика и техническое обслуживание машин [Текст]. Учебник для студентов высш. учеб. заведений / А. Д. Ананьин и др. - М.: Издательство центр «Академия», 2008. – 379 с.
5. Шпак, Ю. А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров [Текст] / Ю. А. Шпак. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - К.: МК-Пресс, 2011.– 487 с.

#### **Абрамов Вячеслав Николаевич**

Научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития автомобильной техники Вооруженных Сил Российской Федерации) «Федерального бюджетного учреждения 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации» - НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, г. Бронницы, Московская область, ул. Советская, д. 106

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

Тел.: +7(9154)277720, +7(4959)966802

E-mail: tabakar456@mail.ru

#### **Шалимов Вадим Эдуардович**

Научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития автомобильной техники Вооруженных Сил Российской Федерации) «Федерального бюджетного учреждения 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации» - НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, г. Бронницы, Московская область, пер. Пионерский, д. 3

Канд. техн. наук, старший научный сотрудник, зам. начальника научного отдела

Тел.: +7(9163)274930, +7(4959)966802

E-mail: badim62@mail.ru

V. N. ABRAMOV, V. E. SHALIMOV

## WAY OF DIAGNOSING OF TSILINDRO-PISTON GROUP OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

*The variety of ways of an estimation of a condition of tsilindro-piston group of engines is considered, the estimation of their efficiency is given. The new way of diagnosing of tsilindro-piston group of an internal combustion engine by indication pressure in the cylinder on an angle of rotation cranked is offered at torsion it from an extraneous source.*

**Keywords:** *diagnosing, tsilindro-piston group, display pressure, the pressure gauge, the gauge of angular moving, the microcontroller.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Kostin, A. K. Rabota dizeley v usloviyakh ekspluatatsii [Tekst] / A. K. Kostin i dr. - L.: Mashino-stroenie. Leningradskoe otdelenie, 1989. - 283 s.
2. Flamish, O. Diagnostika avtomobiley. Sposoby obnaruzheniya skrytykh neispravnostey [Tekst] / O. Flamish. - Per. s veng. A.P. Samoylova. - M.: "Transport", 1973. - 207 s.
3. Zhdanovskiy, N. S. Diagnostika avtotraktornykh dvigateley [Tekst] / N. S. Zhdanovskiy. - L.: Kolos (Lening. otd-nie), 1977.
4. Anan`in, A. D. Diagnostika i tekhnicheskoe obsluzhivanie mashin [Tekst]. Uchebnik dlya studentov vyssh. ucheb. zavedeniy / A. D. Anan`in i dr. - M.: Izdatel'stvo tsentr "Akademiya", 2008. - 379 s.
5. SHpak, YU. A. Programmirovaniye na yazyke S dlya AVR i PIC mikrokontrollerov [Tekst] / YU. A. SHpak. - Izd. 2-e, pererab. i dop. - K.: MK-Press, 2011. - 487 s.

#### **Abramov Vyacheslav Nikolaevich**

The Research test centre (researches and prospects of development of automobile technics of Armed forces of the Russian Federation) «Federal budgetary establishment 3 Central scientific research institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation» - NIITS AT BC «ФБУ 3 TSNII MO the Russian Federation»

Address: 140170, Bronnitsy, Moscow Region, street Soviet, h. 106

Dr.Sci.Tech., the professor, the main research assistant

Tel.: +7(9154)277720, +7(4959)966802

E-mails: tabakar456@mail.ru

#### **Shalimov Vadim Eduardovich**

The Research test centre (researches and prospects of development of automobile technics of Armed forces of the Russian Federation) «Federal budgetary establishment 3 Central scientific research institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation» - NIITS AT BC «ФБУ 3 TSNII MO the Russian Federation»

Address: 140170, Bronnitsy, Moscow Region, the lane the Pioneer h. 3

Cand.Tech.Sci., the senior research assistant, the deputy the chief of scientific department

Tel.: +7(1632)74930, +7(4959)966802

E-mail: badim62@mail.ru

УДК 629.621.43

В. И. САРБАЕВ, Ю. В. ГАРМАШ, И. И. ПОНОМАРЕВА

## СПОСОБ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ САЛОНА АВТОМОБИЛЯ

*Предложен дешевый и простой способ получения охлажденного воздуха, при снижении энергопотребления, а также повышение надежности системы кондиционирования воздуха. В основе принципа действия кондиционера лежит известная зависимость температуры кипения жидкости от давления насыщенных паров над ее поверхностью.*

**Ключевые слова:** система отопления, вентиляции и кондиционирования салона автомобиля, скорость испарения, температура кипения, энергетическая эффективность, динамика автомобиля.

### ВВЕДЕНИЕ

Салон автотранспортного средства, как и другие места пребывания человека, должен обеспечивать комфортные условия, т.е. соответствующий микроклимат.

В гигиеническом отношении под микроклиматом понимают комплекс физических факторов (температура, влажность, скорость движения и запыленность воздуха, интенсивность теплового излучения), способных влиять на состояние организма и его терморегуляторные реакции.

Условия, при которых водитель и пассажиры не испытывают переохлаждения, перегрева, «сквозняков» или других неприятных ощущений, считают комфортными.

Создание комфортных условий в салоне автомобиля предполагает наличие соответствующих технических средств, работа которых также удовлетворяет требованиям по уровню вибрации, шума и т.д., связанным с комфортом.

Принято считать, что комфортным условиям соответствуют температура воздуха в салоне 18 - 25 °С, относительная влажность 40 - 60 % и скорость движения воздуха не более 0,1 м/с.

Эти условия должны обеспечивать две подсистемы управления климатом салона автомобиля:

- пассивная (солнцезащитные устройства и тепловые экраны), задача, которой - снизить теплообмен с окружающей средой;
- активная (в частности, устройства отопления, кондиционирования и вентиляции воздуха), задача которой - создание и поддержание заданных параметров микроклимата.

Рассмотрим существующие отечественные системы отопления и вентиляции салона автомобиля.

Для отопления салона автотранспортного средства обычно используется теплота, отводимая от двигателя внутреннего сгорания с помощью прокачиваемой насосом охлаждающей жидкости. Поступая в радиатор отопителя, она нагревает окружающий его воздух, далее теплота распространяется в салон либо естественными воздушными конвективными потоками, либо принудительно - с помощью вентилятора.

Таким образом, типичная система вентиляции и отопления салона содержит трубопроводы для подачи охлаждающей жидкости, радиатор отопителя, запорный элемент, элементы управления воздушным потоком, вентилятор, а также трубопроводы воздушного потока.

С технической точки зрения все это входит в комплекс инженерно – технических устройств, предназначенных для создания и регулирования определенных сочетаний заданных параметров микроклимата в местах, где предполагается пребывание человека.

Поскольку режим работы таких устройств определяется состоянием объекта, они должны входить в систему автоматического регулирования с обратной связью по регулируемому параметру.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Однако далеко не всегда это реализуется именно так. Например, микроклимат в салоне автомобиля в простейшем случае поддерживается самим водителем, который и исполняет роль подобного «автомата». Он переключает скорость вращения вентилятора отопителя и изменяет положение механического крана, регулирующего скорость протекания охлаждающей жидкости по радиатору отопителя. С помощью однократного действия такие операции не могут обеспечить ожидаемый конечный результат, так как он прогнозируется интуитивно. Поэтому общий уровень комфорта снижается, поскольку здесь нужны неоднократные действия с поэтапным приближением к желаемому результату. Это отвлекает внимание водителя и тем самым снижает безопасность дорожного движения.

Подобные системы [1,2,3], содержащие три ведущих теплообменника, систему запорных аппаратов и трубопроводов, хорошо известны. Недостатком подобных устройств является невозможность получения температуры салона, более низкой, чем температура окружающей среды.

Автоматическое регулирование микроклимата в салоне в современных автомобилях обеспечивается кондиционерами. Однако их стоимость относительно велика (около 1500\$ США), в связи с чем, задача кондиционирования салона простым и дешевым способом оказывается актуальной.

Подобные системы кондиционирования воздуха в салоне автомобиля [4], содержат конденсатор, ресивер-осушитель, редуктор, испаритель, компрессор и пылевой фильтр. Недостатком подобных систем является относительно высокая мощность, потребляемая от двигателя внутреннего сгорания, что приводит к ухудшению динамики автомобиля, а также повышенная сложность конструкции и, соответственно, стоимость.

Кроме того, имеются термоэлектрические системы охлаждения воздуха [5], работающие на эффекте Пельтье, заключающемся в том, что при протекании тока через место контакта разнородных материалов, энергия электронов после преодоления потенциального барьера снижается, температура электронного газа уменьшается, и при теплообмене с кристаллической решеткой наблюдается эффект охлаждения. Недостатками таких систем являются высокое потребление электрической энергии от бортовой сети автомобиля при получении охлажденного воздуха, а также пониженная надежность схемы, обусловленная ее сложностью.

Следует отметить, что кондиционером, в основном, мы пользуемся в жаркое время года, и практически не используем его при отрицательных температурах. По этой причине в качестве хладагента может быть использована вода, либо другая жидкость, обладающая значительной теплотой парообразования и высокими значениями теплоемкости.

**Целью** данной работы является: предложить более дешевый и простой способ получения охлажденного воздуха, при снижении энергопотребления и повышении надежности схемы.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Технический результат достигается тем, что в систему отопления и вентиляции салона автомобиля дополнительно введен контур циркуляции, содержащий герметичную емкость, радиатор и электрический насос, что позволяет получить режим охлаждения воздуха, т.е. кондиционирования.

В основе принципа действия кондиционера лежит известная зависимость температуры кипения жидкости от давления насыщенных водяных паров над ее поверхностью [6] (табл. 1).

Работает устройство следующим образом (рис.1).

Электрический насос 2 откачивает воздух над поверхностью воды, залитой в герметичную емкость 1. При снижении давления в емкости температура кипения воды понижается, соответственно снижается и температура радиатора 3, обдуваемого электрическим вентилятором 5, в результате в салон автомобиля подается охлажденный по отношению к наружному воздуху.

Таблица 1 - Зависимость температуры кипения воды от давления насыщенных водяных паров над ее поверхностью [6].

Температура, °С	Давление, кПа
0	0,606
20	2,32
40	7,37
60	20,2
80	47,5
100	101

Очевидным недостатком устройства является наличие только естественной циркуляции охлажденной жидкости, что снижает производительность холодного воздуха.

Теплота парообразования воды составляет 2255 Дж/г [6], что при мощности подвода теплоты от окружающей среды в салон автомобиля в несколько киловатт и герметичной емкости в несколько литров обеспечивает непрерывную работу кондиционера в течение нескольких часов движения автомобиля.

На рисунке 1 представлена функциональная схема предлагаемого устройства.

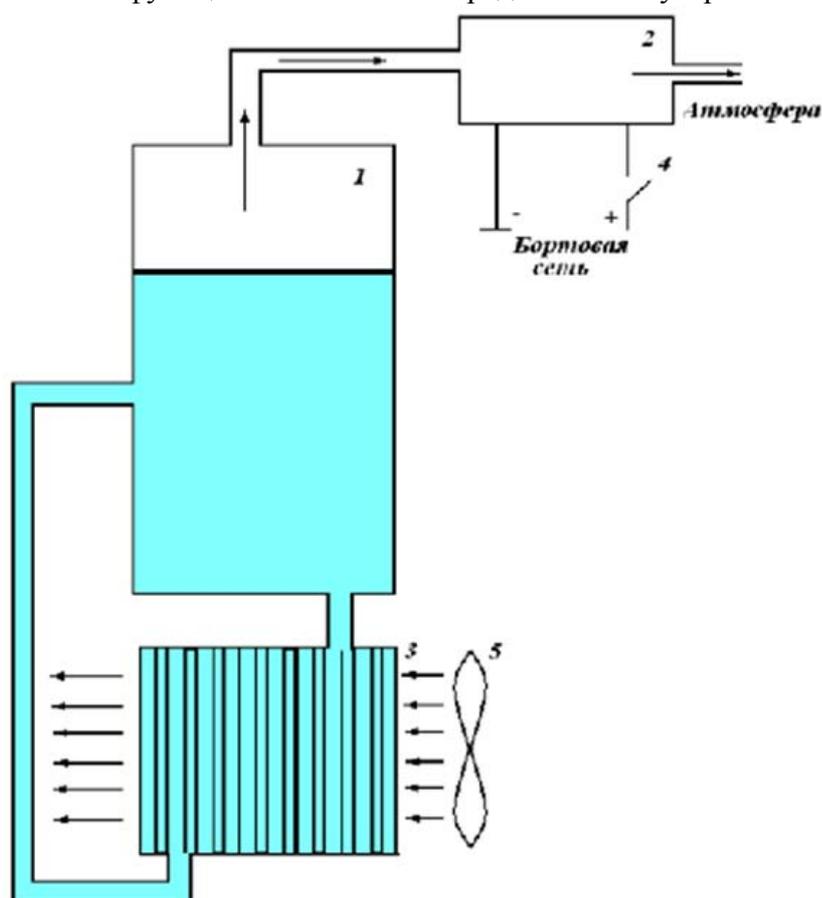


Рисунок 1 - Функциональная электрическая схема устройства кондиционирования салона:  
 1 - герметичная емкость, 2 - электрический насос, 3 - радиатор, 4 - выключатель электрического насоса,  
 5 - электрический вентилятор

## ВЫВОДЫ

Отметим, что применение предложенного принципа кондиционирования воздуха позволяет улучшить динамические свойства автомобиля, поскольку от двигателя внутреннего сгорания не отбирается мощность на работу компрессора (несколько кВт), что, как известно, положительно влияет на рабочие характеристики двигателя внутреннего сгорания.

Кроме того, применение устройств управления электродвигателями постоянного тока, используемых в электроприводе [7,8,9], позволит, регулируя характеристики двигателя постоянного тока электрического насоса 2, управлять работой кондиционера в автоматическом режиме.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. СССР МПК В 60 Н 1/08, SU 1468777А1, 1989, БИ №2.
2. А.с. СССР МПК В 60 Н 1/08, SU 1593988А1, 1990, БИ №35.
3. Техническое описание автомобиля ВАЗ 2108.
4. Все, что необходимо знать о кондиционерах [Электронный ресурс]/ [www.peugeot.ru/service-home](http://www.peugeot.ru/service-home).
5. Пат. 2336184 Российская Федерация, МПК В60Н1/03. Термоэлектрический кондиционер [Текст] / Гармаш Ю.В., Пономарева И.И.; опубл. 20.10.08. БИ № 29.
6. Лободюк, В.А. Справочник по элементарной физике [Текст] / В. А. Лободюк, К. П. Рябошапка, О. И. Шулишова. Киев: Наукова думка, 1975. - 448 с.
7. Гармаш, Ю. В. Анализ применения импульсных преобразователей напряжения в электроприводе вспомогательного оборудования автомобильной техники [Текст]: монография / Ю. В. Гармаш. Рязань: РВАИ, 2007. – 99 с.
8. Гармаш, Ю. В. Управление электроприводом постоянного тока [Текст] / Ю. В. Гармаш, В. И. Сарбаев. - Lambert academic publishing. - GmbH Saarbrücken, Germany. ISBN: 978-3-659-15763-9. - 2012.
9. Сарбаев, В. И. Управление электроприводом постоянного тока автотранспортных средств [Текст] / В. И. Сарбаев, Ю. В. Гармаш, И. И. Пономарева // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - № 1 (36). - С. 59-64.

### **Сарбаев Владимир Иванович**

Московский государственный индустриальный университет  
Д-р техн. наук, профессор, почетный работник транспорта РФ, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных средств

Адрес: г. Москва, ул. Автозаводская, 16

Тел.: +7(495)6740785

E-mail: sarbev@mail.msiu.ru

### **Гармаш Юрий Владимирович**

Современный технический институт

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

Канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой энергетики

Тел.: +7(4912)300630

E-mail: yury.garmasch@yandex.ru

### **Пономарева Ирина Ивановна**

Рязанское военное воздушно-десантное училище (военный институт)

Адрес: 390031 г. Рязань-31, пл. Маргелова, д. 1

Ст. преподаватель

Тел.: +7(4912)377611

---

V. I. SARBAYEV, U. V. GARMASH, I. I. PONOMAREVA

## WAY OF AIR-CONDITIONING OF INTERIOR OF THE AUTOMOBILE

*The cheap and simple way of reception of cooled air is offered, at decrease power, and also increase of reliability of a central air of air. In a basis of a principle of action of the conditioner known dependence of temperature of boiling of water on pressure sated water gas above its surface lays.*

**Keywords:** *system of heating, ventilation and air-conditioning of interior of the automobile, speed of evaporation, temperature of boiling, power efficiency, dynamics of the automobile.*

## BIBLIOGRAPHY

1. A.s. SSSR MPK V 60 H 1/08, SU 1468777A1, 1989, BI №2.
2. A.s. SSSR MPK V 60 H 1/08, SU 1593988A1, 1990, BI №35.
3. Tekhnicheskoe opisanie avtomobilya VAZ 2108.
4. Vse, chto neobkhodimo znat` o konditsionerakh [Elektronnyy resurs]/ [www.peugeot.ru/service-home](http://www.peugeot.ru/service-home).
5. Pat. 2336184 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B60H1/03. Termoelektricheskiy konditsioner [Tekst] / Garmash YU.V., Ponomareva I.I.; opubl. 20.10.08. BI № 29.
6. Lobodyuk, V.A. Spravochnik po elementarnoy fizike [Tekst] / V. A. Lobodyuk, K. P. Ryaboshapka, O. I. Shulishova. Kiev: Naukova dumka, 1975. - 448 s.
7. Garmash, YU. V. Analiz primeneniya impul'snykh preobrazovateley napryazheniya v elektroprivode vspomogatel'nogo oborudovaniya avtomobil'noy tekhniki [Tekst]: monografiya / YU. V. Garmash. Ryazan`: RVAI, 2007. - 99 s.
8. Garmash, YU. V. Upravlenie elektroprivodom postoyannogo toka [Tekst] / YU. V. Garmash, V. I. Sarbaev. - Lambert academic publishing. - GmbH Saarbrücken, Germany. ISBN: 978-3-659-15763-9. - 2012.
9. Sarbaev, V. I. Upravlenie elektroprivodom postoyannogo toka avtotransportnykh sredstv [Tekst] / V. I. Sarbaev, YU. V. Garmash, I. I. Ponomareva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1 (36). - S. 59-64.

### **Sarbaev Vladimir Ivanovich**

Moscow State Industrial University

Dr. tech. , professor, honored worker of Transport, Head of the operation of vehicles

Address: g. Moscow, ul. Avtozavodskaya, 16

Tel.: +7(495)6740785

E-mail: sarbev@mail.msiu.ru

### **Garmash Yuriy Vladimirovich**

Modern Institute

Address: 390048, Ryazan, ul. Novoselov, etc. 35A

Candidate tech., Professor, Head of the Department of Energy

Tel: +7(4912)300630

E-mail: yury.garmasch@yandex.ru

### **Ponomareva Irina Ivanovna**

Ryazan Military Airborne School (Military Institute)

Address: 390031, Ryazan-31, pl. Margelov, 1

Art. teacher

Tel: +7(4912)377611

## **Вашему вниманию представляется учебное пособие «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ И КОМПЛЕКСЫ»**

**авторов: д-ра техн. наук, профессора А.Н. Новикова  
и канд. техн. наук А. Л. Севостьянова**

*В пособии приведены основные характеристики автозаправочных станций, рассмотрены вопросы технической эксплуатации автозаправочных станций, их территориального размещения, экологической и пожарной безопасности, а также ремонта технологического оборудования автозаправочных станций.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью ФГОУ ВПО «Государственный УНПК»,  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

УДК 629.4

Д. Я. АНТИПИН

## АНАЛИЗ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ ЛИТЫХ БОКОВЫХ РАМ ТЕЛЕЖКИ МОДЕЛИ 18-100 ПРИ ПРОДЛЕНИИ ИХ СРОКА СЛУЖБЫ

*Проведено математическое моделирование движения грузового вагона по реальным неровностям рельсового пути в прямых и кривых участках, на стрелочных переводах и при служебном торможении. Определены динамические нагрузки, действующие на боковую раму тележки в эксплуатации. Разработаны динамические упруго-диссипативные конечноэлементные модели боковой рамы тележки и ее наиболее нагруженной области с типичными дефектами. Выполнена оценка усталостной долговечности боковой рамы тележки грузового вагона на основании данных о динамической нагруженности с использованием детерминированной и вероятностных методик. Выполнена оценка живучести литой боковины тележки с трещиноподобным дефектом и микротрещинами, определена вероятность разрушения рамы в период пяти лет после продления срока службы свыше 30 лет.*

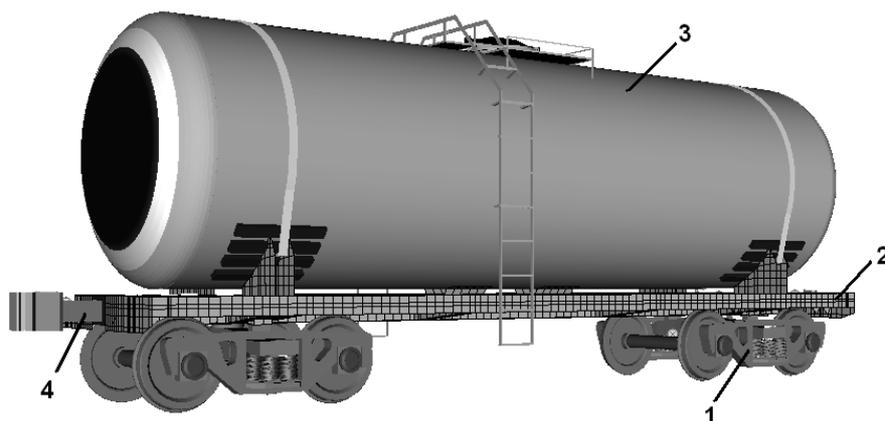
**Ключевые слова:** литая боковая рама тележки грузового вагона, продление срока службы литых деталей вагонов, конечноэлементные модели фрагментов рамы, напряженное состояние боковой рамы тележки, усталостная долговечность, моделирование роста трещины, живучесть рамы тележки, грузового вагона.

В настоящее время на рынке производителей вагонностроительной продукции наблюдается острый дефицит литых элементов тележки грузового вагона модели 18-100. В связи с этим на территории России производится продление срока службы литых боковых рам.

Оценка динамической нагруженности боковой рамы тележки модели 18-100 осуществляется путем математического моделирования движения вагона по реальным неровностям пути. В работе рассматривается динамическая нагруженность боковой рамы тележки эксплуатирующейся под вагоном-цистерной модели 15-289 для перевозки светлых нефтепродуктов производства ОАО «Алтайвагон». Выбор вагона-цистерны в качестве объекта для исследования динамической нагруженности боковой рамы тележки обусловлен осевой нагрузкой в груженом состоянии, близкой к максимально допустимой, и необходимостью обеспечения для вагонов такого типа максимальной безопасности в эксплуатации, что связано с тяжелыми последствиями аварийного выхода из строя элементов ходовых частей.

Оценка динамической нагруженности боковой рамы проведена на основе разработанной гибридной динамической модели вагона, описывающей пространственные колебания вагона в составе трехвагонного сцепа с учетом движения вагона по неровностям рельсового пути в прямых и кривых участках пути, на стрелочных переводах, а также служебное торможение и маневровые соударения.

Гибридная динамическая модель вагона-цистерны (рис. 1) представляет собой котел 3 в виде абсолютно твердого тела с реальными геометрическими и инерциальными характеристиками, связанный силовыми элементами с упругой моделью рамы 2 вагона-цистерны, которая в свою очередь силовыми элементами и шарнирами связана с твердотельными моделями тележек 1 и автосцепных устройств 4.



**Рисунок 1 Гибридная динамическая модель вагона-цистерны:**

1 - подсистема тележка; 2 – подсистема упругая рама; 3 – абсолютно жесткий кузов (котел);  
4- подсистема автосцепное устройство

Включение в твердотельную модель вагона упругой рамы осуществляется с помощью подпрограммы моделирования упругих тел UMFEM [1].

Для включения в динамическую модель вагона-цистерны упругой конструкции рамы разработана упрощенная конечноэлементная модель, число степеней свободы которой составило  $3,8 \times 10^4$ .

Оценка адекватности конечноэлементной модели рамы вагона-цистерны проводилась путем сопоставления результатов статических приемочных стендовых испытаний, проведенных ОАО «Алтайвагон», с результатами расчетов. Нормальные напряжения, полученные расчетным путем из модели рамы и данные стендовых испытаний качественно и количественно близки, что свидетельствует об адекватности предложенной динамической модели.

Для учета усилий, возникающих при взаимодействии вагона в составе поезда в динамическую модель вагона включена подсистема «Автосцепное устройство», представляющее собой систему абсолютно твердых тел, объединенных контактными элементами и биполярным элементом, моделирующим работу поглощающего аппарата. В характеристики биполярного элемента поточно введена паспортная силовая характеристика аппарата поглощающего аппарата АПЭ 120-И. Через подсистему «автосцепное устройство» исследуемый вагон соединен с двумя упрощенными динамическими моделями однотипных вагонов-цистерн. Упрощенные модели отличаются от основной заменой упругой рамы абсолютно твердым телом.

Моделирование усилий, действующих на боковую раму при торможении вагона в составе поезда, осуществлялось путем приложения к оси колесной пары тормозного вращающего момента, направленного против вращения колес в процессе движения.

При моделировании движения сцепа вагонов упруго-диссипативные характеристики верхнего строения пути принимаются в соответствии с рекомендациями работы [2] для летнего периода при хорошем состоянии пути и рельсов типа Р65 (исполнение I) длиной 25 м, уложенных на деревянные шпалы и щебеночный балласт.

Контактное взаимодействие колеса с рельсом моделируется с учетом возможности двухточечного контакта (по кругу катания и по гребню колеса), учет сил кривого контакта осуществляется с использованием алгоритма FASTSIM, основанного на линейной теории Калкера [3].

Моделирование движения вагона рассматривается с учетом микронеровностей пути. Формирование случайных неровностей пути производится на основании функции спектральной плотности эквивалентной расчетной неровности в вертикальном и горизонтальном направлении, определяемой для скоростей движения вагона до 120 км/ч по методике, приведенной в РД 32.68-96 [4].

#### **№4(39)2012 (октябрь-декабрь) Технологические машины**

Верификация, получаемых с помощью разработанной динамической модели вагона-цистерны результатов, осуществлена путем сопоставления динамических показателей вагонов, полученных при натурных поездных испытаниях, приведенных в [5], с данными, полученными при моделировании.

При определении динамической нагруженности боковой рамы тележки модели 18-100 рассматривались следующие режимы эксплуатации вагонов:

- движение сцепа из трех вагонов по прямому участку пути со скоростями от 20 до 120 км/ч с шагом в 20 км/ч;
- движение сцепа в кривых радиусом  $R$  равным 300, 500, 700 и 1200 м;
- противошерстное (с переходом на соседний путь) прохождение сцепом стрелочных переводов с крестовинами марок 1/9 и 1/11 со скоростями 10 и 20 км/ч соответственно;
- служебное торможение сцепа из трех вагонов со скорости 90 км/ч до полной остановки;
- маневровое соударение двух вагонов-цистерн в подгорочном парке со скоростью, 5 км/ч, наскрывающий вагон цистерна оборудован поглощающим аппаратом АПЭ-120-И, стоящий аппаратом ПМКЭ-110 класса Т2

В результате математического моделирования определены динамические нагрузки, действующие на боковую раму тележки.

Полученные динамические усилия на втором этапе работы, прикладываются к соответствующим элементам динамической упруго-диссипативной модели боковой рамы тележки и выполняется оценка напряженного состояния конструкции в динамической постановке.

Для оценки динамического напряженно-деформированного состояния боковой рамы тележки разработана динамическая упруго-диссипативная конечноэлементная модель. Несущая конструкция боковой рамы моделировалась 95130-ю четырех-, пяти и шестигранными пространственными конечными элементами, с характерным размером  $10 \times 10$  мм, объединенных в 101278 узлах. Учет внутреннего трения в металле конструкции осуществляется с использованием гипотезы Фойгта [6].

Верификация конечноэлементной модели рамы тележки проводится сопоставлением нормальных напряжений в несущей конструкции боковой рамы, полученных расчетным путем, с данными статических натурных испытаний, проведенных кафедрой «Динамика и прочность машин» БГТУ [7].

Нагружение конечноэлементной модели рамы тележки осуществлялось динамическими нагрузками, полученными на соответствующих элементах правой боковины перовой по ходу движения тележки гибридной динамической модели вагона-цистерны. В результате расчетов определена наиболее нагруженная область боковой рамы тележки и с использованием метода последовательного выделения областей разработана ее детализированная динамическая конечноэлементная модель с увеличенной густотой сетки.

Оценка усталостной долговечности проводится в рамках моделей многоциклового усталости, реализованной в виде детерминированной

С.В. Серенсена – В.П. Когаева (Норм) и вероятностной В.В. Болотина [8] методик. При этом в качестве источников повреждающего воздействия принимаются спектры динамических эквивалентных напряжений по гипотезе энергии формоизменения Мизеса, полученные в элементах конструкции по предложенной методике [9].

Анализ живучести литой несущей конструкции боковой рамы тележки производится на основании синергетической концепции повреждаемости деформированного металла при упруго-пластическом деформировании, разработанной В.С. Ивановой [10] с учетом реального поведения поликристаллического материала с дефектами в условиях циклического динамического нагружения, включая и упруго-пластическую стадию деформирования материала в зоне предразрушения.

Влияние возможных дефектов сварных узлов конструкций вагонов на их живучесть рассматривается на основе синергетической концепции нелинейной теории повреждаемости [10]. В

качестве критерия перехода от диссипации энергии путем пластической деформации к диссипации, вызванной микроразрушениями, принята плотность энергии деформации. Условие стабильности пластической деформации имеет вид:

$$W \leq W_c, \quad (1)$$

где:  $W$  – текущее значение плотности энергии деформации.

Текущее значение плотности энергии деформации является суммой двух составляющих, первая из которых соответствует диссипации энергии путем дисторсии (изменения формы)  $W_d$ , вторая - дилатации (изменения объема)  $W_v$  элементарного объема (блока)

$$W = W_d + W_v. \quad (2)$$

Обе составляющие приращения ПЭД для упругой и пластической областей деформирования выражены через нормальные ( $\sigma_0$ ) и сдвиговые ( $\tau_0$ ) октаэдрические напряжения:

$$\Delta W_e = [1,5(1 - 2\nu)/E]\sigma_0^2 + [1,5(1 + \nu)/E]\tau_0^2, \quad (3)$$

$$\Delta W_p = [3(1 - 2\nu)/E]\sigma_0^2 + [3(1 + \nu)/E]\tau_0^2, \quad (4)$$

где:  $\Delta W_e$ ,  $\Delta W_p$ , – приращения текущего значения ПЭД для упругой и пластической областей соответственно;

$\nu$  – коэффициент Пуассона;

$E$  – модуль Юнга.

В случае циклического нагружения конструкции, приводящего к пластическим деформациям, в локальной зоне предразрушения происходит аккумулятивное предельной энергии деформации пластической области до критического значения  $W_c$ , при превышении которого происходит разрушение структурного элемента:

$$W_c = W_e + \sum_{j=1}^{\Delta N} [\Delta W_p]_j, \quad (5)$$

где:  $\Delta N$  – число циклов до разрушения.

Для уточненной оценки динамического напряженного состояния в области сварного шва с дефектом из конечноэлементной модели несущей конструкции, используя метод последовательного выделения областей, вычленяется зона сварного соединения и разрабатывается ее упруго-диссипативная динамическая конечноэлементная модель с увеличением густоты сетки. С целью оценки объемного напряженного состояния в зоне дефекта конечноэлементная модель формируется из четырех, шести и восьми узловых пространственных конечных элементов. Степень детализации модели принимается исходя из обеспечения возможности моделирования геометрии сварного шва. По границам модели выделенной зоны прикладываются динамические нагрузки (в виде осциллограмм), полученные в соответствующих узлах полной конечноэлементной модели конструкции. Нагружение конструкции в процессе эксплуатации рассматривается как совокупность повторяющихся блоков динамических усилий, действующих на конструкцию в течение определенного периода времени движения вагона по реальным неровностям пути.

Уточнение напряженного состояния области дефекта осуществляется путем ее последовательного выделения из конечноэлементной модели зоны сварного шва и разработки детализированной упруго-диссипативной модели, составленной из объемных конечных элементов. Нагружение модели осуществляется динамическими усилиями, полученными на границах выделяемой области в виде осциллограмм.

Учет резкой концентрации напряжений и деформаций, характерной, например, для вершины трещиноподобного дефекта, осуществляется моделированием вершины сингулярными 5-гранными квадратичными объемными элементами со сдвинутыми к вершине дефекта на  $\frac{1}{4}$  длины стороны промежуточными узлами. Размер сингулярных элементов принимается в соответствии с размером зерна поликристалла стали сварного соединения 0,1 мм.

В сингулярных конечных элементах у вершины дефекта с наибольшим уровнем плотности энергии деформации на основании зависимости (5) определяется количество циклов нагружения  $\Delta N$  до достижения критического значения плотности энергии деформации. После достижения предельного состояния у вершины трещиноподобного дефекта моделируется его дальнейший рост последовательной заменой сингулярного элемента у вершины дефекта с уровнем плотности энергии деформации, превысившим критический  $W_c$ , двумя конечными элементами с разъединенными узлами, формирующими русло трещины. Формирование новой вершины трещины осуществляется у следующего за исключенным конечным элементом. Описанная процедура расчета повторяется до достижения трещиной предельного состояния, после которого происходит ее лавинообразный рост и превращение в сквозную.

Рассматривается объемный рост трещины, инициированной трещиноподобным дефектом как вглубь шва, так и распространение трещины вдоль шва.

Расчетная оценка дополнительного срока службы боковой рамы тележки по критериям сопротивления усталости с использованием экспериментальных данных об изменении параметров усталости при достижении рамой срока службы 30 лет оказывается завышенной, так как не учитывает изменение структуры металла.

На основе разработанной методики оценки живучести литой боковой рамы тележки, в которой после 30 лет эксплуатации возможны внутренние трещиноподобные дефекты, не обнаруживаемые установкой акустико-эмиссионного контроля, проведено моделирование роста трещиноподобного дефекта для шести зон буксового проема боковой рамы и 60 вариантов случайного расположения дефекта и микротрещин. Моделирование показало, что для боковой рамы тележки, эксплуатирующейся под вагоном-цистерной грузоподъемностью 66 т, развитие внутренней трещины до сквозной в зонах внутреннего и наружного узлов буксового проема может произойти за срок меньше 5 лет с вероятностью 0,117. Анализ срока службы боковой рамы тележки модели 18-100, прошедшей процедуру его продления, и подкатываемой под грузовой вагон малой грузоподъемности, например, вагон для перевозки легковых автомобилей модели 11-835, показал, что он может составить 38 лет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программный комплекс моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм» версия 3.0. Руководство пользователя.- Брянск, 2006 г.
2. Вершинский, С. В. Динамика вагона [Текст] / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов; под ред. С. В. Вершинского. - М. : Транспорт, 1991. - 360 с.
3. J.J. Kalker and J. Piotrowski, Some New Results in Rolling Contact, Vehicle System Dynamics, 18 (1989)
4. РД 32.68-96 «Расчетные неровности железнодорожного пути для использования при исследованиях и проектировании пассажирских и грузовых вагонов. М.: ВНИИЖТ, 1997, 20 с.
5. Ромен, Ю. С. Динамические качества грузовых вагонов на тележках с осевыми нагрузками до 25 тс [Текст] / Ю. С. Ромен, А. В. Заверталюк, А.В. Ковалев // Вестник ВНИИЖТ. – 2006. - №1. С. 21-26.
6. Сорокин, Е. С. Об учете упругих несовершенств материалов методами теории наследственной упругости [Текст] / Е. С. Сорокин, Г. Б. Муравский // Строительная механика и расчет сооружений №4 (100). - 1975. - С. 52-58.

7. Проведение научно-исследовательской работы по повышению надежности крупных стальных отливок грузовых вагонов [Текст] / Промежуточный отчет по хозяйственной научно-исследовательской работе между БИТМ и БСЗ (тема 808/533). Часть III. – Брянск: БИТМ, 1976. – 181 с.
8. Бирюков, И. В. Механическая часть тягового подвижного состава [Текст] / И. В. Бирюков, А. Н. Савоськин, Г. П. Бурчак и др.; под ред. И.В.Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.
9. Кобищанов, В. В. Методика прогнозирования усталостной долговечности несущих конструкций кузовов вагонов [Текст] / В. В. Кобищанов, Д. Я. Антипин // Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения: Труды V Международной конференции. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. С. 248-257.
10. Иванова, В. С. Синергетика: Прочность и разрушение металлических материалов [Текст] / В. С. Иванова. -М.: Наука, 1992. – 160 с.

D. YA. ANTIPIN

## THE ASSAYING OF FATIGUE LONGEVITY AND SURVIVABILITY OF MOLTEN SIDE FRAMES OF THE BOGIE OF THE MODEL 18-100 AT EXTENSION OF THEIR LIFE EXPECTANCY

*Mathematical simulation of traffic of the goods' car on real irregularities of a rail path in straight lines and curve sections, on slip switches is spent and at a service braking. The dynamic loads acting on a side frame of the bogie in maintenance are defined. The dynamic are developed is elastic-dissipativnye certainly-element sample pieces of a side frame of the bogie and its most loaded area with typical imperfections. The estimation fatigue longevity of a side frame of the bogie of the goods' car ground the data about dynamic congestion with use determined and probability techniques is executed. The estimation of survivability of a molten side member of the bogie with imperfection in the form of a craze is executed, the probability of collapse of the cradle in five years after extension of life expectancy over 30 years is defined.*

**Keywords:** Molten side frame of the bogie of the goods' car, extension of life expectancy of moulded pieces of coaches, certainly-element sample pieces of fragments of the cradle, a tension of a side frame of the bogie, fatigue longevity, simulation of growth of a flaw, survivability of a bogie frame, the goods' car.

### BIBLIOGRAPHY

1. Programmnyy kompleks modelirovaniya dinamiki sistem tel "Universal`nyy mekhanizm" versiya 3.0. Rukovodstvo pol`zovatelya.- Bryansk, 2006 g.
2. Vershinskiy, S. V. Dinamika vagona [Текст] / S. V. Vershinskiy, V. N. Danilov, V. D. Husidov; pod red. S. V. Vershinskogo. - M. : Transport, 1991. - 360 s.
3. J.J. Kalker and J. Piotrowski, Some New Results in Rolling Contact, Vehicle System Dynamics, 18 (1989)
4. RD 32.68-96 "Расчетные неровности железнодорожного пути для испытания при исследованиях и проектировании пассажирских и грузовых вагонов. М.: ВНИИЗЖТ, 1997, 20 с.
5. Romen, YU. S. Dinamicheskie kachestva грузовых вагонов на тележках с осевыми нагрузками до 25 тс [Текст] / YU. S. Romen, A. V. Zavertalyuk, A.V. Kovalev // Vestnik VNIIZHT. - 2006. - №1. S. 21-26.
6. Sorokin, E. S. Ob uchete uprugikh nesovershenstv materialov metodami teorii nasledstvennoy upru-gosti [Текст] / E. S. Sorokin, G. B. Muravskiy // Stroitel`naya mekhanika i raschet sooruzheniy №4 (100). - 1975. - S. 52-58.
7. Проведение научно-исследовательской работы по повышению надежности крупных стальных отливок грузовых вагонов [Текст] / Промежуточный отчет по хозяйственной научно-исследовательской работе между БИТМ и БСЗ (тема 808/533). Часть III. - Брянск: БИТМ, 1976. - 181 с.
8. Biryukov, I. V. Mekhanicheskaya chast` tyagovogo podvizhnogo sostava [Текст] / I. V. Biryukov, A. N. Savos`kin, G. P. Burchak i dr.; pod red. I.V.Biryukova. - М.: Транспорт, 1992. - 440 с.
9. Kobishchanov, V. V. Metodika prognozirovaniya ustalostnoy dolgovechnosti nesushchikh konstruktsiy ku-zovov vagonov [Текст] / V. V. Kobishchanov, D. YA. Antipin // Nauchno-tekhnicheskie problemy prognozirovaniya nadezhnosti i dolgovechnosti konstruktsiy i metody ikh resheniya: Trudy V Mezhdunarodnoy konferentsii. SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2003. S. 248-257.
10. Ivanova, V. S. Sinergetika: Prochnost` i razrushenie metallicheskih materialov [Текст] / V. S. Ivanova. - М.: Наука, 1992. - 160 с.

Р. А. КОБЗЕВ

## ВЫБОР МЕТОДА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ ВЫСОКИХ КЛАССОВ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

*Рассматривается вопрос выбора метода оптимального проектирования несущих металлических конструкций козловых кранов. Нахождение оптимальных значений параметров металлических конструкций позволит существенно сократить затраты на изготовление и эксплуатацию крана.*

**Ключевые слова:** козловый кран, оптимальное проектирование, несущая металлическая конструкция, методы оптимального проектирования.

При производстве козловых кранов большая часть затрат связана с изготовлением металлической конструкции, особенно это характерно для кранов высоких классов ответственности, отказ которых влечет за собой существенный экономический ущерб, в связи с чем элементы их металлических конструкций имеют значительный запас прочности. Определение оптимальных параметров металлических конструкций позволило бы существенно снизить капитальные затраты на изготовление крана, а также эксплуатационные затраты, поскольку снижение массы крана в целом положительно скажется на энергоемкости механизмов, в первую очередь механизма передвижения крана.

Решение задачи оптимального проектирования в целом сводится к выбору независимых переменных параметров, принадлежащих допустимой области и обеспечивающих экстремальное значение выбранного критерия оптимизации. В зависимости от решаемой задачи выбирается метод поиска оптимальных параметров. Методы многомерного поиска делятся на две группы – прямые и косвенные. Прямые методы основаны на вычислении значений целевой функции и сравнении вычисляемых значений. Косвенные методы основаны на использовании необходимых и достаточных условий математического определения экстремума функции.

Косвенные методы можно разделить на два типа: градиентные методы, в которых используются точные значения первых производных, и методы второго порядка, в которых наряду с первыми производными используются также вторые производные функции [1].

Градиент функции  $F(x)$  векторного аргумента  $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  представляет собой вектор, направленный в сторону наибольшего возрастания функции  $F$ , координатами которого служат частные производные по соответствующим переменным [2]:

$$\Delta F = \left( \frac{\partial F}{\partial x_1}, \frac{\partial F}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial F}{\partial x_n} \right).$$

Антиградиент ( $-F$ ) направлен в сторону наибольшего убывания функции критерия оптимальности. В тех случаях, когда функция цели аналитически недифференцируема, применяются разностные методы для приближенной оценки градиента. Частные производные аппроксимируются с помощью соотношений двух видов:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} \cong F_{i,h} = \frac{F(x + \Delta x) - F(x)}{h_i},$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} \cong F_{i,2h} = \frac{F(x + \Delta x) - F(x - \Delta x)}{2h_i},$$

где:  $x = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$ ;  $x + \Delta x_i = (x_1, x_2, \dots, x_i + h_i, \dots, x_n)$ .

Точность аппроксимации первых частных производных выше по второй формуле, однако, число вычислений возрастает на  $n$ , поэтому из условия экономии машинного времени целесообразно второй формулой пользоваться вблизи точки экстремума.

Среди методов косвенных методов оптимизации наибольшее распространение получили метод наискорейшего спуска, метод Ньютона, метод Марквардта, метод сопряженных градиентов [3].

Главный недостаток всех градиентных методов заключается в том, что они неприменимы для решения задач с ограничениями, т.к. при движении в направлении антиградиента может привести в недопустимые на основании наложенных ограничений точки.

Для решения задач с ограничениями в практике оптимального проектирования широко используются методы, основанные на преобразовании задач с ограничениями (условной оптимизации) к задачам без ограничений (безусловной оптимизации). К таким методам относится метод безразмерных множителей Лагранжа. Экстремум функции  $F(x)$  при наличии между переменными уравнений связи  $f_i(x)$  определяется с помощью функции Лагранжа:

$$L(x, \lambda) = F(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i f_i,$$

где:  $\lambda_i$  – множители Лагранжа.

Необходимыми условиями решения задачи методом безразмерных множителей Лагранжа является дифференцируемость целевой функции и регулярность ограничений, что сужает область применения метода. Кроме того, при многоэкстремальных задачах требуется применение необходимых условий второго порядка существования экстремума функции, что значительно усложняет исследование и увеличивает объем машинного времени. Практически считается, что метод множителей Лагранжа практически неприменим для отыскания глобального оптимума функции цели.

Градиентные методы часто оказываются малоэффективными в случаях, когда требуется получить решение экстремальной задачи с большой степенью точности. Кроме того, в ряде случаев невозможно или очень затруднительно найти выражение для производных целевой функции. Применение разностной аппроксимации производных в таких случаях приводит к необходимости экспериментального определения длины шагов, позволяющего установить надлежащее соответствие между ошибкой округления и ошибкой аппроксимации.

В таких случаях более эффективными являются методы прямого поиска. Методы прямого поиска основаны на сравнении значений целевой функции и не требуют вычисления производных и градиентов функции. Широкую известность получил метод поиска по симплексу, предложенный Спендли, Хекстом и Химсвортом. В  $N$ -мерном пространстве симплекс представляет собой многогранник, образованный  $N+1$  равноотстоящими друг от друга вершинами. Новый симплекс строится на любой грани начального симплекса путем переноса выбранной вершины на надлежащее расстояние вдоль прямой, проведенной через центр тяжести остальных вершин начального симплекса. При переходе к новому симплексу требуется вычисление значений целевой функции. Итерации продолжаются до тех пор, пока не будет найдена точка минимума или не начнется движение по двум или более симплексам. При заклинивании необходимо уменьшить размеры симплекса с помощью коэффициента редукции. Поиск завершается, когда или размеры симплекса становятся достаточно малыми, или разность между значениями функции в вершинах становится меньше наперед заданного

числа. При всей простоте и малом объеме потребной памяти, алгоритм работает слишком медленно, так как не используется информация, полученная на предыдущих итерациях.

Эффективность метода можно увеличить, если определять направление поиска. Данные методы получили название методов покоординатного спуска [1]. Метод покоординатного спуска основан на поочередном изменении переменных вдоль одной из координатных осей:

$$x_i^{r+1} = x_i^r + \lambda_i^r l_i,$$

где:  $l_i$  –  $i$ -й координатный  $n$ -мерный вектор,  $i=1,2,\dots,n$ ;

$\lambda$  - параметр, характеризующий длину шага вдоль направления поиска.

$$l_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i = j; \\ 0, & \text{если } i \neq j \end{cases}$$

Длина шага  $\lambda_i^r$  равна постоянной величине  $\Delta_i$  и может выбираться по правилу:

$$l_{ij} = \begin{cases} \Delta_i, & \text{если } F(x^r + \Delta_i l_i) < F(x^r); \\ \Delta_i, & \text{если } F(x^r - \Delta_i l_i) < F(x^r) > F(x^r + \Delta_i l_i); \\ 0, & \text{если } \min [F(x^r + \Delta_i l_i); F(x^r - \Delta_i l_i)] > F(x^r). \end{cases}$$

Поиск считается законченным, если  $\max \Delta_i \leq \gamma$ , где  $\gamma$  - минимальное значение шага, которое выбирается, исходя из потребной точности вычисления.

Недостатком метода покоординатного спуска является то, что при исследовании овражных функций замедляется процесс поиска, а в некоторых случаях происходит остановка поиска в точке, далекой от точки истинного экстремума.

Указанный недостаток исключается в методе конфигураций Хука-Дживса [4], в котором каждая итерация состоит из двух процедур: пробного движения в окрестностях базовой точки и движения в направлении наибольшего убывания целевой функции. При этом процедура пробного движения производится в окрестностях базовой точки  $x^r$  согласно алгоритма для метода покоординатного спуска. При этом размер шага может быть разным для каждой переменной. После просмотра всех координатных направлений  $l_i$  получается точка  $x_n^r$ , в которой значение функции меньше значения функции в базовой точке  $F(x_n^r) < F(x_n)$ . Вектор  $(x_n^r - x_n)$  указывает допустимое направление поиска вдоль дна оврага минимизируемой функции. Далее проводится движение «по образцу». Делается шаг в найденном направлении при изменении всех переменных  $x_i$ . Если это привело к убыванию функции, новая точка принимается за базовую и итерация повторяется. При этом величина пробного шага  $\Delta_i = \Delta_i / h$ , где  $h > 1$ . Поиск считается законченным, если размер пробных шагов по всем координатам станет меньше наперед заданной величины, характеризующей точность определения минимума функции.

Метод конфигураций Хука-Дживса имеет явные преимущества перед градиентными методами, так как позволяют исследовать овражные функции. Возможность использовать переменный пробный шаг дает возможность получения приближенного решения сложных задач оптимизации, которое качественно улучшается на последующих стадиях численного решения. При всех преимуществах метода следует сказать, что по сравнению с градиентными методами при выполнении этапа движения по образцу возможен пропуск экстремальной точки, особенно овражных функций. Поэтому при сравнительно небольшом количестве независимых переменных желательно при каждом шаге выполнять исследование окрестностей

базовой точки и проводить движение по координате, дающей наиболее убывание целевой функции. Такая модификация позволит методу получить преимущества метода наискорейшего спуска. Кроме того, метод применим лишь при решении задач безусловной оптимизации.

Преобразование задач условной оптимизации к задачам безусловной оптимизации может быть произведено методом штрафных или барьерных функций [3], которые основаны на введении «штрафа» исходной функции при нарушении ограничений, заданных неравенствами. Методы штрафных и барьерных функций отличаются тем, что подход к точке разрыва исследуемой функции производится изнутри или снаружи.

Недостатками метода является то, что при малых «штрафах» или «барьерах» возникает опасность пропустить точку разрыва, приняв ее за точку минимума, а большие значения штрафных или барьерных функций не позволяют с большой точностью найти точку разрыва. Кроме того вычисление штрафных функций требует больших затрат машинного времени.

Задачи нелинейного программирования с ограничениями могут решаться методом скользящего допуска, позволяющим в отличие от метода штрафных функций оперировать при исследовании как с допустимыми, так и недопустимыми векторами в пространстве решений [5].

Разновидностью метода поиска по симплексу, имеющего недостаток в том, что необходима проверка допустимости всех его вершин, является метод комплексов, предложенный Боксом. С учетом заданных значений верхней и нижней границ значений переменных генерируются псевдослучайные числа  $r_i$ , равномерно распределенные на отрезке (0, 1), определяются координаты точек и находятся значения функции в этих точках. При решении задач с ограничениями проверяется допустимость каждой точки. Если нарушается какое-либо ограничение в точке, то она смещается к центру тяжести построенных точек. Точка с наибольшим значением функции отбрасывается и берется новая через центр тяжести остальных. Метод дает хорошие результаты для выпуклых задач, но неудовлетворительно работает при расположении точек на границе.

Метод комплексов дал толчок к развитию достаточно большого количества методов случайного поиска. Из этих методов наиболее эффективными являются те, в которых используются элементы методов спуска. Среди них адаптивные методы, в которых шаг движения изменяется в зависимости от скорости убывания функции.

Разновидностью методов случайного поиска является метод ЛП-поиска [6], в которых производится систематический просмотр многомерных областей: в качестве пробных точек в пространстве параметров используются точки равномерно распределенных последовательностей, так называемых ЛП<sub>r</sub> – последовательностей, которая обладает наилучшими характеристиками равномерности среди всех известных в настоящее время равномерно распределенных последовательностей. Метод рекомендуется для поиска глобального минимума многокритериальных задач оптимизации.

Из методов прямого поиска наиболее универсальным является метод Хука-Дживса, в котором за счет исследования окрестности базовой точки, с которой начинается исследование, всегда корректируется направление движения к экстремуму целевой функции. В литературе это часто называется исследованием «овражных» функций, в которых точка минимума или максимума постоянно может менять направление. Учитывая, что функция цели при исследовании металлической конструкции крана на оптимальность, в качестве которой могут быть приняты минимальные приведенные затраты или металлоемкость крана, зависит большой числа параметров, наиболее применимым для решения поставленной задачи является метод оптимизации Хука-Дживса, позволяющий более точно находить экстремум функции, особенно при исследовании «овражных» функций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуп, Т. Решение инженерных задач на ЭВМ [Текст] / Т. Шуп. - М.: Мир, 1978. – 238с.
2. Батищев, Д. И. Методы оптимального проектирования [Текст] / Д. И. Батищев. - М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
3. Реклейтис, Г. Оптимизация в технике [Текст]: учебник в 2 т. / Г. Реклейтис, А. Рейнвиндран, К. Рэкседел.; пер. с англ. Т. 1. - М.: Мир, 1986. - 256 с., Т. 2. М.: Мир, 1986. – 320 с.
4. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс [Текст] / Б. Банди. М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
5. Мажид, К. И. Оптимальное проектирование конструкций [Текст] / К. И. Мажид. - М.: Высшая школа, 1979. – 237 с.
6. Соболев, И. М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями [Текст] / И. М. Соболев, Р. Б. Статников. - М.: Наука, 1981. – 112 с.

### **Кобзев Роман Анатольевич**

Балаковский институт техники технологии и управления

Адрес: 413800, г. Балаково, ул. Чапаева, 140

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

Тел.: +7(8453)44790

E-mail: kafpsm @ bittu.org.ru

---

R. A. KOBZEV

## **SELECTION METHOD FOR OPTIMAL DESIGN OF METAL STRUCTURES GANTRY CRANE HIGH SCHOOL OF LIABILITY**

*The question of a choice of a method of optimum design of bearing metalworks of gantry cranes is considered. Determination of optimum values of parameters of metalworks will allow to reduce a capital and operational expenses essentially.*

**Keywords:** gantry crane, optimum design, bearing metalworks, method of optimum design.

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Shup, T. Reshenie inzhenernykh zadach na EVM [Tekst] / T. Shup. - M.: Mir, 1978. - 238s.
2. Batishchev, D. I. Metody optimal'nogo proektirovaniya [Tekst] / D. I. Batishchev. - M.: Radio i svyaz', 1984. - 248 s.
3. Rekleytis, G. Optimizatsiya v tekhnike [Tekst]: uchebnik v 2 t. / G. Rekleytis, A. Reynvindran, K. Reksedel.; per. s angl. T. 1. - M.: Mir, 1986. - 256 s., T. 2. M.: Mir, 1986. - 320 s.
4. Bandi, B. Metody optimizatsii. Vvodnyy kurs [Tekst] / B. Bandi. M.: Radio i svyaz', 1988. - 128 s.
5. Mazhid, K. I. Optimal'noe proektirovanie konstruksiy. - M.: Vysshaya shkola, 1979. - 237 s.
6. Sobol', I. M. Vybor optimal'nykh parametrov v zadachakh so mnogimi kriteriyami [Tekst] / I. M. Sobol', R. B. Statnikov. - M.: Nauka, 1981. - 112 s.

### **Kobzev Roman Anatol'evich**

Balakovo Institute of Engineering Technology and Management

Address: 413800, Balakovo, st. Chapayeva, 140

Candidate technical sciences, associate professor, "Lifting-transport, construction and road machines"

Tel.: +7(8453)44790

E-mail: kafpsm@bittu.org.ru

О. В. ИЗМЕРОВ, Г. С. МИХАЛЬЧЕНКО

## КЛАССИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ СИНТЕЗА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ТЯГОВЫХ ПРИВОДОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*Рассмотрена задача создания классификации технических решений узлов подвижного состава, как инструмента в виде структурированного, легко воспринимаемого представления технических знаний, необходимого для принятия решений и выдвижения новых идей в процессе проектирования. В результате анализа известных классификаций механической части тягового привода подвижного состава железных дорог выявлен ряд случаев, когда используемые в качестве признаков конструктивные решения определяют реализуемые динамические параметры привода неоднозначно. Предложена новая многоуровневая классификация представляющая собой схематизированный алгоритм перехода от базовых динамических свойств привода в составе рельсового экипажа к конкретным конструкциям*

**Ключевые слова:** проблемы создания новой техники, теория знаний, синтез технических решений, тяговый привод подвижного состава железных дорог, классификация.

Вступление России в ВТО создало ситуацию, когда от отечественного железнодорожного машиностроения требуется постоянное выдвижение и реализация новых технических идей, для чего в настоящее время необходима не только переход на системы автоматизированного проектирования, но и радикальные изменения в самой методологии проектирования машин, связанные с использованием принципов технической инновационики, в частности, инжиниринговых технологий изобретательского творчества, метода базовых функций и каталогов типовых решений [3,4,6-8]. В свою очередь, успех реализации нового подхода к проектированию во многом зависит от удобства управления знаниями о технических решениях проектируемой машины или узла и представления этих знаний проектировщику. Все это заставляет по-новому отнестись к проблеме создания классификаций технических решений узлов подвижного состава, видя в таких классификациях инструмент в виде структурированного, легко воспринимаемого представления технических знаний, необходимого для принятия решений и выдвижения новых идей в процессе проектирования. Рассмотрим проблемы создания таких классификаций на примере одного из наиболее трудных в проектировании узлов подвижного состава – механической части тягового привода (далее – тягового привода).

### СУЩЕСТВУЮЩИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ТЯГОВЫХ ПРИВОДОВ

В последние полвека неоднократно предпринимались попытки создать классификации тягового привода рельсовых транспортных средств. К настоящему моменту в практическом применении из всех предложенных различными авторами осталось только две [1], что позволяет считать их наиболее совершенными среди ранее созданных и не рассматривать остальные.

Первая представляет собой классификацию базовых вариантов индивидуальных приводов с односторонними передачами, не имеющими упругих элементов. Авторы делят приводы на три класса, определенные ими как «степени динамического совершенства»:

*класс I* – с опорно-осевыми двигателями и редукторами, характеризуемый «высоким уровнем всех основных динамических показателей»;

*класс II* – с опорно-рамными двигателями и опорно-осевыми редукторами; по утверждению авторов, «в зависимости от конкретной схемы приводы этого типа могут приближаться по динамическим свойствам к приводам класса I или III»;

*класс III* – с опорно-рамными двигателями и редукторами, характеризуемый авторами, как имеющий «наиболее благоприятные динамические показатели».

Поскольку вышеприведенная классификация охватывает распространенные в 70 – 80-е годы тяговые приводы отечественных локомотивов, авторы предлагают более полную классификацию «по динамическим свойствам приводов», охватывающую как индивидуальные, так и групповые приводы, разделяя их на группы по семи признакам (рис. 1):

1-й признак – степень развития замкнутого контура кинематической цепи привода (индивидуальный привод с односторонней передачей, индивидуальный с двусторонней, групповой);

2-й и 3-й признаки – степень подрессоривания соответственно корпусов двигателя и редуктора, «определяющая их расположение: на оси или на раме тележки (кузова)»;

4-й признак – степень связи поворота централи редуктора в пространстве с вертикальным перемещением колесной пары, определяющий степень влияния перемещения колесной пары на динамические моменты в валопроводах привода;

5-й признак – чувствительность привода к возмущениям, вызываемым крутильными колебаниями, т.е. степень связи поворота централи редуктора с поворотом якоря ТЭД;

6-й и 7-й признаки характеризуют связь нагруженности элементов компенсирующих муфт привода с расцентровкой валов привода.

Данная классификация удобна при изучении тяговых приводов, логически последовательна, охватывает основную часть известных конструктивных схем тяговых приводов и может быть расширена за счет дальнейшей классификации муфт.

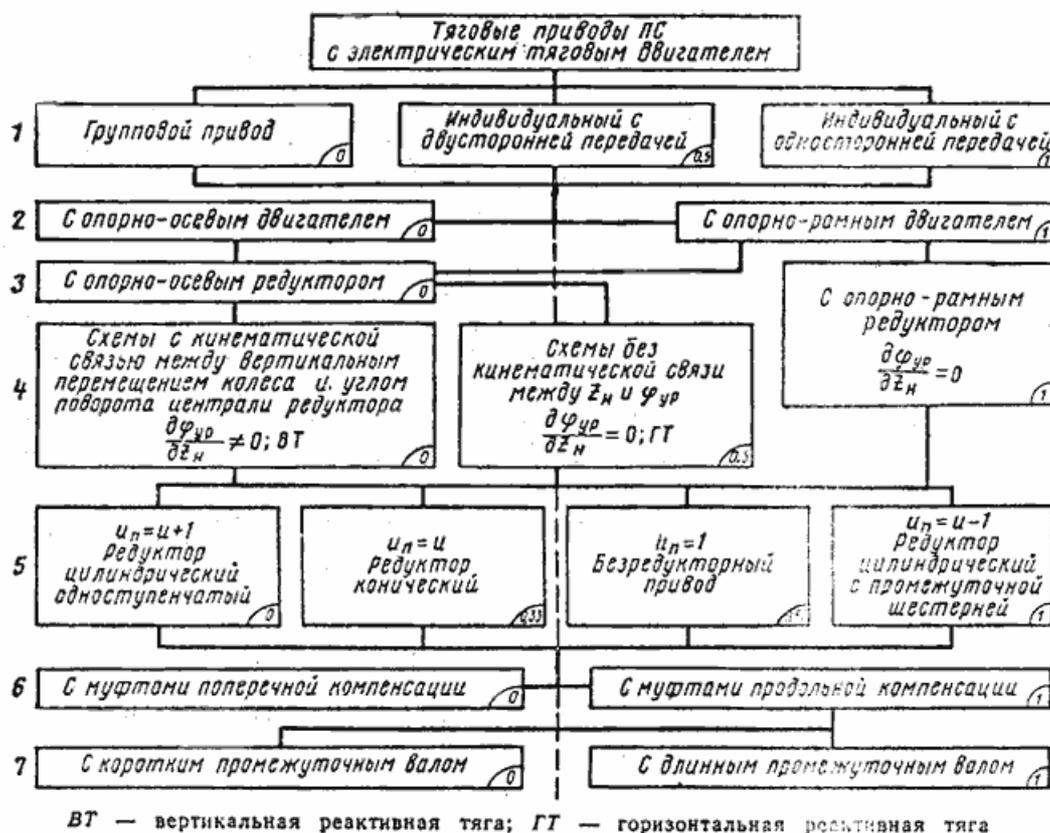


Рисунок 1 - Классификация тяговых приводов по семи различным признакам [1]:

$z_n$  – вертикальное перемещение колеса,  $\varphi_{ур}$  – угол поворота централи редуктора,  $u$  – передаточное число редуктора,  $u_n$  – передаточное число редуктора «от корпуса к шестерне»

Вместе с тем в практике проектирования встречаются случаи, когда используемые в качестве признаков конструктивные решения определяют реализуемые динамические параметры привода крайне неоднозначно. Так, например, степень подрессоривания двигателя в классификации определена местом расположения двигателя (подвеска на оси или на раме тележки). Для наиболее распространенных конструкций экипажной части локомотивов и моторных вагонов будет совершенно справедливым вывод, что при подвеске двигателя на раме тележки он более защищен от воздействия возмущений от пути, чем при подвеске на оси. Однако в общем случае перенос массы двигателя на раму тележки не устраняет первопричины возникновения динамических усилий и моментов в виде возмущения от пути. Перенос

двигателя на раму тележки – это один из способов введения упругой связи между тяговым двигателем и осью колесной пары, при котором роль упругой связи выполняют пружины или рессоры буксовой ступени подвешивания, а масса двигателя связана с рамой тележки; соответственно, данная упругая связь может быть выполнена и другим способом, например, введением резиновых амортизаторов между двигателем и колесной парой при осевом подвешивании.

В реальных конструкциях буксовая ступень подвешивания не всегда способна обеспечить более эффективную защиту двигателя от динамических воздействий от пути, чем опорно-центровое подвешивание. Подобный парадокс, например, может наблюдаться в тележке путевой машины или легкорельсового транспорта с буксовым подвешиванием Меги, имеющим небольшой статический прогиб. Наблюдающийся в последнее время рост разнообразия конструкций экипажа будет вести к увеличению числа таких случаев.

Другая проблема связана с тем, что в классификации используются несколько признаков, отражающих динамические свойства привода при воздействии неровностей пути, в то время как повреждения деталей и узлов привода вызываются и другими динамическими факторами, например, автоколебаниями в режиме боксования или воздействием зубцовых возмущений. Попытка учесть такие признаки в существующей классификации показывает, что однозначно определить понятие динамического совершенства для реального привода оказывается возможным не во всех случаях. Так, в приводе с опорно-рамным двигателем и редуктором надежность тягового двигателя может оказаться хуже, чем в приводе с опорно-рамным двигателем и опорно-осевым редуктором из-за воздействия зубцовых возмущений на элементы двигателя и изгиба вала якоря под действием реакции ведущей шестерни на валу ТЭД, а касательные напряжения в оси при боксовании могут достичь значений, которые в эксплуатации приведут к поломке оси.

Кроме того, на практике приходится считаться и с тем обстоятельством, что для потребителя важны надежность и снижение эксплуатационных расходов на всю систему «экипаж – путь». При этом стремление к динамическому совершенству привода может входить в противоречие со стремлением к динамическому совершенству всего экипажа. В частности, в [2] отмечено: «Применение опорно-рамного подвешивания тяговых электродвигателей увеличивает обрессоренную массу и момент инерции обрессоренной части тележки относительно поперечной горизонтальной оси. Вследствие этого частота галопирования тележек у тепловоза ТЭП75 (4,2-4,8 Гц) в среднем в 2 раза ниже, чем, например, у пассажирского тепловоза «Кестрел» фирмы «Браш» (Англия), а амплитуды колебаний соответственно в 2 раза выше. Поэтому в конструкциях экипажных частей с опорно-рамным подвешиванием тяговых электродвигателей следует уделять большое внимание демпфированию колебаний галопирования тележки...»

Таким образом, помимо известных и получивших широкое распространение классификаций тяговых приводов, существует потребность в создании новой специализированной классификации, более узко ориентированной на задачи проектирования железнодорожных экипажей.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ НОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ**

В качестве основных частных функций тягового привода подвижного состава можно определить следующие:

- преобразование момента или усилия, создаваемых двигателями подвижного состава, в силу тяги;
- отсутствие взаимного влияния перемещений экипажа относительно пути и силы тяги;
- обеспечение соответствия динамических качеств экипажа предъявляемым требованиям.

Если первые две функции реализованы в каждом из технических решений тягового привода, признанного работоспособным, то реализация третьей находится в зависимости как от свойств надсистем в виде тележки и экипажа в целом, так и подсистем в виде элементов тягового привода (тягового электродвигателя, колесной пары, передаточного механизма и т.п.). Степень реализации этой функции на физическом уровне может быть оценено на основе совокупности свойств динамической системы тягового привода, причем данная оценка оказывается неоднозначной по следующим причинам.

Применение классификации для задач проектирования локомотива предполагает допущения, что подвижной состав представляет собой многоуровневую систему, в которой понятие динамического совершенства применяется, в первую очередь, к тележке и экипажу в целом и что проектировщик может пойти на допустимое ухудшение отдельных динамических показателей привода (например, динамического момента в валопроводах) в целях улучшения динамики экипажа в целом. Доводка тележки и экипажа в целом, в частности, экспериментальное исследование воздействия на путь, занимает длительное время и требует больших расходов. Кроме того, динамическое несовершенство тележки может приводить к иным значительным издержкам потребителя (увеличение частоты обточки бандажей, замены рельсов в кривых вследствие их износа и т.п.).

Динамическое совершенство экипажа во многом зависит от рационального выбора соотношения обрессоренной и необрессоренной масс экипажа. С одной стороны, повышение конструкционной скорости рельсового экипажа может потребовать ограничения необрессоренной массы, с другой – увеличение обрессоренных масс тележки может потребовать роста сопротивления повороту тележки для снижения влияния в прямых, что, в свою очередь, приведет к ухудшению динамических показателей в кривых и т.п. Относя те или иные элементы тягового привода к обрессоренным и необрессоренным массам, конструктор влияет на динамические свойства тележки и тем самым может ускорить или замедлить ее доводку. Исходя из этого, в качестве основной динамической характеристики тягового привода по отношению к тележке рельсового экипажа предлагается принять соотношение обрессоренных и необрессоренных масс привода (*степень необрессоренности масс привода*). При этом сохраняется преимущество с широко распространенной классификацией И.В. Бирюкова, где разделение приводов на классы тесно взаимосвязано с отнесением основных элементов привода к обрессоренным или необрессоренным массам.

Что касается динамических свойств самого привода (динамический момент в валопроводах, ускорение элементов привода и т.п.), то в настоящее время в мировой практике наблюдается стремление решать данные проблемы, прежде всего, путем совершенствования технологии изготовления, а также введения упругих элементов, снижающих напряжения и деформации элементов конструкции от воздействия динамических факторов до уровня, соизмеримого с воздействием тяговых моментов (применение асинхронных ТЭД, косозубых и шевронных передач, конических роликоподшипников, замена цилиндрических резинометаллических шарниров сферическими и т.п.). Это позволяет на период, пока внедрение новых технологий является выгодным для производства железнодорожных экипажей, исключать из классификации признаки, связанные с чувствительностью элементов привода к воздействию неровностей пути, кинематическим несовершенством муфт и т.п. Несомненно, такое допущение ограничивает время актуальности классификации, однако, в отличие от естественных наук, в технике актуальность классификаций, как правило, сохраняется на определенный период развития техники (в данном случае это период выхода отечественного железнодорожного машиностроения на передовые рубежи мировых технологий).

В групповых приводах кинематическая цепь привода при движении рельсового экипажа не является строго замкнутой вследствие наличия упругого скольжения колеса по рельсу, а, с другой стороны, абсолютное большинство тяговых приводов содержат замкнутый контур кинематической цепи из-за того, что правый и левый колесные центры связаны осью. Поэтому признаком степени развития замкнутости контура кинематической цепи привода в

новой классификации предлагается пренебречь, принимая во внимание то обстоятельство, что выбор между индивидуальным и групповым приводом диктуется в данное время в основном не стремлениями получить определенные динамические свойства, а имеющейся технологической базой для производства узлов, возможностями и целесообразностью закупки комплектации.

Далее, подчинение классификации практическим задачам проектирования предполагает, что в процессе использования проектировщик должен получить возможность не только дополнять классификацию какой-либо вновь найденной конструкцией привода, но и активно использовать данную классификацию для поиска новых способов решения технической задачи. Вследствие этого предлагается строить классификацию не просто в виде разделения совокупности известных конструкций тягового привода по определенным формализованным признакам, а придать ей форму схематизированного алгоритма перехода от базовых динамических свойств привода в составе рельсового экипажа к конкретным конструкциям.

### ПОСТРОЕНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ

Рассмотрим практическую реализацию вышеперечисленных методических предпосылок в виде классификации-алгоритма (рис. 2), построенной на основе анализа тяговых приводов, описанных в [3].

Группировку тяговых приводов в зависимости от их необрессоренной массы предлагается произвести разбиением на три группы, составляющие *первый уровень классификации*:

- необрессоренные тяговые приводы, для которых масса, которую можно отнести к обрессоренной, практически незначительна;

- частично обрессоренные тяговые приводы, в которых необходимо учитывать как массу, которую можно отнести к необрессоренной, так и массу, которую можно отнести к обрессоренной;

- обрессоренные тяговые приводы, в которых величина необрессоренной массы близка к теоретическому минимуму и не может быть далее снижена путем изменения конструкции привода.

Таким образом, все мыслимые конструктивные решения приводов предложено делить на три группы. При этом большего числа групп, в принципе, быть не может: либо практически весь привод – необрессоренный, либо весь – обрессоренный, либо нечто промежуточное. Поэтому первый, базовый уровень классификации в предлагаемом виде уже не зависит ни от развития технологии, ни от изменения потребительских функций рельсового экипажа.

Однако базовый уровень классификации сам по себе не дает представления о конкретном техническом решении тягового привода и практической информации по его выбору и созданию новых схем. Поэтому в классификацию предлагается ввести уровни перехода от базового свойства привода к конкретному решению.

В качестве *второго уровня классификации* предлагается принцип технического решения.

В этом случае для полностью необрессоренного привода принцип решения получается самоочевидным, поскольку все значимые в весовом отношении элементы привода должны жестко опираться на ось или быть связаны с ней непосредственно либо через другие элементы, также относящиеся к необрессоренным массам. Это определяет переход на *третий уровень*, в качестве которого предлагается принять уровень конструктивной схемы (непосредственный опорно-осевой привод), а от него – на *четвертый уровень*, который определить как уровень примеров технических решений (например, привод трамваев с мотор-колесами Variobahn и Cityrunner).

В предложенной классификации не обязательно перечисление всех примеров решений, и при использовании классификации для той или иной практической задачи одни массивы примеров могут быть опущены, а в других, наоборот, могут быть введены низшие подклассы технических решений. Это позволяет уйти от попыток «объять необъятное» в данной

классификации и вообще избежать ее чрезмерной громоздкости; классификация может быть подстроена пользователем под решаемую задачу.

Чтобы в предложенной классификации получить частично обрессоренный привод, необходимо тем или иным способом выделить в нем часть привода (детали, узлы, их части), которая будет относиться к необрессоренным массам, и часть привода, которая будет относиться к обрессоренным. Таким образом, для частично обрессоренного привода общим принципом технического решения предлагается считать разделение привода на обрессоренную и необрессоренную массы.

На втором уровне предлагается выделить четыре известных способа разделения масс привода:

- разделение якоря и остова, что на уровне конструктивной схемы соответствует известному решению «остов на раме, якорь на оси», а на уровне примеров – приводу Батчелдера;

- разделение точек подвеса привода (часть массы привода опирается на ось непосредственно, другая – через раму тележки), что на уровне конструктивных схем соответствует классическому опорно-осевому приводу; на уровне примеров – приводу с жестким зубчатым колесом и траверсой, приводу с упругим зубчатым колесом и жесткой подвеской и т.п.;

- разделение передачи и ТЭД, что на уровне конструктивных схем соответствует опорно-рамному приводу с опорно-осевым редуктором; на уровне примеров – приводу с внешним карданом, с двойной муфтой, с карданом в полем якоря и т.п.;

- разделение колес передачи, соответствующее на уровне конструктивных схем двум разным схемам; первое из них – привод без передаточного механизма (например, предложенный в Л.Н. Решетовым [5]), а другое – привод гибкой связью (клиноременный привод трамвая Сименса, цепной привод).

В приводе, элементы которого полностью обрессорены, при технической реализации существует единая техническая задача – каким образом связать этот привод с необрессоренными массами, чтобы передать на них тяговое усилие. Таким образом, здесь общим принципом технического решения предлагается считать нахождение способа связи привода с необрессоренными массами и приводы разбить соответственно по найденным способам связи. Предлагается выделить три известных способа такой связи:

- связь компенсирующим механизмом, что соответствует двум возможным конструктивным схемам: компенсирующим механизмом с соосными валами (поперечная муфта, полый карданный вал и т.п.) и механизмом с несоосными валами (поперечно-кривошипные приводы с наклонным дышлом, с рамой Кандо и т.п.);

- связь упругой опорой, что соответствует конструктивной схеме опорно-центрального привода (с кольцевой опорой, с опорой из отдельных элементов и т.п.);

- связь электромагнитным полем, что соответствует линейному электродвигателю (с одинарным, с двойным зазором и т.п.).

Хотя в представленную классификацию и не были включены признаки динамических свойств, задача оптимизации которых является подчиненной по отношению к задаче оптимизации экипажа в целом (ускорения остова ТЭД, динамический момент в валопроводах и т.п.), это ограничение вызвано прежде всего двумерной схемой классификации и в дальнейшем может быть снято без изменения ее структуры, путем перехода к трехмерной и многомерной схеме. При многомерной схеме также появляется возможность учесть в классификации и специфические механизмы электромеханических передач.

На основании изложенного можно сделать вывод, что предложенная классификация по мере ее развития позволяет охватить все тяговые приводы, включая экспериментальные и редко используемые, без пересмотра основных принципов ее построения.

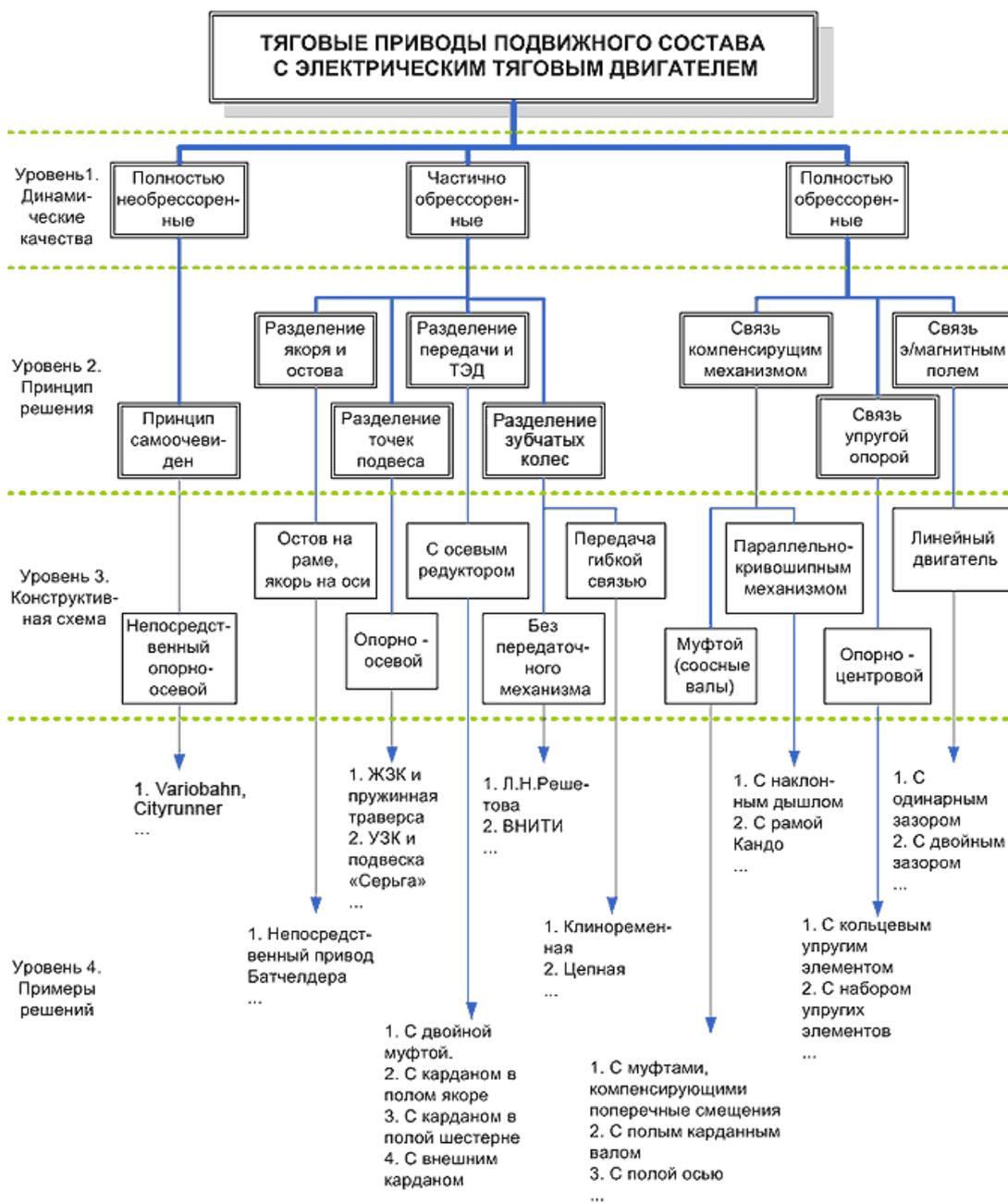


Рисунок 2 - Классификация-алгоритм синтеза конструктивных схем тяговых приводов

Вследствие этого новая классификация выполняет не только функцию описания известных конструкций, но и, возможно, позволит проектировщику выявить новые направления конструкторского поиска не только на уровне новых технических воплощений идей (например, использование иной карданной муфты и т.п.), но и на уровне создания новых семейств приводов. Например, из классификации следует, что возможен поиск новых способов разделения масс привода, новых способов связи колесной пары и привода и т.п.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков, И. В. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог [Текст] / И. В. Бирюков, А. И. Беляев, Е. К. Рыбников. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
2. Беляев, А. И. Повышение надежности экипажной части тепловозов [Текст] / А. И. Беляев, Б. Б. Бунин, С. М. Голубятников и др.; под ред. Л. К. Добрынина. М., Транспорт, 1984 - 248 с.
3. Измеров, О. В. Инновационное проектирование машин [Текст] / О. В. Измеров и др.; под редакцией член-корр. академии электротехнических наук Российской федерации, д-ра техн. наук А.С. Космодамианского. – Орел, ОрелГТУ, 2010. – 413 с.

#### **№4(39)2012 (октябрь-декабрь) Технологические машины**

4. Измеров, О. В. Техническая инновационика. Методы изобретательского творчества [Текст] / О. В. Измеров и др. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2011. - 213 с.
5. Решетов, Л. Н. Самоустанавливающиеся механизмы [Текст] / Л. Н. Решетов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 272 с.
6. Koller R. Konstruktionsmethode fur den Maschinen-, Gerate- und Apparatebau. Springer -Verlag, 1976 – 184p.
7. Karlheinz Roth. Konstruieren Mit Konstruktionskatalogen. Band 1 : Konstruktionslehre. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000 - 449 p.
8. Chakrabarti Amaresh. Engineering Design Synthesis. Understanding, approaches and tools. Springer-Verlag London Ltd, 2002 - 339 p.

#### **Измеров Олег Васильевич**

Администрация Брянской области  
Главный консультант отдела информационных систем  
Тел.: +7(495)9141321  
E-mail: uopi@msk.rsnet.ru

#### **Михальченко Георгий Сергеевич**

Брянский государственный технический университет  
Адрес: 241035, г.Брянск, бул.50-летия Октября, 7  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Подвижной состав железных дорог»

---

O. V. IZMEROV, G. S. MIKHALCHENKO

## **CLASSIFICATION AS THE SYNTHESIS SOLUTION FOR RAILROAD TRACTION DRIVE TRANSMISSIONS**

*The problem with creation of the classification of railroad rolling stock technical solutions as a structured, access-friendly presentation of design knowledge is considered. The analysis of classifications of railroad traction drive transmissions has shown couple of situations, when constructive decisions of traction drive, used as classification signs, define dynamic parameters of a drive ambiguously. The new multilevel classification which realizes the schematized algorithm of transition from base dynamic properties of railroad traction drive to different technical solutions is offered.*

**Keywords:** innovation problems, theory of knowledge, engineering design synthesis, railroad traction drive, classification.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Biryukov, I. V. Tyagovye peredachi elektropodvizhnogo sostava zheleznykh dorog [Tekst] / I. V. Biryukov, A. I. Belyaev, E. K. Rybnikov. - М.: Transport, 1986. - 256 s.
2. Belyaev, A. I. Povyshenie nadezhnosti ekipazhnoy chasti teplovozov [Tekst] / A. I. Belyaev, B. B. Bunin, S. M. Golubyatnikov i dr.; pod red. L. K. Dobrynina. М., Transport, 1984 - 248 s.
3. Izmerov, O. V. Innovatsionnoe proektirovanie mashin [Tekst] / O. V. Izmerov i dr.; pod redaktsiey chlen-korr. akademii elektrotekhnicheskikh nauk Rossiyskoy federatsii, d-ra tekhn. nauk A.S. Kosmodamianskogo. - Орел, ОрелGTU, 2010. - 413 s.
4. Izmerov, O. V. Tekhnicheskaya innovatsionika. Metody izobretatel'skogo tvorchestva [Tekst] / O. V. Izmerov i dr. - Орел: Gosuniversitet - UNPK, 2011. - 213 s.
5. Reshetov, L. N. Samoustanavlivayushchiesya mekhanizmy [Tekst] / L. N. Reshetov. - 2-e izd., pererab. i dop. - М.: Mashinostroenie, 1985. - 272 s.
6. Koller R. Konstruktionsmethode fur den Maschinen-, Gerate- und Apparatebau. Springer -Verlag, 1976 - 184p.
7. Karlheinz Roth. Konstruieren Mit Konstruktionskatalogen. Band 1 : Konstruktionslehre. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000 - 449 p.
8. Chakrabarti Amaresh. Engineering Design Synthesis. Understanding, approaches and tools. Springer-Verlag London Ltd, 2002 - 339 p.

#### **Izmerov Oleg Vasil'evich**

Administration of the Bryansk region  
Chief Consultant, Department of Information Systems  
Tel.: +7(495)9141321  
E-mail: uopi@msk.rsnet.ru

#### **Mikhailchenko Georgy Sergeevich**

Bryansk State Technical University  
Address: 241035, Bryansk, bul.50 years of October 7  
Dr. tech. Sciences, Professor of "Railway rolling"

С. В. ГЛУЩЕНКО

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК В ХОДОВОЙ ЧАСТИ БОЕВОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

*В статье приводится математическая модель действия нагрузок на гусеничную цепь под опорными катками боевой гусеничной машины. Это необходимо для теоретического исследования влияния давления опорной части машины при движении на подъеме, спуске и косягове на процесс взаимодействия гусеничной цепи с различным типом грунта.*

**Ключевые слова:** боевая гусеничная машина, нагрузки на гусеничную цепь, различные типы грунта.

В настоящее время парк военной техники (ВТ) Вооруженных сил Российской Федерации (ВС РФ) насчитывает: колесных машин – 93,1 %, боевых гусеничных машин (БГМ) – 6,9 % [1]. Анализ использования ВТ в вооруженных конфликтах за последние двадцать лет показывает, что на долю применения военных колесных машин приходится – 74,5 %, а на долю БГМ – 25,5 % [2]. Условия ведения современных боевых действий предъявляют высокие требования к мобильности и подвижности войск. Эти качества во многом зависят как от степени оснащенности войск автомобильной и бронетанковой техникой, так и от ее эксплуатационных свойств. Наиболее эффективным боевым средством обеспечения подвижности и проходимости войск в тяжелых дорожных условиях являются БГМ. Главным достоинством, определяющим их боевую эффективность, является достаточно высокий уровень проходимости из-за наличия у БГМ гусеничного движителя (ГД).

Распределение БГМ по родам войск показывает, что на долю машин общевойскового назначения приходится – 55,8 % от всего их количества, а применяемых под монтаж ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ) – 44,2 %. Стремительное развитие в последнее время военной техники, а также развитие военного искусства, экономические и другие соображения привели к тому, что многие образцы РАВ сухопутных войск, такие как зенитно-ракетные комплексы ближнего действия 9К37 «БУК», малой дальности 9К330 «ТОР», 9К331 «ТОР М-1», 2К22 «Тунгуска», противотанковый ракетный комплекс 9К113 «ШТУРМ», заводы - изготовители устанавливают на образцы БГМ различных марок [3].

В настоящее время проходимость БГМ в значительной мере определяется величиной среднего давления на грунт дорожной поверхности. Считается, что произошла потеря проходимости, если БГМ остановилась. Поэтому существующая тенденция, направленная на снижение среднего давления БГМ с целью повышения проходимости на слабонесущих грунтах, ставит под вопрос возможность передвижения вновь разрабатываемых БГМ по твердым, особенно мерзлым грунтам и обледенелым скальным дорогам. Величина среднего давления недостаточно объективно характеризует проходимость БГМ. У основных отечественных и зарубежных танков она составляет от 85 до 90 кПа, а других многоцелевых БГМ от 20 до 30 кПа, однако их проходимость различна. Это объясняется тем, что существующие конструкции ГД БГМ по-разному взаимодействуют с опорной поверхностью движения.

Отличительной особенностью проходимости БГМ при движении по твердым грунтам от проходимости по мягким грунтам является: отсутствие внедрения траков гусеничной цепи (ГЦ) ГД БГМ в опорную поверхность. Образование силы сцепления ГД БГМ с опорной поверхностью для реализации силы тяги БГМ в таких условиях движения будет осуществляться за счет силы трения между опорными поверхностями грунтозацепов траков ГЦ ГД и опорной поверхностью движения.

Для определения влияния конструктивных параметров БГМ на проходимость составлена расчетная схема, которая представлена на рисунке 1 [4,5].

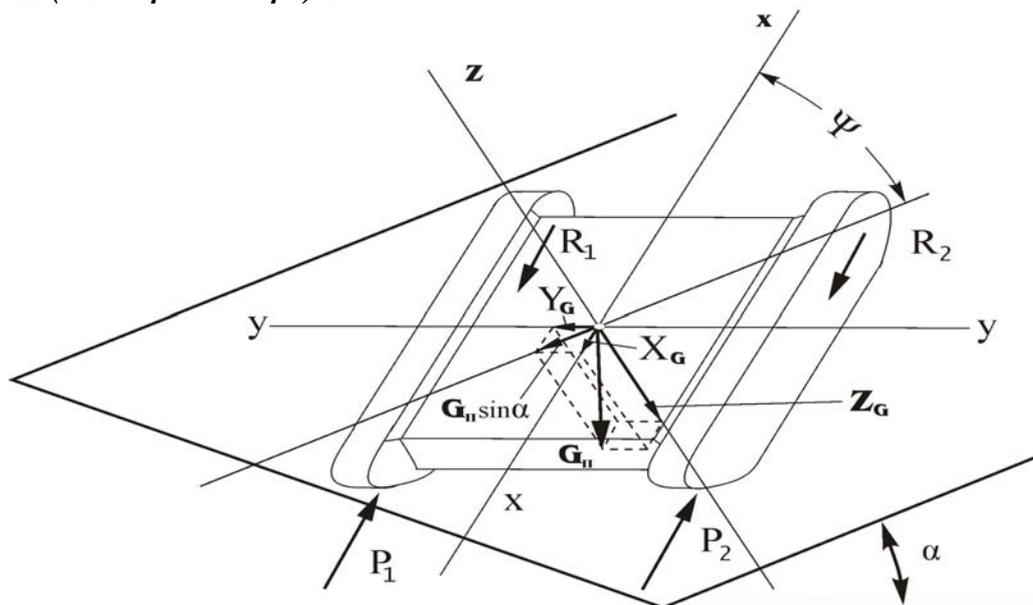


Рисунок 1 – Схема сил действующих на БГМ при движении по косогору

Для описания движения БГМ выбрана система координат:

$X$  – перемещение центра масс машины по направлению продольной оси её корпуса, отсчитываемое от неподвижной точки местности;

$Y$  – перемещение центра масс машины по направлению поперечной оси её корпуса, отсчитываемое от неподвижной точки местности;

$Z$  – вертикальное перемещение центра масс машины, перпендикулярное поверхности движения, начало отсчета координаты  $Z$  совпадает с положением центра тяжести в статике;

$\gamma$  – угловое перемещение корпуса БГМ в плоскости  $XOZ$  со стороны правого борта машины, отсчитываемое от поверхности движения. Положительному значению в принятой системе координат соответствует угловое перемещение корпуса против часовой стрелки.

При составлении расчетной схемы БГМ принимаем:

- сила тяжести поддрессоренных частей БГМ действует вертикально к горизонту и приложена в центре масс;

- внешние силы, действующие на корпус машины со стороны системы поддрессоривания, направлены перпендикулярно к основанию, а их линии действия проходят через оси опорных катков.

Все внешние силы, действующие на корпус (за исключением силы тяжести БГМ), являются силами реакций. Силы реакций, возникающие при взаимодействии опорных катков с гусеницами, направлены через центры опорных катков. В общем случае движения БГМ эти силы реакций можно разложить на горизонтальные и вертикальные составляющие [6].

Так как движение БГМ считаем прямолинейным и равномерным, то сумма горизонтальных составляющих реакций должна быть принята равной нулю.

Принятая расчетная схема БГМ позволяет существенно упростить описание процесса взаимодействия ГД с грунтом дорожной поверхности. Исходными данными для расчета являются: конструктивные параметры БГМ, параметры грунта дорожной поверхности и параметры, характеризующие режим движения.

Для описания процесса взаимодействия ГД с грунтом важно знать нагрузки под опорными катками, определяемые:

- статическими нагрузками от силы тяжести поддрессоренного корпуса БГМ и силы предварительного натяжения ГЦ;

- перераспределением нормальных нагрузок на опорные катки в движении за счет изменения натяжений в рабочих и свободных ветвях ГЦ и наклона поверхности движения.

В основу расчета нагрузок на опорные катки (а также нагрузок на ГЦ под ними) положены уравнения сил и моментов, действующих на БГМ при её равномерном прямолинейном движении по ровной опорной поверхности движения.

При движении БГМ на косогоре на нее будут одновременно действовать продольная  $X_G$  и поперечная  $Y_G$  силы [6], которые показаны на рисунке 2. Очевидно, в зависимости от курсового угла  $\psi$ :

$$X_G = G_{II} g \sin \alpha \cos \psi, \quad (1)$$

$$Y_G = G_{II} g \sin \alpha \sin \psi, \quad (2)$$

где:  $G_{II}$  – масса подрессоренной части БГМ, кг;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\alpha$  – угол наклона плоскости движения к горизонту, рад.

Воздействие поперечной скатывающей силы  $Y_G$  приводит к перераспределению нормальной нагрузки между ГЦ левого и правого бортов.

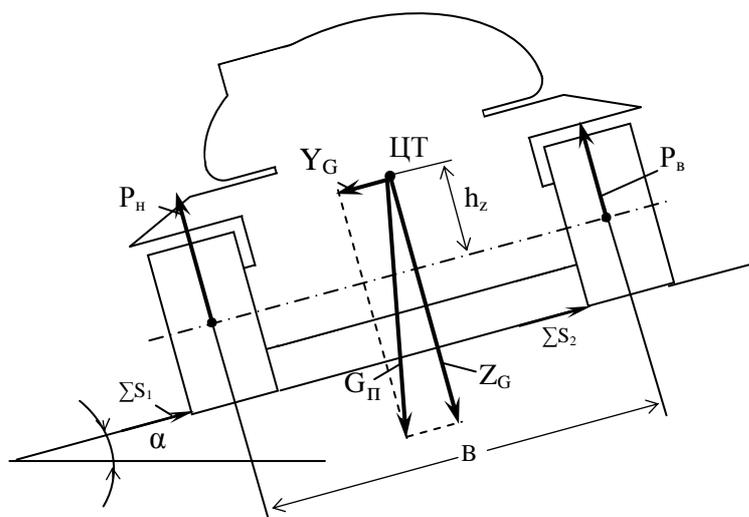


Рисунок 2 – Схема движения БГМ с боковым уклоном

Это явно видно на рисунке 2. В этих условиях нормальные нагрузки на опорные катки от подрессоренного корпуса определяются выражениями:

- для более нагруженного борта:

$$P_n = \frac{Z_G}{2} + Y_G \frac{h_z}{B_{cp}}, \quad (3)$$

- для менее нагруженного борта:

$$P_b = \frac{Z_G}{2} - Y_G \frac{h_z}{B_{cp}}, \quad (4)$$

где:  $P_n$  – нормальная нагрузка на опорные катки более нагруженного борта от подрессоренного корпуса, Н;

$P_b$  – нормальная нагрузка на опорные катки менее нагруженного борта от подрессоренного корпуса, Н;

$h_z$  – расстояние от центра тяжести БГМ до оси опорных катков в статическом положении, м;

$B_{cp}$  – ширина БГМ по точкам симметрии траков, м;

$Z_G$  – составляющая подрессоренной массы БГМ  $G_{II}g$  на ось  $Z$ , которая определяется выражением:

$$Z_G = G_{II}g \cos \alpha .$$

С учетом формулы (2) выражения (3) и (4) будут иметь вид:

$$P_u = \frac{G_{II}g \cos \alpha}{2} + G_{II}g \sin \alpha \sin \psi \frac{h_z}{B_{cp}}, \quad (5)$$

$$P_e = \frac{G_{II}g \cos \alpha}{2} - G_{II}g \sin \alpha \sin \psi \frac{h_z}{B_{cp}}, \quad (6)$$

соответственно.

Нагрузки под каждым опорным катком определяются по формуле:

$$P_j = R_j + G_{K,j}g - T_j, \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (7)$$

где:  $j$  – номер опорного катка, начиная с носа машины;

$R_j$  – сила, действующая от подрессоренной массы корпуса на ось  $j$ -го опорного катка в вертикальном направлении, Н;

$G_{K,j}$  – масса неподрессоренных элементов ходовой части, приходящаяся на  $j$ -й опорный каток, кг;

$T_j$  – вертикальные составляющие нагрузок от натяжения наклонных ветвей ГЦ, Н.

Масса неподрессоренных элементов ходовой части определяется выражением:

$$G_{K,j} = G_{ок,j} + G_{pa,j}, \quad (8)$$

где:  $G_{ок,j}$  – масса опорного катка, кг;

$G_{pa,j}$  – масса части рычага балансира и подвижных частей амортизатора, участвующих в колебательном движении катка, кг.

При определении  $T_j$  не принимаем в расчет, вследствие малости их значений (с условием малых скоростей движения), следующие величины: центробежные силы натяжения ГЦ, приращение длины свободной ветви за счет составляющих растягивающего усилия, возникающих при провисании ГЦ и жесткость шарниров.

Следует отметить, что в результате изменения натяжений в ветвях гусеничной ленты при приложении тяговой нагрузки характер нагружения ветвей в обводах с передним и задним расположением ведущего колеса различен. Это обусловлено различием в соотношении длин рабочей и свободной ветви ГЦ. Величины  $T_j$  определяются из выражения:

$$T_1 = T_c \sin \beta_{II}, \quad (9)$$

$$T_n = T_p \sin \beta_3, \quad (10)$$

$$T_{(2,3,\dots,n-1)} = 0,$$

где:  $T_c, T_p$  – рабочее натяжение, соответственно в свободной и рабочей ветвях ГЦ, Н;

$\beta_3, \beta_n$  – углы наклона к плоскости движения ГЦ, охватывающих задний и передний опорные катки соответственно, рад;

$n$  – количество опорных катков, шт.

Согласно [6], с учетом вышеперечисленных допущений, принимаем:

- для машин с задним расположением ведущего колеса:

$$T_p = T_o + P_{вк}, \quad (11)$$

$$T_c = T_o, \quad (12)$$

где:  $P_{\text{вк}}$  – сила тяги на ведущем колесе, Н;  
 $T_o$  – сила предварительного натяжения ГЦ, Н.

$$P_{\text{вк}} = \frac{M_{\text{вк}}}{r_{\text{вк}}}, \quad (13)$$

где:  $M_{\text{вк}}$  – момент на валу ведущего колеса, Нм;  
 $r_{\text{вк}}$  – радиус ведущего колеса, соответствующий радиусу окружности, проходящей через центры шарниров звеньев ГЦ, м;  
 - для машин с передним расположением ведущего колеса:

$$T_p = \begin{cases} T_o, & \text{при } P_{\text{вк}} \leq T_o \\ P_{\text{вк}}, & \text{при } P_{\text{вк}} > T_o \end{cases}, \quad (14)$$

$$T_c = \begin{cases} T_o - \frac{P_{\text{вк}}}{1 + \frac{\ell_{\text{св}}}{\ell_p}}, & \text{при } P_{\text{вк}} \leq T_o \\ 0, & \text{при } P_{\text{вк}} > T_o \end{cases}, \quad (15)$$

где:  $\ell_{\text{св}}$  – длина свободного участка ГЦ, м;  
 $\ell_p$  – длина рабочего участка ГЦ, м.

Неизвестные силы  $R_j$  зависят от относительных ходов опорных катков  $z_j$  и определяются выражением:

$$R_j = C_{\text{п}} \cdot z_j, \quad (16)$$

где:  $z_j$  – относительный ход  $j$ -го опорного катка, м;  
 $C_{\text{п}}$  – приведенная жесткость подвесок бортов БГМ, Н/м:

$$C_{\text{п}} = \frac{\partial R_j}{\partial z_j}(z_{o,j}),$$

где:  $z_{o,j}$  – статический ход  $j$ -го опорного катка, м.

Очевидно, что относительный ход опорного катка будет равен деформации упругого элемента, возникающей вследствие вертикального  $z$  и углового  $\gamma$  перемещений корпуса БГМ.

На рисунке 3 представлена схема движения БГМ с продольным уклоном. В общем случае движения на косогоре значение угла  $\alpha_x$  есть функция от продольного  $\alpha$  и курсового  $\psi$  углов, т.е.:

$$\alpha_x = f(\alpha, \psi).$$

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 3, будем иметь:

$$z_j = z_{o,j} - z_{н,в} - \ell_j \gamma, \quad (17)$$

где:  $z_{н,в}$  – вертикальные перемещения точки пересечения поперечной оси БГМ, проходящей через центр тяжести её корпуса и продольной плоскости, проходящей через оси опорных катков более и менее нагруженного бортов соответственно, м;

$\ell_j = x_j - x_{ц.м}$  – расстояние от центра масс БГМ до центра  $j$ -го опорного катка находящегося вдоль оси  $X$ , м;

$\gamma$  – угловое перемещение корпуса БГМ в плоскости  $XOZ$ , рад.

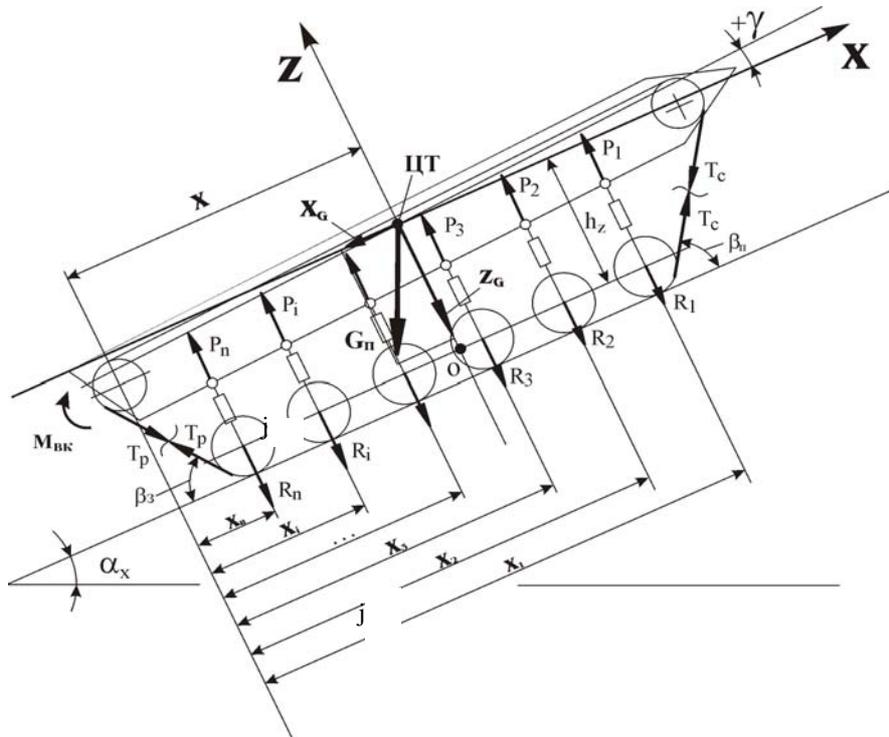


Рисунок 3 – Схема движения БГМ на продольном уклоне

Для определения значений  $Z_{н,в}$  и  $\gamma$  мысленно разорвем ГЦ на участках между ведущим колесом и задним опорным катком и составим уравнения проекций сил на ось  $X$  и моментов сил относительно поперечной оси БГМ, проходящей через точку  $O$ :

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n (z_{o,j} - z_{н,в} - \ell_j \operatorname{tg} \gamma) C_{\Pi} - T_p \sin \beta_3 - T_c \sin \beta_{\Pi} = P_{н,в} \\ \sum_{j=1}^n (z_{o,j} - z_{н,в} - \ell_j \operatorname{tg} \gamma) C_{\Pi} \ell_j + P_{вк} r_{вк} - X_G h_Z = 0 \end{cases} \quad (18)$$

Решив уравнения (18) относительно  $z_{н,в}$ ,  $z_{о,j}$  и  $\gamma$ , получаем для движения БГМ на подъем:

$$z_{н,в} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{\Pi} \ell_j^2 \left( \sum_{j=1}^n z_{o,j} C_{\Pi} - T_p \sin \beta_3 - T_c \sin \beta_{\Pi} - P_{н,в} \right) - \sum_{j=1}^n C_{\Pi} \ell_j \left( \sum_{j=1}^n z_{o,j} C_{\Pi} \ell_j + P_{вк} r_{вк} - X_G h_Z \right)}{\sum_{j=1}^n C_{\Pi} \sum_{j=1}^n C_{\Pi} \ell_j^2 - \left( \sum_{j=1}^n C_{\Pi} \ell_j \right)^2}, \quad (19)$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{\sum_{j=1}^n C_{\Pi} \left( \sum_{j=1}^n z_{o,j} C_{\Pi} \ell_j + P_{вк} r_{вк} - X_G h_Z \right) - \left( \sum_{j=1}^n z_{o,j} C_{\Pi} - T_p \sin \beta_3 - T_c \sin \beta_{\Pi} - P_{н,в} \right) \sum_{j=1}^n C_{\Pi} \ell_j}{\sum_{j=1}^n C_{\Pi} \sum_{j=1}^n C_{\Pi} \ell_j^2 - \left( \sum_{j=1}^n C_{\Pi} \ell_j \right)^2}. \quad (20)$$

Угловые перемещения корпуса БГМ в плоскости  $XOZ$ , проходящей через оси опорных катков более и менее нагруженного бортов  $\gamma_n, \gamma_s$  соответственно, равны вследствие жесткости корпуса машины. Исходя из этого:

$$\gamma = \gamma_n = \gamma_s.$$

При движении на спуск скатывающая сила направлена в сторону поступательного движения гусеничной машины, реализуемого силой тяги. Поэтому на спуске составляющая уравнений (19) и (20) сменит знак с "-" на "+". Углы  $\beta_z$  и  $\beta_{II}$  при изменении натяжений ветвей гусеницы, несколько меняют свои величины. Но в пределах эксплуатационных натяжений гусениц их величины изменяются незначительно. Поэтому эти углы принимаем неизменными. Также неизменными принимаем и значения расстояний  $\ell_{oj}$ . Данные допущения существенно упрощают расчеты.

Таким образом, выражения (1-20) позволяют определить нагрузки на опорные катки и на опорную поверхность под ними с учетом движения БГМ в условиях подъемов, спусков и косогулов. Однако, следует отметить, что нагрузки на основание с использованием вышеперечисленных выражений дают приближенные результаты. Для получения более точных результатов, адекватных реальной картине физических процессов взаимодействия ГД с грунтом необходимо учитывать силы и моменты, действующие в шарнирах ГЦ, и параметры грунта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция сохранения и развития парка ВАТ, совершенствование системы АТО ВС РФ на период 2006-2015 г.г. [Текст] : офиц. текст. – М. : Изд-во ГАБТУ МО РФ, 2005. – 275 с. – Библиогр.: с. 2–3.
2. Рукшин, А. С. Вооруженный конфликт на Северном Кавказе. Уроки и выводы [Текст] : военно-теоретический труд / А. С. Рукшин, А. С. Скворцов, В. И. Молтенской; под. общ. ред. А. В. Квашнина. – М. : Изд-во ГШ ВС РФ, 2003. – 384 с.
3. Глушенко, С. В. Применяемость военной автомобильной техники под монтаж ракетно-артиллерийского вооружения [Текст] / С. В. Глушенко, А. В. Лапин, А. В. Писарчук // НТС кафедры АТ РВАИ. Выпуск № 3. – М.: Спутник +, 2007. – С. 73–76. – Библиогр.: с. 76. – 60 экз. – ISBN 978-5-364-00639-4 (в пер.).
4. Родин, А. А. Оценка и повышение проходимости боевых гусеничных машин по слабым грунтам [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14 / Родин Александр Аркадьевич. – Кубинка, 1993. – 118 с. – Библиогр.: с. 111–114.
5. Родин, А. А. Повышение проходимости БГМ за счет конструктивных мероприятий [Текст] / А. А. Родин, Г. В. Филиппов; Войсковая часть № 68054. – М., 1989. – 22 с. – Библиогр.: с. 20. – Деп. в ЦСИФ Минобороны РФ 12.05.89, № 4183.
6. 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. – Библиогр.: с. 154–162.

**Глушенко Сергей Владимирович**

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова  
Канд. техн. наук, подполковник, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация вооружения и военной техники»

Адрес: 390031, г. Рязань, площадь Маргелова, д. 1

Тел.: +7(903)6415915

E-mail: glushenko.78@bk.ru

S. V. GLUSHCHENKO

## DEFINITION OF THE LOADS IN THE MILITARY TRACKED VEHICLE CHASSIS

*In the article include mathematic model of loads on the caterpillar chain under control by military tracked vehicle. This is necessary for the theoretical research of influence of pressure bearing parts of cars when driving on the rise and slope on the interaction of track circuit with various type of soil.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Kontsepsiya sokhraneniya i razvitiya parka VAT, sovershenstvovanie sistemy ATO VS RF na period 2006-2015 g.g. [Tekst] : ofits. tekst. - M. : Izd-vo GABTU MO RF, 2005. - 275 s. - Bibliogr.: s. 2-3.
2. Rukshin, A. S. Vooruzhennyy konflikt na Severnom Kavkaze. Uroki i vyvody [Tekst] : voenno-teoreticheskiy trud / A. S. Rukshin, A. S. Skvortsov, V. I. Moltenskoj ; pod. obshch. red. A. V. Kvashnina. - M. : Izd-vo GSH VS RF, 2003. - 384 s.
3. Glushchenko, S. V. Primenyaemost` voennoy avtomobil`noy tekhniki pod montazh raketno-artilleriyskogo vooruzheniya [Tekst] / S. V. Glushchenko, A. V. Lapin, A. V. Pisarchuk // NTS kafedry AT RVAI. Vypusk № 3. - M.: Sputnik +, 2007. - S. 73-76. - Bibliogr.: s. 76. - 60 ekz. - ISBN 978-5-364-00639-4 (v per.).
4. Rodin, A. A. Otsenka i povyshenie prokhodimosti boevykh gusenichnykh mashin po slabym gruntam [Tekst] : dis. ... kand. tekhn. nauk : 20.02.14 / Rodin Aleksandr Arkad`evich. - Kubinka, 1993. - 118 s. - Bib-liogr.: s. 111-114.
5. Rodin, A. A. Povyshenie prokhodimosti BGM za schet konstruktivnykh meropriyatiy [Tekst] / A. A. Rodin, G. V. Filippov; Voyskovaya chast` № 68054. - M., 1989. - 22 s. - Bibliogr.: s. 20. - Dep. v TSSIF Mino-borony RF 12.05.89, № 4183.
6. Pravednikov, D. V. Otsenka prokhodimosti 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. - Bibliogr.: s. 154-162.

**Glushchenko Sergey Vladimirovich**

Ryazan higher airborne troop command school named after general of the army V.F. Margelov

Senior lecturer in Exploitation of armament and military equipment, candidate of technical sciences, lieutenant colonel

Address: 390031, Ryazan, area Margelov, h. 1

Tel.: +7(903)6415915

E-mail: glushenko.78@bk.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

**БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ**

УДК 656.135.073

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

**АНАЛИЗ СТЕПЕНИ ЗАГРУЗКИ МАРШРУТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ГОРОДА ОРЛА**

*Материал статьи посвящен анализу степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла, путем условной разбивки на укрупненные микрорайоны по принципу трудовых, учебных, социальных, культурных, бытовых и досуговых перемещений горожан и гостей города.*

**Ключевые слова:** маршрутная транспортная сеть, маршрут, остановочный пункт, транспортная подвижность, маршрутное транспортное средство.

Основным направлением совершенствования городского пассажирского транспорта (ГПТ) является обеспечение качества обслуживания пассажиров. Решение проблемы предоставления услуг населению по перевозкам за счет увеличения количества маршрутных транспортных средств, может вызвать новую проблему - резкое увеличение интенсивности движения транспорта в городе. Ежедневно на дорогах города работает дополнительно к муниципальному транспорту, от 300 до 400 автобусов частных владельцев. На такую интенсивность движения многие транспортные артерии города просто не рассчитаны [1].

Увеличение интенсивности движения потянуло за собой рост числа ДТП, пробки на дорогах, срыв графиков движения и как результат – снижение качества обслуживания пассажиров.

Непрерывное расширение границ города за счет интенсивного периферийного жилищного строительства, повышение материального и культурного уровня трудящихся, возросшая в связи с этим подвижность населения предъявляют более высокие требования к условиям транспортного обслуживания населения.

В настоящее время в структуру ГПТ г. Орел входят два муниципальных предприятия: муниципальное унитарное пассажирское автотранспортное предприятие №1 (МУ ПАТП-1) и муниципальное унитарное предприятие «Трамвайно-троллейбусное предприятие» (МУП ТТП), а так же более 5-ти крупных перевозчиков различных форм собственности (партнерства): индивидуальных владельцев транспортных средств и коллективных собственников.

Муниципальное унитарное предприятие «Трамвайно-троллейбусное предприятие» осуществляет перевозку пассажиров по 3 трамвайным и 9 троллейбусным маршрутам (табл. 1), суммарная протяженность трамвайных путей составляет 38,9 км, троллейбусных линий – 76,51 км. Парк трамваев представлен 3 моделями: Татра Т3SU, Татра Т6B5 и 71-403, суммарное количество вагонов составляет 92 единицы. Парк троллейбусов представлен 7 моделями: ВМЗ-100, ЗиУ-682В, ЗиУ-682В [В00], ЗиУ-682Г [Г00], ЗиУ-682Г-016, ЗиУ-682Г-016(018), ЗиУ-682Г-016.05. Суммарное количество троллейбусов - 100 единиц [2].

Таблица 1 – Маршруты, обслуживаемые МУП ТТП

Номер маршрута	Наименование маршрута	Расстояние в прямом направлении, км	Расстояние в обратном направлении, км
<i>Трамвай</i>			
1	Вокзал - Дормаш	10,6	10,6
3	Пушкина - Химмаш	12,05	12,25
4	Вокзал – 35 школа	5,0	5,2

Продолжение таблицы 1

<i>Троллейбус</i>			
1	Автовокзал – санаторий Лесной	13,19	13,28
3	Вокзал – б-ца Семашко	7,89	7,86
4	Автовокзал – б-ца Семашко	6,51	7,15
5	Вокзал – Тех. Университет	9,13	9,52
6	Автовокзал – ул. Горького	7,72	7,78
8	Южный пер. – Тех. Университет	11,36	12,09
9	Микрорайон – СПЗ	6,27	6,5
10	Автовокзал – Южный пер.	8,07	10,82
12	Автовокзал – Тех. Университет	7,58	7,7

Муниципальное унитарное пассажирское автотранспортное предприятие №1 осуществляет перевозку пассажиров по 22 маршрутам (табл. 2) [2]. Парк автобусов представлен следующими моделями: Ikarus-263, Ikarus-280, ЛиАЗ-5256, ПАЗ-3205, ПАЗ-32053 и др.

Таблица 2 – Маршруты, обслуживаемые МУ ПАТП-1

Номер маршрута	Наименование маршрута	Расстояние в прямом направлении, км	Расстояние в обратном направлении, км
3	Ливенская АЗС – Тех. университет	11,3	11,3
4	909 квартал – Политех. Универс.	11,0	11,0
5	Ул. Гайдара – Карачевское ш-се	13,0	13,0
6	Ул. Силикатная – ул. Алроса	12,9	12,9
7	Ул. Цветаева – з-д. Живмаш	12,0	12,0
8	909 квартал – пос. Булгаково	17,0	18,0
9	1- Посадская – ст. Лужки	6,2	6,2
10	909 квартал - ул. Силикатная	16,5	16,5
11	Спецавтобаза – ул. Часовая	13,5	11,1
12	Автовокзал – ул. Цветаева	10,7	10,7
14	ул. Цветаева - СПЗ	18,2	18,2
15	ЖД Вокзал – ул. Часовая	9,5	9,5
16	Маг. «Нокиа» - Южный пер.	13,9	13,9
17	Тех универс. – ул. Космонавтов	14,5	14,5
18	909 квартал - ул. Космонавтов	16,4	19,2
20	З-д. Живмаш – Сан. Лесной	17,3	17,3
21	Ул. Гайдара – Автовокзал	12,8	12,8
22	Ботаника – ул. Цветаева	9,9	9,9
23	Сан. Лесной – ул. Часовая	16,4	16,4
24	Ботаника – маг. Звездный	14,0	12,9
56	Ул. Силикатная – б-ца Боткина	8,0	8,0

Частные перевозчики представлены следующими организациями и индивидуальными предпринимателями: ИП «ЦППП», СРО ОРОПП «Альтернатива», ООО «Гепард», ИП «Стариков», ИП «Гвоздев», ИП «Грачев». Частными перевозчиками обслуживается 37 маршрутов (табл. 3) [2].

Таблица 3 – Маршруты, обслуживаемые частными перевозчиками

Номер маршрута	Наименование маршрута
25	Север-сталь-метиз - Знаменка
26	Тех. университет - Знаменка
27	З-д Химмаш – п. Силикатный
28	Мезенка - Знаменка
29	Сев. Рынок – ООО «Листопад»
30	Южный пер. - Знаменка
31	909 квартал - Тех. университет
32	909 квартал – Север-сталь-метиз
33	909 квартал – Северный рынок
34	909 квартал- Нижняя Лужна
35	909 квартал – ул. Цветаева
37	Карачевское ш-се – м-н Звездный
38	Автовокзал – Север – сталь метиз
39	909 квартал – пос. Половец
40	Автовокзал – ул. Германо
41	Ул. Цветаева – 35 школа
42	Ул. Цветаева – ст. Лужки
43	Тех. Университет – Ливенская АЗС
44	Тех. Университет – Сан. Лесной
45	ГТУ – Север-сталь-метиз
46	Институт ЗБК – ст. Лужки
47	ГТУ – Южный пер.
48	ГТУ – Южный пер.
49	ст. Лужки – Север-сталь-метиз
50	Ливенская АЗС – Север-сталь-метиз
51	Ливенская АЗС – Мезенка
52	Вес. Слобода – Север-сталь-метиз
53	Пос. Булгаково – Север-сталь-метиз
54	Южный пер. – ул. Березовая
55	ЖД вокзал – Институт ЗБК
56	Силикатный – б-ца Боткина
57	Мезенка – м-н «Звездный»
58	Ливенская АЗС – 909 квартал
59	Лужки - Автовокзал
60	Вес. Слобода – ЖД Вокзал
75	Веселая Слобода - Спецавтобаза
76	Ст. Лужки – Веселая Слобода

Определению степени загрузки маршрутной сети автотранспортом общего пользования, подвергали маршрутную сеть, утвержденную Постановлением Главы муниципального образования «Город Орел» - мэра г. Орла от 30 марта 2007 года №692 (в ред. Постановлений Главы муниципального образования «Город Орел» - мэра г. Орла от 05.05.2008 №1344, от 29.05.2008 №1699, от 27.10.2008 №3520, от 27.11.2008 № 3896 с изм., внесенными Постановлением Администрации города Орла от 197.08.2007 №1867).

Степень загрузки определяли путем сравнения необходимого (расчетного) количества маршрутов с действующим реестром маршрутной сети города Орла по методике, представленной ниже [1].

Маршрутная сеть города Орла разбивалась на укрупненные микрорайоны  $m$  по принципу трудовых, учебных, социальных, культурных, бытовых и досуговых перемещений горожан и гостей города (разбивка условная). Из блок-схемы, представленной на рисунке 1, количество укрупненных районов определено в количестве  $m = 9$ .

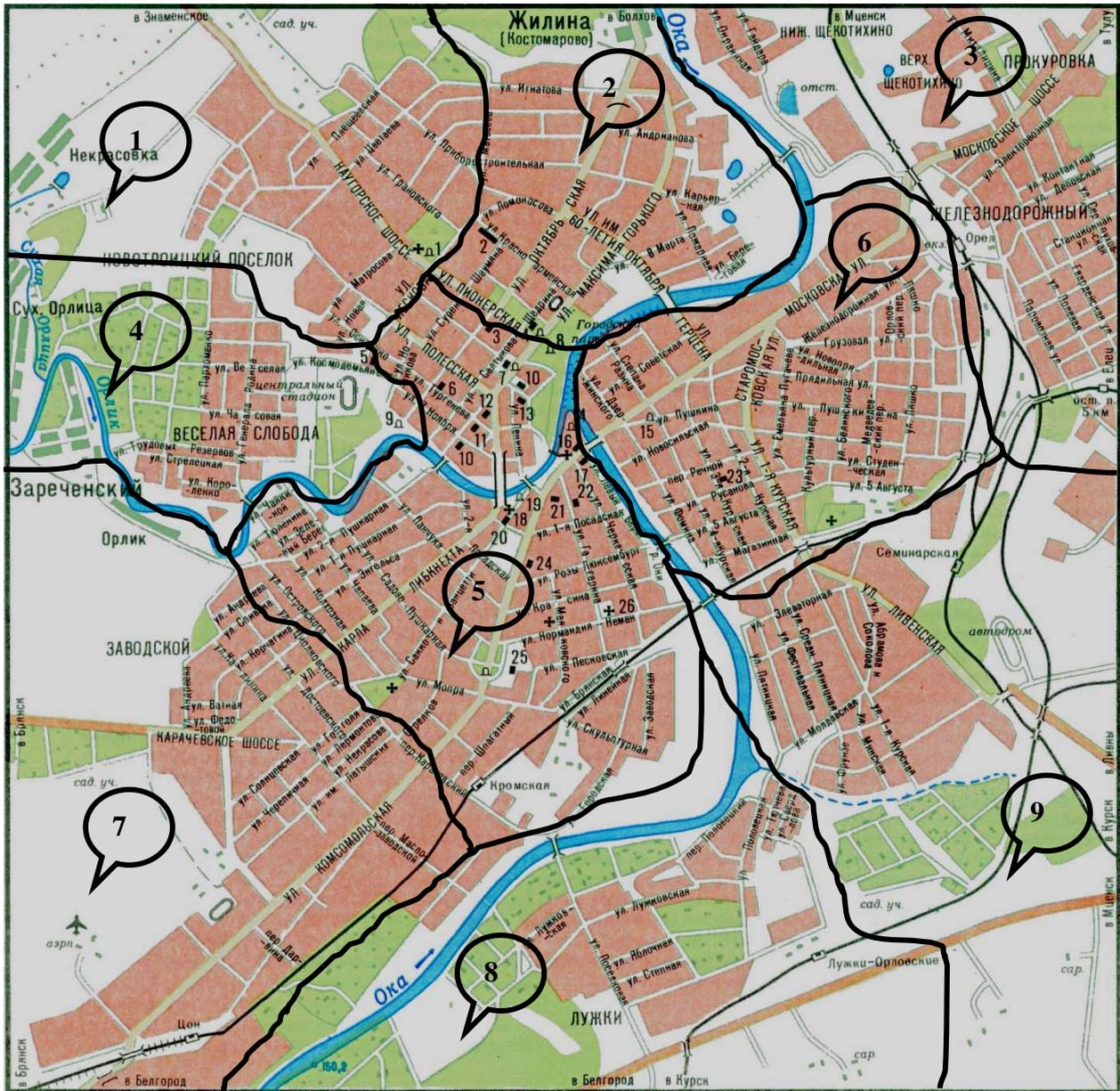


Рисунок 1 – Блок-схема маршрутной сети города Орел в укрупненной разбивке

1 – микрорайон «Наугорский»; 2 – микрорайон «Семашко»; 3 – микрорайон «Северный»; 4 – микрорайон «Веселая слобода»; 5 – микрорайон «Центр»; 6 – микрорайон «Привокзальный»; 7 – микрорайон «Карачевский»; 8 – микрорайон «Лужки»; 9 – микрорайон «Ливенский»

Необходимое, расчетное количество автобусных маршрутов для города Орла определяем по формуле [1]:

$$n = \frac{m(m-1)}{2}, \quad (1)$$

где:  $m$  – укрупненные микрорайоны города Орла.

$$n = \frac{9(9-1)}{2} = 36 \text{ маршрутов.}$$

Вывод: количество автобусных маршрутов для современной транспортной схемы города Орел должно составлять 36 единиц.

Степень загрузки маршрутной транспортной сети города высокая и превышает расчетное на 66.6 %, что привело к высоким нагрузкам на улично-дорожную сеть города, выраженное в создании заторов на остановочных пунктах вследствие их невысокой пропускной способности, дублировании некоторых маршрутов.

По результатам исследований на ключевых остановочных пунктах, определенных совместно с управлением транспорта и дорожного хозяйства администрации города Орла была определена и дополнительная нагрузка на маршрутную транспортную сеть города вследствие курирования межмуниципальных маршрутных транспортных средств. В обиходе их называют «трехзначные» (например, № 354, 352, 357, 444 и другие, не входящие в реестр городских маршрутов города Орла). Данные маршруты приводят дополнительно к увеличению степени загрузки городской маршрутной транспортной сети Орла на 20-30 %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обследование пассажиропотока на автотранспорте общего пользования в городе Орле, оценка перспектив развития маршрутной сети на 2011 г. и плановый до 2015 гг., анализ эффективности работы и взаимодействия различных видов транспорта общего пользования: Отчет о НИР (заключительный); «ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК»; Руководитель А.Н. Новиков; А.Л. Севостьянов, А.П. Трясцин, А.А. Катунин, А.С. Бодров и др. - ГР № 01201257245; Инв. № 7996.- Орел, 2011.- 62 с.

2. Определение степени использования общественного транспорта различными категориями граждан в городе Орле (транспортной подвижности граждан) [Текст]: Статистический сборник. «Транспорт в Орловской области (2000, 2005 – 2010 гг.)» № 2104. 2011 г.; Т.П. А.Н. Новиков, А.Л.Севостьянов, А.А. Катунин, М.В. Кулев и др. – Орел, 2011. 92 с.

**Новиков Александр Николаевич**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Адрес: г. Орел, ул. Московская, 77

Тел.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Севостьянов Александр Леонидович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Канд. техн. наук, доцент, директор института транспорта

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

Тел.: +7(4862)734360

E-mail: srmostu@mail.ru

**Катунин Андрей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

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

Тел.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Кулев Андрей Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Ассистент кафедры «Сервис и ремонт машин»

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

Тел.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

## ANALYSIS OF POWER BOOT ROUTE TRANSPORT NETWORK OF OREL

*The material is devoted to the analysis of the load of the route of the transport network in the city of Orel, by conventional scheduling for consolidated districts on the basis of employment, educational, social, cultural, residential and leisure movement of citizens and visitors alike.*

**Keywords:** *transportation network routing, route, stops, transport mobility, shuttle vehicle.*

### BIBLIOGRAFIY

1. Obsledovanie passazhiropotoka na avtotransporte obshchego pol'zovaniya v gorode Orle, otsenka perspektiv razvitiya marshrutnoy seti na 2011 g. i planovyy do 2015 gg., analiz effektivnosti raboty i vzaimodeystviya razlichnykh vidov transporta obshchego pol'zovaniya: Otchet o NIR (zaklyuchitel'nyy); "FGBOU VPO Gosuniversitet - UNPK"; Rukovoditel' A.N. Novikov; A.L. Sevost'yanov, A.P. Tryastsin, A.A. Katunin, A.S. Bodrov i dr. - GR № 01201257245; Inv. № 7996.- Orel, 2011.- 62 s.

2. Opredelenie stepeni ispol'zovaniya obshchestvennogo transporta razlichnymi kategoriyami grazhdan v gorode Orle (transportnoy podvizhnosti grazhdan) [Tekst]: Statisticheskiy sbornik. "Transport v Orlovskoy oblasti (2000, 2005 - 2010 gg.)" № 2104. 2011 g.; T.P. A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, M.V. Kulev i dr. - Orel, 2011. 92 s.

**Novikov Alexander Nikolaevich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

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

Address: g. Orel, Moscows Street., 77

Tel.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Sevost'yanov Alexander Leonidovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

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

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

Tel.: +7(4862)734360

E-mail: srmostu@mail.ru

**Katunin Andrei Alexandrovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

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

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

Tel.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Kulev Andrei Vladimirovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Assistant of «Service and repair of machinery»

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

Tel.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

УДК 656.056

О. В. СОРОКИНА, Ю. В. СОРОКИНА

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЁСТКАХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕНЗЫ)

*В статье предлагается оптимизировать работу регулируемых перекрёстков в реальном времени с целью повышения системной безопасности на автомобильном транспорте.*

**Ключевые слова:** управления транспортными потоками, адаптивное управление, программное управление.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Увеличение уровня автомобилизации имеет свои преимущества, связанные с положительным влиянием на экономику и социальное развитие государства, и недостатки, способствующие увеличению количества дорожно-транспортных происшествий, дорожного травматизма, материального ущерба, негативного влияния на экологическое состояние городской сети. Неудовлетворительное или не соответствующее потребностям устройство дорог, проблемы, связанные с организацией дорожного движения, обуславливающие низкую пропускную способность дорог, а также не соответствие режимов работы светофорной сигнализации реальным условиям движения, являются причинами возникновения транспортных заторов. Транспортные заторы способствуют росту количества дорожно-транспортных происшествий, возникновению потери времени, перерасходу топлива, преждевременному износу двигателя, повышению уровня загрязнения воздуха. В России по данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации за последние десять лет уровень автомобилизации возрос на 42,62 % (от 131 авт. на 1000 чел. населения в 2000 году, до 228,3 авт. на 1000 чел. населения в 2010 году). При этом, по данным Федеральной службы государственной статистики, на 20,5% увеличилась протяжённость автодорог общего пользования. Потери Российской Федерации из-за не развитости и низкой пропускной способности сети автомобильных дорог составили 4,3% валового внутреннего продукта. Это в шесть раз выше, чем в странах Европейского союза. Доля протяжённости автодорог федерального значения, работающих в режиме перегрузки, составляет 29% (14 тыс. км.). 50% общего объёма перевозок по автодорогам федерального значения осуществляется в условиях превышения нормативного уровня загрузки дорожной сети. По данным Министерства внутренних дел России, за последние 4 года, из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог, происходит 19 – 20 % дорожно-транспортных происшествий от общего количества дорожно-транспортных происшествий (2007 г. всего дорожно-транспортных происшествий – 233809/ из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог - 43825 дорожно-транспортных происшествий, 2008 г. – 218322/39087, 2009 г. – 203603/38105, 2010 г. – 199431/41863).

По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации в Пензенской области уровень автомобилизации непрерывно растёт и за последние 10 лет прирост составил 53,59%. При этом плотность автомобильных дорог не успевает за ростом уровня автомобилизации и составляет всего 8,9%. По данным Министерства внутренних дел Российской Федерации количество дорожно-транспортных происшествий неуклонно растёт, так за последние 10 лет количество дорожно-транспортных происшествий на 100 000 чел. населения возросло с 96,7 в 2000 году до 118 в 2010 году.

Целью статьи является оптимизация работы светофорной сигнализации на перекрёстках дорог г. Пензы при адаптивном управлении транспортными потоками для повышения системной безопасности на автотранспорте.

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ**

Длительность разрешающего сигнала светофора ( $t_o$ ) определяется по формуле (1):

$$t_o = \begin{cases} t_{omin} = t_{neu} = 5 + \frac{B_{neu}}{v_{neu}}, \\ t_{omax} = t_{ав1} + t_{ав2} + \dots + t_{авi} \approx i \cdot t_v + k \end{cases} \quad (1)$$

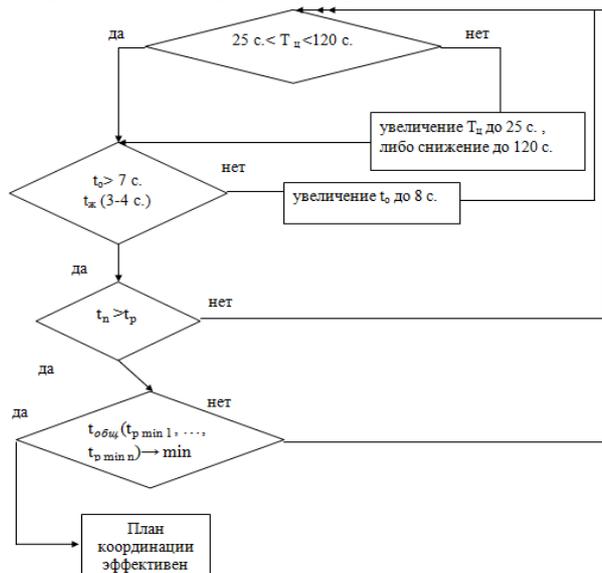
где:  $t_{omin}$  – минимальная длительность горения разрешающего сигнала светофора, с;  
 $t_{пеш}$  – время, необходимое для пропуска пешеходов, с;  
 $B_{пеш}$  – ширина проезжей части, пересекаемой пешеходами в фазе регулирования, м;  
 $v_{пеш}$  – расчётная скорость движения пешеходов (1,3 м/с), м/с;  
 $t_{omax}$  – максимальная длительность горения разрешающего сигнала светофора, с;  
 $t_{авi}$  – время, необходимое для проезда  $i$ -ых автомобилей, с;  
 $i$  – количество автомобилей;  
 $t_v$  – время, необходимое для проезда одного автомобиля ( $\approx 2,5$  с), с;  
 $k$  – коэффициент прибытия автомобилей.

Длительность цикла определяется, как:

$$T_{ц} = t_{o1} + t_{ж} + t_{o2} + t_{ж} + \dots + t_{oi} + t_{ж}, [1],$$

где:  $t_{ж}$  – длительность горения жёлтого сигнала светофора.

В статье используется алгоритм оптимизации задержки транспортных средств, представленный с помощью дерева решений. Первое и второе условие ( $25 \text{ с.} < T_{ц} < 120 \text{ с.}$ ;  $t_o > 7 \text{ с.}$ ,  $t_{ж}$  (3-4 с.)), отражают оптимальную длительность цикла (длительность горения основного сигнала светофора) с точки зрения безопасности транспортных средств и пешеходов. Третье и четвёртое условие ( $t_n > t_p$ ;  $t_{общ} (t_{p \text{ min } 1}, \dots, t_{p \text{ min } n}) \rightarrow \min$ ) оценивают задержку транспортных средств с точки зрения эффективности плана координации сравнивая задержку транспортных средств на регулируемом и нерегулируемом перекрёстке, а также из условия оптимальности задержки транспортных средств по фазам регулирования, что позволит уменьшить общую задержку транспортных средств как на перегоне, так и на перекрёстке. При выполнении с первого по четвёртое условие получаем эффективный план координации (рис. 1).



**Рисунок 1 - Алгоритм оптимизации задержки транспортных средств:**

$t_n$  и  $t_p$  – задержка транспортных средств на нерегулируемом и регулируемом перекрёстках соответственно

Алгоритм расчёта оптимального режима светофорной сигнализации представлен на рисунке 2.

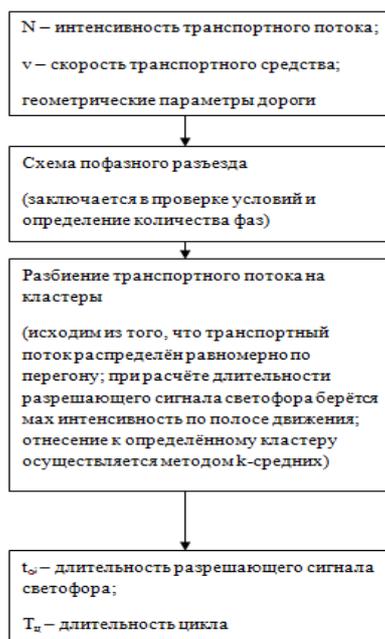


Рисунок 2 - Алгоритм оптимального режима светофорной сигнализации

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выбраны такие перекрёстки как: ул. Кулакова – ул. Суворова, ул. Кулакова, ул. Кулакова – ул. Пушкина, пр. Победы, пр. Победы – ул. Овощная, пр. Победы – ул. Ульяновская. На рисунке 3 представлено распределение интенсивности транспортного потока по времени на перекрёстках.

«Час пик» соответствует значению 7 - 8 ч. для перекрёстков: пр. Победы, пр. Победы – ул. Овощная, пр. Победы – ул. Ульяновская, 16-17 ч. – перекрёстки: ул. Кулакова, ул. Кулакова – ул. Пушкина, ул. Кулакова – ул. Суворова.

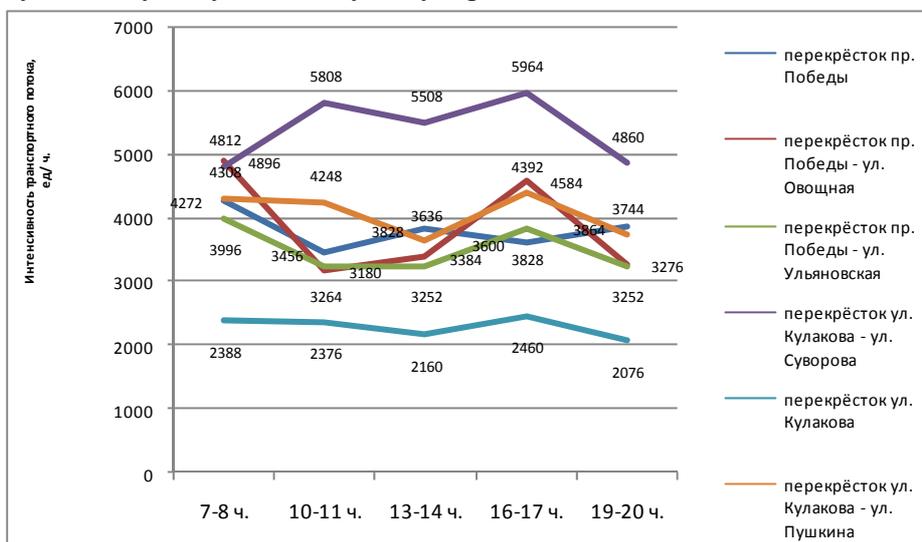


Рисунок 3 - Распределение интенсивности транспортного потока по времени

Результаты учёта интенсивности транспортного потока по перекрёсткам в «час пик» показывают, что в составе транспортного потока преобладает легковой транспорт. Он составляет более 60%.

В таблице 1 приведены результаты существующей (в настоящее время используемой на регулируемых перекрёстках) и рассчитанной по разработанной методике светофорной сигнализации.

Таблица 1 - Результаты исследования светофорной сигнализации на перекрёстках в «час пик»

Перекрёстки	$T_{ц}$ (существующая)	$T_{ц}$ (расчётная)
пр. Победы	$58+3+25+3=89$ с	$32+3+21+3=59$ с
пр. Победы – ул. Овощная	$58+3+36+3=100$ с	$79+3+21+3=106$ с
пр. Победы – ул. Ульяновская	$30+3+63+3=99$ с	$22+3+21+3=49$ с
ул. Кулакова	$27+3+71+3=104$ с	$32+3+21+3=59$ с
ул. Кулакова – ул. Пушкина	$45+21+3+31+3=103$ с	$25+21+3+54+3=106$ с
ул. Кулакова – ул. Суворова	$48+3+55+3=109$ с	$63+3+38+3=107$ с

Таблица 2 - Результаты исследования потока насыщения на перекрёстках в «час пик»

Перекрёстки	$M_{н \max 1ф}$	$M_{н \max 2ф}$	$M_{н \max 1ф}$	$M_{н \max 2ф}$
	сущ.	сущ.	пр.	пр.
пр. Победы	1378	244	1913	291
пр. Победы – ул. Овощная	1413	343	1266	200
пр. Победы – ул. Ульяновская	1636	343	1289	240
ул. Кулакова	754	171	730	133
ул. Кулакова – ул. Пушкина	2493	1685	2369	1552
ул. Кулакова – ул. Суворова	1530	864	1509	995

По предложенной автором методике пропускная способность перекрёстков: ул. Кулакова – ул. Суворова, ул. Кулакова, ул. Кулакова – ул. Пушкина, пр. Победы, пр. Победы – ул. Овощная, пр. Победы – ул. Ульяновская, увеличилась на 5% (табл. 2).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алгоритм позволяет повысить пропускную способность дорог на 5%, так как режимы работы светофорной сигнализации будут соответствовать реальным условиям движения. Сократить время нахождения в пути от 14% до 26%, и снизить количество выбросов СО от автотранспорта на перекрёстках более чем на 14 %.

Также выполнено имитационное моделирование предложенной методики регулирования светофорной сигнализации транспортных потоков на перекрёстке в нейронной сети с помощью системы Statistica Neural Networks, что позволяет осуществить управление транспортными потоками в реальном режиме времени.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]: учеб. для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИЦК «Академкнига», 2005. – 279 с.

#### Сорокина Ольга Васильевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
 Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
 Аспирант кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»  
 Тел.: +7(937)4138258  
 E-mail: olya.sorokin@yandex.ru

#### Сорокина Юлия Васильевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
 Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
 Аспирант кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»  
 Тел.: +7(937)4138236  
 E-mail: olya.sorokin@yandex.ru

O. V. SOROKINA, YU. V. SOROKINA

## OPTIMIZATION OF OPERATION MODES OF SIGNALS OF THE TRAFFIC LIGHT CONTROLLED INTERSECTIONS IN REAL TIME (ON THE EXAMPLE OF THE CITY PENZA)

*In the article it is proposed to optimize the work of the controlled intersections in real-time to enhance the system of security in road transport.*

**Keywords:** control over transport streams, adaptive control, computer control.

### BIBLIOGRAPHY

1. Kremenets, YU. A. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: ucheb. dlya vuzov / YU. A. Kremenets, M. P. Pecherskiy, M. B. Afanas`ev. - M.: ITSK "Akademkniga", 2005. - 279 s.

#### **Sorokina Olga Vasilevna**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Postgraduate of "Operation of Motor Vehicle"

Tel.: +7(937)4138258

E-mail: olya.sorokin @ yandex.ru

#### **Sorokina Yulia Vasilevna**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Post-graduate department of "Operation Road Transport"

Tel.: +7(937)4138236

E-mail: olya.sorokin @ yandex.ru

### **Вашему вниманию представляется учебное пособие «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ И КОМПЛЕКСЫ»**

**авторов: д-ра техн. наук, профессора А.Н. Новикова  
и канд. техн. наук А. Л. Севостьянова**

*В пособии приведены основные характеристики автозаправочных станций, рассмотрены вопросы технической эксплуатации автозаправочных станций, их территориального размещения, экологической и пожарной безопасности, а также ремонта технологического оборудования автозаправочных станций.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью ФГОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»,  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

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

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ТРОЛЛЕЙБУСА

*В статье рассматривается построение модели троллейбусного маршрута города Орла с помощью программного обеспечения VISUM, на основе реальных данных, полученных при обследовании пассажиропотоков.*

**Ключевые слова:** моделирование, VISUM, маршрут, район, узел.

В настоящее время все большей популярностью пользуется моделирование транспортных процессов с помощью специализированного программного обеспечения. Это объясняется широкой областью применения транспортных моделей [2]:

- 1) хранение обширной базы данных транспортных и социально-экономических показателей;
- 2) расчет объемов существующих транспортных потоков;
- 3) расчет транспортной потребности городов и регионов;
- 4) оценка различных транспортных ситуаций и вариантов развития транспортной инфраструктуры по заданной системе показателей;
- 5) оценка работы транспортной сети в целом по разработанной системе показателей качества;
- 6) систематизация и наглядное представление данных по транспортной системе города, региона, страны (например, для визуальной оценки и разработки предложений);
- 7) прогнозирование: транспортной потребности, пассажиропотоков, интенсивностей движения на участках сети;
- 8) технико-экономическое обоснование различных инвестиционных проектов в развитие транспортной инфраструктуры моделируемого региона;
- 9) оптимизация потоков индивидуального транспорта;
- 10) оптимизация работы общественного транспорта: расчет объема перевозок по видам транспорта с целью государственного заказа на перевозки общественным транспортом, оценка себестоимости общественного транспорта, разработка предложений по совершенствованию тарифной системы и ее обоснование, анализ геометрии сети общественного транспорта и оценка ее доступности, оптимизация интервалов и расписания движения, обоснование ввода новых маршрутов и удаление существующих;
- 11) разработка комплексных программ - транспортной стратегии - развития транспортной сети, включающей все виды транспорта.

Широкое распространение в области моделирования транспортных систем получило программное обеспечение VISUM. VISUM - это программное обеспечение, которое позволяет отображать все виды индивидуального и общественного транспорта в единой модели. С помощью VISUM можно управлять основными данными систем транспортной информации и планирования и обрабатывать их в сетевом редакторе. В отличие от простых ГИС-систем в VISUM есть возможность получать информацию о сложных взаимосвязях в пределах одной или нескольких систем транспорта и, за счет этого, создавать оптимальную транспортную модель.

Транспортная модель состоит, как правило, из модели спроса на транспорт, модели сети, создаваемой на основе VISUM, и различных моделей воздействия (рис. 1) [2]:

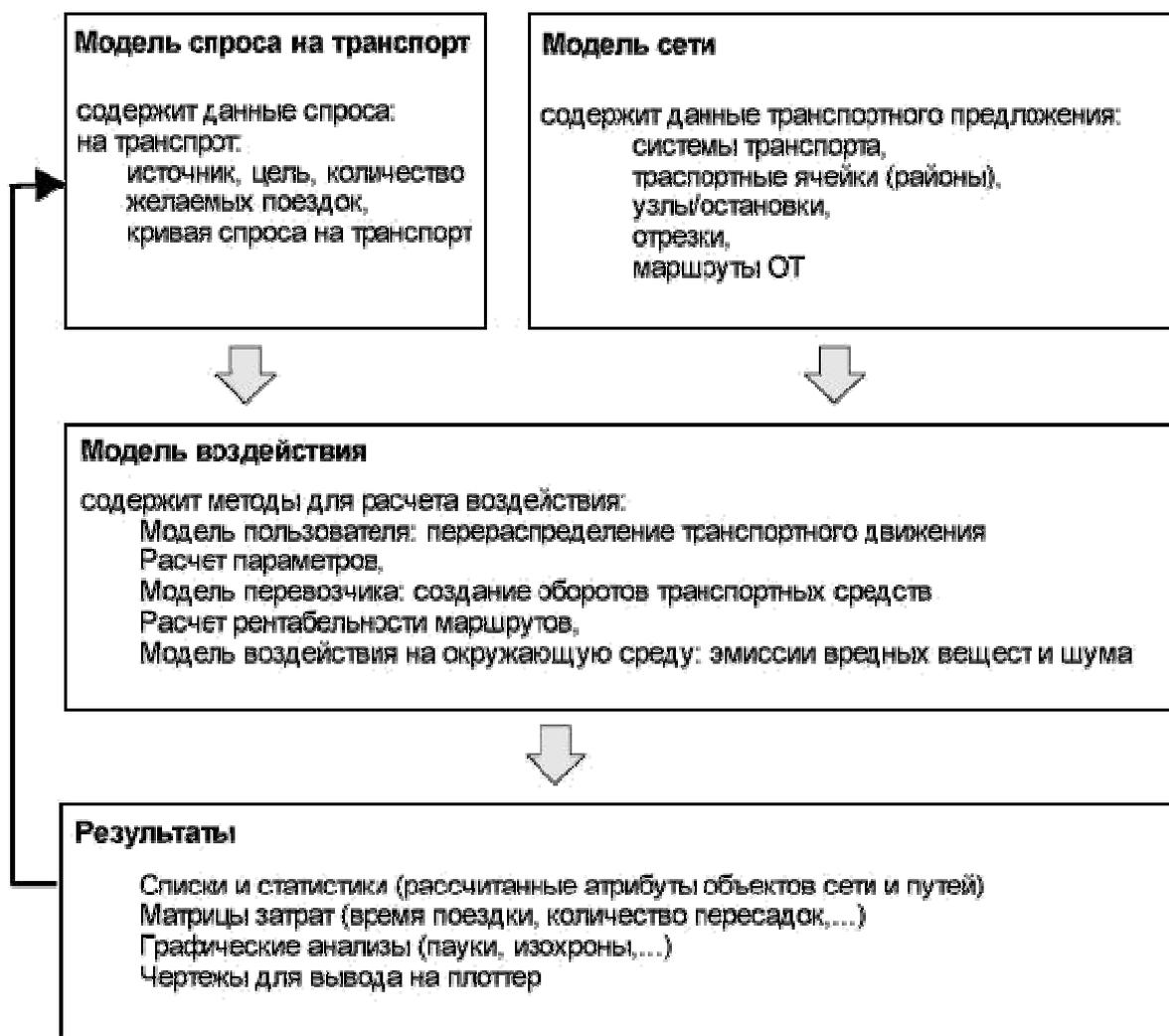


Рисунок 1 - Модель сети и модель воздействия VISUM

Наличие обширной, гибкой системы для транспортного планирования, возможности расчета спроса на транспорт, анализа транспортной сети, расчета себестоимости общественного транспорта и прогноза запланированных мероприятий и их последствий определили выбор программного обеспечения VISUM для создания модели функционирования муниципального маршрута троллейбуса №5. Одним из основных факторов, влияющих на адекватность модели, являются объективные данные пассажиропотоках.

В период с 05.04.2011 г. по 12.05.2011 г. в городе Орле проводилось исследование транспортной подвижности населения, для этого был использован модифицированный метод на основе анкетного и табличного методов [1]. Полученная информация послужила исходными данными для моделирования муниципального маршрута троллейбуса №5.

Троллейбусный маршрут №5 обслуживается муниципальным унитарным предприятием «Трамвайно-троллейбусное предприятие». Протяженность маршрута в прямом направлении составляет 9,13 км, в обратном - 9,52 км. Суммарное количество остановочных пунктов в прямом направлении – 19, в обратном – 21 (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Остановочные пункты троллейбусного маршрута №5

№ п/п	Остановочные пункты прямого направления	Остановочные пункты обратного направления
1	Ж/д вокзал	Госуниверситет - УНПК
2	З-д Текмаш	Спец. комбинат
3	Экран	Горгаз
4	З-д Медведева	По требованию
5	Ул. Герцена	Научприбор
6	60 лет Октября	Наугорское ш-се
7	Арбитражный суд	З-д Протон
8	Стадион Динамо	Ул. Красноармейская
9	З-д Приборов	Ул. Приборостроительная
10	М-н Орел	М-н Орел
11	Ул. Приборостроительная	З-д Приборов
12	Б-ца Семашко	Скв. Гуртьева
13	З-д Протон	ПКиО
14	Сквер памяти	Арбитражный суд
15	Научприбор	60 лет Октября
16	По требованию	Ул. Герцена
17	Горгаз	К-р Родина
18	Спец. комбинат	З-д Медведева
19	Госуниверситет - УНПК	Экран
20	-	З-д Текмаш
21	-	Ж/д вокзал

В основе расчета спроса на транспорт лежит использование данных статистики и данных транспортных структур. Этот расчет позволяет распределить транспортную загрузку по сети и состоит из следующих этапов:

- 1) определение транспортных потоков, их целей и источников, выбор причин поездки;
- 2) определение транспортных потоков, выбор цели;
- 3) определение долей систем транспорта в общих потоках, выбор транспортной системы;
- 4) определение загруженности транспортной сети, выбор маршрута.

Информация о транспортной подвижности граждан [1], полученная при анкетировании населения г. Орла, являлась основой для определения степени притяжения районов. Модель расчета спроса (рис. 2) на транспорт учитывает количество перемещений, которые выполняет одно референтное лицо с одной определенной причиной. Причина перемещения может быть: поездка на работу, домой, за покупками, на учебу, служебная поездка, и т.д (табл. 2). Каждая причина перемещения имеет определенный тип источника и цели перемещения.

Важным компонентом модели являются *районы*. Район является начальным и конечным пунктом перемещения корреспонденций в сети (жилой район, места работы, торговые центры, школы) [2]. Связь района с сетью осуществляется через примыкание его центра тяжести к узлам транспортной сети. Примыкания привязывают районы к сети отрезков, и представляет собой виртуальной отрезок, через который осуществляется генерация и погло-

щение транспортных потоков данным районом. В каждом районе должен быть, по крайней мере, один источник (генерация) и одна цель (поглощение) примыкания.

Таблица 2 – Матрица причин перемещения

В	Дом	Работа	Учеба	Прочее
Из				
Дом	-	+	+	+
Работа	+	+	+	
Учеба	+			
Прочее	+			

Код	Имя	Действие	Группа	Матрица ИЦ (результат распределения)
ВСЕ_ДП	5 ВСЕ Дом-Прочее	ДП Дом-Прочее	ВСЕ ВСЕ перемещения	7 ВСЕ_СС_5
ВСЕ_ДР	1 ВСЕ Дом-Работа	ДР Дом-Работа	ВСЕ ВСЕ перемещения	3 ВСЕ_СС_1
ВСЕ_ДУ	3 ВСЕ Дом-Учеба	ДУ Дом-Учеба	ВСЕ ВСЕ перемещения	5 ВСЕ_СС_3
ВСЕ_ПД	6 ВСЕ Прочее-Дом	ПД Прочее-Дом	ВСЕ ВСЕ перемещения	8 ВСЕ_СС_6
ВСЕ_ПП	10 ВСЕ Прочее-Прочее	ПП Прочее-Прочее	ВСЕ ВСЕ перемещения	26 ВСЕ_СС_10
ВСЕ_ПР	8 ВСЕ Прочее-Работа	ПР Прочее-Работа	ВСЕ ВСЕ перемещения	24 ВСЕ_СС_8
ВСЕ_РД	2 ВСЕ Работа-Дом	РД Работа-Дом	ВСЕ ВСЕ перемещения	4 ВСЕ_СС_2
ВСЕ_РП	7 ВСЕ Работа-Прочее	РП Работа-Прочее	ВСЕ ВСЕ перемещения	9 ВСЕ_СС_7
ВСЕ_РР	9 ВСЕ Работа-Работа	РР Работа-Работа	ВСЕ ВСЕ перемещения	25 ВСЕ_СС_9
ВСЕ_УД	4 ВСЕ Учеба-Дом	УД Учеба-Дом	ВСЕ ВСЕ перемещения	6 ВСЕ_СС_4

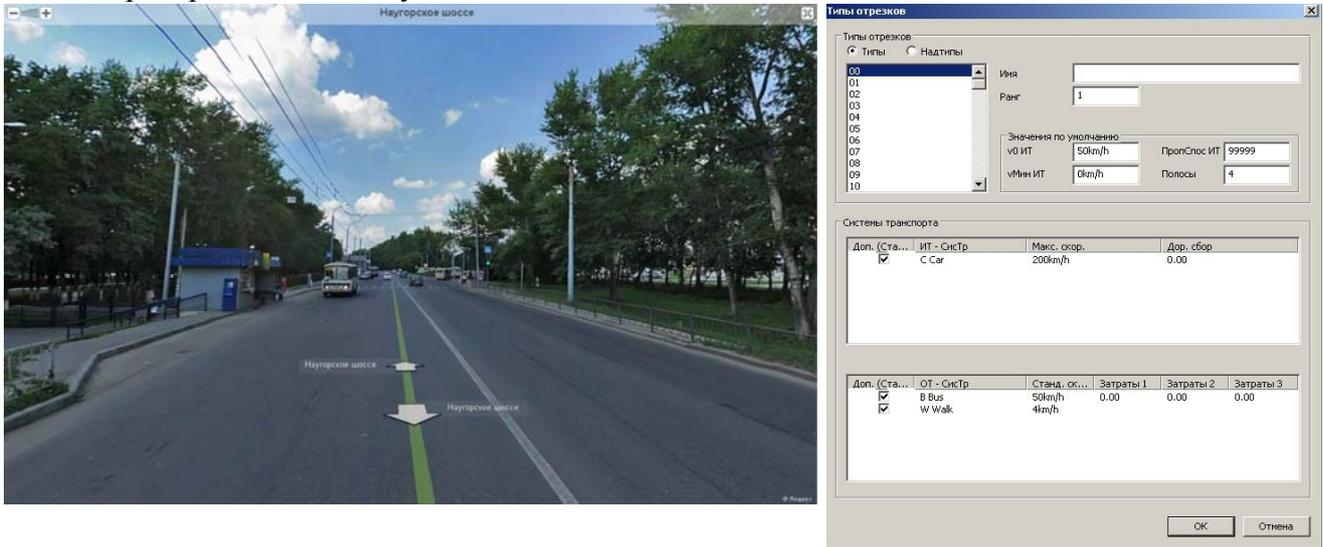
Рисунок 2 – Моделирование спроса

В модели используются данные статистики каждого района исследования, полученные при проведении обследования пассажиропотоков, в качестве, как источника (причины) создания, так и цели притяжения. Под данными статистики понимается: сведения о населении, о трудоспособном населении, о рабочих местах, о рабочих местах в сфере услуг и др. Эти данные необходимы для создания транспортных потоков (что является частью транспортного спроса) при помощи характеристической модели. Поведение людей с точки зрения их перемещений в пространстве определяется моделированием транспортного спроса, в основе которого лежат матрицы, содержащие поездки между районами источника и районами цели, принадлежащими сети.

При проектировании модели особое внимание уделялось точности геометрии и характеристикам маршрута, дорожным знакам и др. (рис. 3).

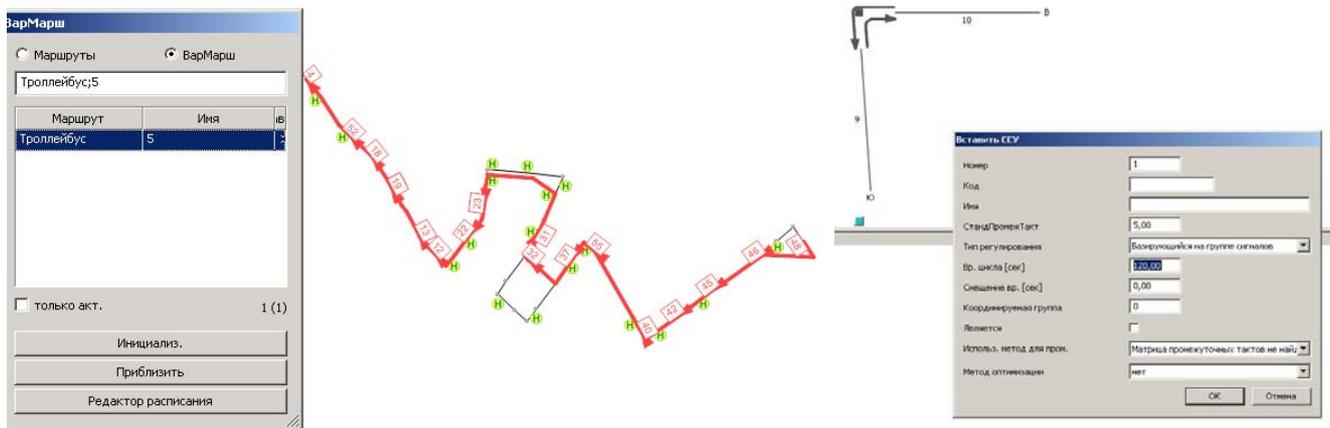
Движение маршрутных транспортных средств в модели определяется *маршрутом*, который является элементом иерархии маршрутов (рис. 4). Каждый маршрут относится только к одной системе транспорта, в рамках модели данных он служит для объединения не-

скольких вариантов маршрута. Для описания пространственного хода пути маршрута в сети для одного направления используется *вариант маршрута*. Ход варианта маршрута указывается в виде упорядоченной последовательности пунктов пути. Показатели длины хода варианта маршрута выводятся каждый раз для участка между двумя друг за другом следующими пунктами пути. Пунктами пути являются узлы и пункты остановки, расположенные по ходу варианта маршрута. Ход варианта маршрута начинается или заканчивается пунктом остановки, который расположен на узле.



а)

б)



в)

г)

**Рисунок 3 – Настройка отрезков на участке модели:**

а) участок маршрута (Яндекс - карты), б) настройка параметров участка маршрута, в) прямое и обратное направления движения на маршруте, г) регулируемый участок модели маршрута

Ход варианта маршрута определяется расписанием. Вариант маршрута предоставляет сведения о расположении в пространстве, профиль времени движения - об относительном времени, а поездки и их участки дают информацию о днях движения, времени отправления и участках варианта маршрута, по которым осуществляется движение (рис. 5). Все четыре вида объектов вместе составляют расписание, т.е. информацию о том, где и когда осуществляются поездки маршрутного транспортного средства.

Моделирование реального маршрута позволило установить, что расписание имеет лишь приблизительный характер, то есть по расписанию выполняются лишь первые утренние рейсы. Контроль за работу на маршруте по расписанию возлагается на диспетчеров и водителей транспортных средств, а моделирование логики этих субъектов представляет значительные сложности.

Построенная модель реального маршрута позволяет:

- 1) менять графики движения маршрутных транспортных средств, изменяя график расписания;
- 2) менять вместимость транспортных средств;
- 3) изменять интенсивность поступления пассажиров;
- 4) имитировать пробки, заторы, вводить ограничения скорости;
- 5) определять оптимальное число транспортных средств.



Рисунок 4 - Иерархия маршрутов

Индекс	ПунктОст	ПунктОст\Имя	ЯвлПунктПути	СовокупДл	Длина	ПунктПроф	<>	Вход	Выход	ВрДвиж	СовокупВрДвиж
1	48	Ж/д вокзал	<input checked="" type="checkbox"/>	0,000km	0,729km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5min 51s	0s
4	46	З-д Текмаш	<input checked="" type="checkbox"/>	0,729km	0,544km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3min 38s	5min 51s
6	45	Экран	<input checked="" type="checkbox"/>	1,273km	0,416km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3min 28s	9min 29s
8	42	З-д Медведева	<input checked="" type="checkbox"/>	1,689km	0,456km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3min 23s	12min 57s
10	40	Ул. Герцена	<input checked="" type="checkbox"/>	2,144km	0,909km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5min 17s	16min 20s
13	55	60 лет Октября	<input checked="" type="checkbox"/>	3,053km	0,314km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3min 38s	21min 37s
15	37	Арбитражный суд	<input checked="" type="checkbox"/>	3,368km	0,620km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5min 2s	25min 15s
18	32	Стадион Динамо	<input checked="" type="checkbox"/>	3,988km	0,327km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2min 58s	30min 17s
20	31	З-д Приборов	<input checked="" type="checkbox"/>	4,315km	0,507km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5min 2s	33min 15s
24	28	М-н Орел	<input checked="" type="checkbox"/>	4,822km	0,410km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2min 43s	38min 17s
27	53	Ул. Приборостроитель-	<input checked="" type="checkbox"/>	5,231km	0,335km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1min 14s	41min
28	27	Б-ца Семашко	<input checked="" type="checkbox"/>	5,566km	0,726km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6min 26s	42min 14s
36	22	З-д Протон	<input checked="" type="checkbox"/>	6,292km	0,542km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2min 19s	48min 40s
39	12	Сквер памяти	<input checked="" type="checkbox"/>	6,834km	0,235km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1min 9s	50min 59s
42	13	Научприбор	<input checked="" type="checkbox"/>	7,069km	0,520km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1min 29s	52min 8s
45	19	По требованию	<input checked="" type="checkbox"/>	7,589km	0,367km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1min 10s	53min 37s
49	18	Горгаз	<input checked="" type="checkbox"/>	7,956km	0,288km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1min 6s	54min 47s
51	52	Спец. комбинат	<input checked="" type="checkbox"/>	8,244km	0,890km	<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1min 5s	55min 53s
54	4	Госуниверситет - УНПК	<input checked="" type="checkbox"/>	9,134km		<input checked="" type="checkbox"/>	-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		56min 58s

Рисунок 5 – Вариант маршрута

Модель имитирует действующий маршрут на основе реальных данных, что позволяет проводить оптимизацию движения и получать результаты с высоким уровнем достоверности.

При дополнении модели информацией о пассажиропотоках, соответствующих другим маршрутам наземного транспорта, включая городской электрический транспорт, она может быть использована при имитационном моделировании всей городской транспортной сети.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обследование пассажиропотока на автотранспорте общего пользования в городе Орле, оценка перспектив развития маршрутной сети на 2011 г. и плановый до 2015 гг., анализ эффективности работы и взаимодействия различных видов транспорта общего пользования: Отчет о НИР (заключительный); «ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК»; Руководитель А.Н. Новиков; А.Л. Севостьянов, А.П. Трясцин, А.А. Катунин, А.С. Бодров и др. - ГР № 01201257245; Инв. № 7996.- Орел, 2011.- 62 с.

2. VISUM 11.0 Основы [Текст]: Руководство пользователя. – СПб.: Издательство политехнического университета, 2010. – 858 с.

**Новиков Александр Николаевич**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Адрес: г. Орел, ул. Московская, 77

Тел.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Севостьянов Александр Леонидович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Канд. техн. наук, доцент, директор института транспорта

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

Тел.: +7(4862)734360

E-mail: srmostu@mail.ru

**Катунин Андрей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Адрес: г. Орел, ул. Московская, 77

Тел.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Кулев Андрей Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Ассистент кафедры «Сервис и ремонт машин»

Адрес: г. Орел, ул. Московская, 77

Тел.: +7(8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

---

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

## BUILDING A MODEL OF THE FUNCTIONING OF THE TROLLEYBUS ROUTE

*The article is devoted to constructing the model trolleybus route of the city of Orel with the help of software VISUM, on the basis of real data obtained during survey of passenger flows.*

**Key words:** modeling, VISUM, the route, the area of the node.

## BIBLIOGRAPHY

1. Obsledovanie passazhiropotoka na avtotransporte obshchego pol`zovaniya v gorode Orle, otsenka perspektiv razvitiya marshrutnoy seti na 2011 g. i planovyy do 2015 gg., analiz effektivnosti raboty i vzaimo-deystviya razlichnykh vidov transporta obshchego pol`zovaniya: Otchet o NIR (zaklyuchitel`nyy); "FGBOU VPO Gosuniversitet - UNPK"; Rukovoditel` A.N. Novikov; A.L. Sevost`yanov, A.P. Tryastsin, A.A. Katunin, A.S. Bodrov i dr. - GR № 01201257245; Inv. № 7996.- Орел, 2011.- 62 с.

2. VISUM 11.0 Osnovy [Tekst]: Rukovodstvo pol`zovatelya. - SPb.: Izdatel`stvo politekhnicheskogo universiteta, 2010. - 858 s.

**Novikov Alexander Nikolaevich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Dr. tech. , Professor, Head of the Department of service and repair of machinery

Address: g. Orel, Moscows Street., 77

Tel.: +7 (8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Sevost'yanov Alexander Leonidovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

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

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

Tel.: +7(4862)734360

E-mail: srmostu@mail.ru

**Katunin Andrei Alexandrovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Cand. tech. sciences, associate professor of service and repair of machinery

Address: g. Orel, Moscows Street., 77

Tel.: +7 (8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Kulev Andrei Vladimirovich**

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Assistant of service and repair of machinery

Address: g. Orel, Moscows Street., 77

Tel.: +7 (8462)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

**Вашему вниманию представляется учебное пособие  
«ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА  
СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»  
под редакцией канд. техн. наук, доц. Н. А. Давыдова**

*В пособии приведены основные положения по формированию предприятий автомобильного транспорта как основы производственно-технической инфраструктуры сервисного обслуживания автомобилей. Рассмотрены методики технологического расчета станций технического обслуживания, автозаправочных станций и автостоянок. Отражены особенности формирования производственно-технической базы автотранспортных предприятий. Уделено внимание оснащению предприятий технологическим оборудованием, его конструкции, работе, размещению и обслуживанию.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия»  
[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)*

УДК 338.467.4:629 + 656.13

К. А. БОГАЧ

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАРАЖНЫХ АВТОСЕРВИСОВ

*Статья посвящена теоретическому обоснованию строительства гаражных автосервисов. Теоретическое обоснование - это метод определения потребности строительства гаражных автосервисов в конкретном населенном пункте.*

*В качестве примера представлено экспериментальное определение строительства гаражных автосервисов в заводском районе города Орла.*

**Ключевые слова:** гаражный автосервис, пропускная способность автосервисов, автомобилизация района, автоплотность жителей, загруженность (недогруженность) района автосервисами, автосервисность

### 1 ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Прежде чем строить гаражный автосервис необходимо определить потребность строительства. Это объясняется тем, что он может быть невостребованным, и вследствие этого – экономически невыгодным.

Выявление востребованности осуществляется за счет метода определения потребности строительства гаражного автосервиса.

### 2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В основе метода лежит математическое моделирование следующих характеристик:

1) Пропускная способность ( $P_p$ ) автосервисов – отношение количества автомобилей к количеству автосервисов.

2) Автомобилизация района ( $A_p$ ) – отношение числа жителей района к количеству автомобилей, эксплуатирующихся в населенном пункте.

3) Автоплотность жителей ( $S_p$ ) – отношение числа жителей района к количеству автосервисов.

4) Загруженность (или недогруженность) района автосервисами ( $\sigma$ ) – отношение плотности автосервисов к эталонной плотности автосервисов.

5) Автосервисность ( $K$ ) – отношение числа жителей района к эталонной плотности автосервисов.

#### 2.1 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОСЕРВИСОВ

Под пропускной способностью автосервисов автор понимает количество автомобилей, необходимых для строительства гаражного автосервиса.

Пропускная способность гаражных автосервисов подразделяется на рабочую и эталонную.

Рабочая пропускная способность ( $P_p$ ) автосервисов выражается формулой (1):

$$P_p = \frac{N}{K}, \quad (1)$$

где:  $N$  – количество автомобилей, авт.;

$K$  – количество автосервисов, автс.

Эталонная пропускная способность ( $P_s$ ) автосервисов выражается формулой (1`):

$$P_3 = \frac{N_3}{K_3}. \quad (1')$$

При этом, в целях поддержания конкурентоспособности гаражных автосервисов, принято, что пропускная способность  $P_p$  при  $N_3 = 1000$  и  $K_3 = 1$ , достигает эталонной величины  $P_3$ , равной 1000.

### 2.1.1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАРАЖНЫХ АВТОСЕРВИСОВ, СОГЛАСНО ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

В случае, при  $P_p > P_3$ , в населенном пункте автосервисы перегружены (на один автосервис приходится более 1000 автомобилей), и соответственно, строительство гаражного автосервиса рентабельно.

При  $P_p \leq P_3$ , автосервисы в населенном пункте либо загружены (на 1000 автомобилей приходится 1 автосервис), либо недогружены (на один автосервис приходится менее 1000 автомобилей), поэтому строительство гаражного автосервиса нерентабельно.

### 2.2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ РАЙОНА

Под автомобилизацией района автор понимает количество жителей в населенном пункте, имеющих автомобили.

Автомобилизация района подразделяется на рабочую и эталонную.

Рабочая автомобилизация  $A_p$  района выражается формулой (2):

$$A_p = \frac{M}{N}, \quad (2)$$

где:  $M$  – количество жителей, ж.

Эталонная автомобилизация  $A_3$  района выражается формулой (2`):

$$A_3 = \frac{M_3}{N_3}. \quad (2')$$

При этом принято, что автомобилизация района  $A_p$  при  $M = 1000$  и  $N = 250$  достигает эталонной величины  $A_3$ , равной 4 (согласно данным Аналитического агентства «Автостат» в Российской Федерации за 2012 год, на 1000 жителей, приходится 250 автомобилей) [1].

### 2.2.1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАРАЖНЫХ АВТОСЕРВИСОВ, СОГЛАСНО АВТОМОБИЛИЗАЦИИ РАЙОНА

В случае, при  $A_p \geq A_3$  ( $A_p \geq 4$ ), населенный пункт считается автомобилизированным, то есть район насыщен (перенасыщен) автомобилями, и как следствие, строительство гаражного автосервиса будет экономически выгодным.

При  $A_p < A_3$ , населенный пункт не автомобилизирован, то есть в районе насыщения автомобилями нет, строительство гаражного автосервиса не будет экономически выгодным.

### 2.3 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОПЛОТНОСТИ ЖИТЕЛЕЙ

Под автоплотностью жителей автор понимает отношение числа жителей (с учетом автомобилизации района) к количеству автосервисов.

Автоплотность жителей подразделяется на рабочую и эталонную.

Рабочая автоплотность жителей ( $S_p$ ) выражается формулой (3), которая является следствием произведения выражений (1) и (2):

$$S_p = \frac{N}{K} \cdot \frac{M}{N} = \frac{M}{K}. \quad (3)$$

При подстановке в формулу (3) выражений (1') и (2'), получим формулу (3') – для вычисления эталонной автоплотности жителей:

$$S_s = \frac{N_s}{K_s} \cdot \frac{M_s}{N_s} = \frac{M_s}{K_s}. \quad (3')$$

При подстановке в формулу (3') эталонных значений, получим значение эталонной автоплотности жителей ( $S_s$ ):

$$S_s = \frac{4 \cdot 1000}{1} = 4000.$$

### **2.3.1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАРАЖНЫХ АВТОСЕРВИСОВ, СОГЛАСНО АВТОПЛОТНОСТИ ЖИТЕЛЕЙ**

Если значение  $S_p$  менее значения  $S_s = 4000$ , то строительство гаражного автосервиса не будет целесообразным, так как на 4000 жителей приходится 1 автосервис.

Если значение  $S_p$  более значения  $S_s$ , то строительство гаражных автосервисов будет целесообразным, причем их количество будет определяться согласно (3).

### **2.4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРУЖЕННОСТИ (ИЛИ НЕДОГРУЖЕННОСТИ) АВТОСЕРВИСОВ**

Под загруженностью (недогруженностью) автосервисов автор понимает отношение плотности автосервисов к эталонной плотности автосервисов.

Загруженность (или недогруженность)  $\sigma$  автосервисов определяется выражением (4):

$$\sigma = \frac{S_p - S_s}{S_s} \cdot 100\% . \quad (4)$$

### **2.4.1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАРАЖНЫХ АВТОСЕРВИСОВ, СОГЛАСНО ЗАГРУЖЕННОСТИ (ИЛИ НЕДОГРУЖЕННОСТИ)**

Если значение  $\sigma < 0\%$ , то автосервисы недогружены клиентами (на один автосервис приходится менее 4000 жителей) – строительство гаражного автосервиса не будет целесообразным.

Если значение  $\sigma \geq 0\%$ , то автосервисы загружены или перегружены клиентами (на один автосервис приходится более 4000 жителей) – строительство гаражного автосервиса будет целесообразным.

### **2.5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОСЕРВИСНОСТИ**

Под автосервисностью автор понимает количество возможных автосервисов ( $K^{\wedge}$ ), находящихся в населенном пункте (5):

$$K^{\wedge} = \frac{M}{S_s} . \quad (5)$$

### 2.5.1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАРАЖНЫХ АВТОСЕРВИСОВ, СОГЛАСНО АВТОСЕРВИСНОСТИ

При сравнении  $K$  и  $\hat{K}$  делается окончательный вывод о достаточном, недостаточном или избыточном количестве автосервисов в населенном пункте.

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАРАЖНЫХ АВТОСЕРВИСОВ В ЗАВОДСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА ОРЛА

Определить загруженность (или недогруженность) автосервисами в заводском районе г. Орла. Данные действительны на 2012 год.

- а) Количество жителей ( $M$ ) составляет 105300 человек [2].
- б) Количество автосервисов ( $K$ ) составляет 23 (согласно исследованиям автора).
- в) Количество автомобилей ( $N$ ) составляет 25551 (согласно данным ГИБДД).

Решение:

- 1) Пропускная способность  $P_p$  автосервисов согласно (1):

$$P_p = \frac{N}{K} = \frac{25551}{23} = 1110.$$

Ввиду того, что  $P_p > P_s$ , строительство гаражного автосервиса будет рентабельно.

- 2) Автомобилизация района  $A_p$ , согласно (2):

$$A_p = \frac{M}{N} = \frac{105300}{25551} = 4.$$

Значение  $A_p = A_s$ , следовательно, Заводской район считается автомобилизированным.

- 3) Автоплотность жителей  $S_p$ , согласно (3):

$$S_p = \frac{M}{K} = \frac{105300}{23} = 4578.$$

Наблюдается увеличенная автоплотность жителей на 1 автосервис.

- 4) Загруженность  $\sigma$  района, согласно (4):

$$\sigma = \frac{4578 - 4000}{4000} \cdot 100\% = 14,46\%.$$

Заводской район перегружен клиентами на 14,46 %.

- 5) Автосервисность  $\hat{K}$  района, согласно (5):

$$\hat{K} = \frac{105300}{4000} = 26.$$

В Заводском районе г. Орла наблюдается нехватка автосервисов, в количестве 3 штук. Согласно полученным данным, строительство гаражного автосервиса имеет экономическую эффективность.

### ВЫВОДЫ

1. Представлено теоретическое обоснование строительства гаражных автосервисов.

2. Разработаны математические модели для следующих характеристик: пропускная способность ( $P_p$ ) автосервисов; автомобилизация района ( $A_p$ ); автоплотность жителей ( $S_p$ ); загруженность (или недогруженность) района автосервисами ( $\sigma$ ); автосервисность ( $K$ ).

3. Экспериментально определена потребность строительства гаражного автосервиса на примере заводского района города Орла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данные аналитического агентства «Автостат» Российской Федерации за 2012 год [электронный документ] <http://quto.ru/journal/curious/22853/>.

2. Статистические данные по количеству жителей за 2012 год в заводском районе города Орла: [электронный документ] <http://7x7-journal.ru/item/19995>.

**Богач Константин Александрович**

ООО «Энерготех»

Адрес: 109456, г. Москва, 1-й Вешняковский пр., д.1, стр.7

Соискатель ученой степени канд. техн. наук, руководитель отдела технической документации

Тел.: +7(920)0869158

E-mail: kbogach@mail.ru

---

К. А. BOGACH

## THEORETICAL FOUNDATION OF THE BUILDING OF THE GARAGE CAR-CARE CENTRES

*The article is devoted to theoretical foundation of the building of the garage car-care centres. Theoretical foundation - a method of determining the needs of the construction of the garage car-care centres in settlement.*

*The example of definition of requirement of building of garage car-care centres in a factory city district of the Orel is presented.*

**Keywords:** *throughput of car-care centres, area automobilization, autodensity of inhabitants, congestion (or not congestion) car-care centres in settlement, car – care centrism.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Danye analiticheskogo agentstva "Avtostat" Rossiyskoy Federatsii za 2012 god [elektronnyy do-kument] <http://quto.ru/journal/curious/22853/>.

2. Statisticheskie danye po kolichestvu zhiteley za 2012 god v zavodskom rayone goroda Orla: [elektronnyy dokument] <http://7x7-journal.ru/item/19995>.

**Bogach Konstantin Aleksandrovich**

Energoteh, LTD

Adress: 109456, Moscow, Bilding 7, 1, 1st Veshnyakovsky travel

Head of Technical Documentation, candidates for a degree of Candidate of Technical Sciences

Тел.: +7(920)0869158

E-mail: kbogach@mail.ru

УДК 656.13

А. В. ЛИПЕНКОВ

## О РЕЗУЛЬТАТАХ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В Г. НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ

*В статье приводятся результаты комплексного исследования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта в г. Нижнем Новгороде. Дана оценка состоянию остановочных пунктов. Выявлены новые факторы, влияющие на пропускную способность остановочных пунктов, а также нарушения в работе городского пассажирского транспорта в зоне остановочных пунктов. Предложены мероприятия, способные снизить нагрузку на транспортную сеть и повысить безопасность дорожного движения.*

**Ключевые слова:** остановочный пункт, пассажирские перевозки, городской пассажирский транспорт, обслуживание пассажиров, безопасность дорожного движения.

В Транспортной Стратегии РФ до 2030 г. [1] одной из задач развития транспортной системы РФ является увеличение пропускной способности и скоростных параметров транспортной инфраструктуры. Важным элементом транспортной инфраструктуры города являются остановочные пункты (ОП) пассажирского транспорта. Они оказывают существенное влияние на пропускную способность дорог и безопасность дорожного движения. От их расположения и состояния во многом зависит удовлетворенность населения работой общественного транспорта.

В связи с переходом страны к рыночной экономике в Нижнем Новгороде, как и в других городах, резко возросла доля коммерческого транспорта малой и особо малой вместимости. В результате ОП из-за недостаточной пропускной способности оказались перегруженными, что создает помехи движению и является одной из причин транспортных заторов.

Учитывая важность ОП как элемента системы городского пассажирского транспорта, в период с сентября 2011 года по октябрь 2012 кафедрой «Автомобильный транспорт» НГТУ было проведено комплексное исследование ОП городского пассажирского транспорта (ГПТ) в Нижнем Новгороде.

Целью исследования являлось:

1. Оценка состояния ОП в городе.
2. Сбор статистики по типам и характеристикам ОП для дальнейшего выборочного исследования отдельных из них в основном наиболее нагруженных.
3. Выявление новых факторов, влияющих на пропускную способность ОП.
4. Исследование технологии работы подвижного состава ГПТ на ОП и возможных нарушений, снижающих безопасность дорожного движения и эффективность функционирования ОП.
5. Разработка предложений по повышению эффективности функционирования и повышению безопасности дорожного движения на ОП Нижнего Новгорода.

На момент написания статьи в Нижнем Новгороде функционировало 1374 ОП. Из них 337 – ОП только городского электротранспорта. Всего было исследовано 789 ОП, что составляет 76% от общего количества ОП, обслуживаемых автобусами. В число не исследованных попали ОП, находящиеся в отдаленных частях города, обслуживаемые только одним маршрутом, временные, необорудованные и т.д.

Для проведения исследования был разработан соответствующий бланк (табл. 1), в котором фиксировалось большое количество параметров, начиная с геометрических и заканчи-



12. ОСВЕЩЕНИЕ  Нет  Недостаточное  Достаточное

13. ВОЗМ-ТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЛУЖ  На ост. площ.  На дороге  Ливн.канализ.

14. ТОРГ. КИОСКИ кол-во .....  Фрукты  Минимаркет  Печать  Фастфуд  Др.

15. МАРШРУТЫ ОП  Табличка с указ. маршрутов Их номера.....

16. ПР.В.ОЖ  Нет  Малый(<10сек)  Средний (от 10 до 30 сек)  Большой (>30сек)

17. ОСТАНОВКА В НЕСК. РЯДОВ  Регулярно  только в «час пик»  Никогда

18. ПРИПАРК. АВТО  Всегда  при опред. условиях (указать ниже)  Никогда

19. ПАССАЖИРОПОТОК (в «час пик») ..... чел/час ИНТЕНСИВНОСТЬ ТР-ТА ..... авт/ч

Были получены следующие результаты:

1. Наиболее важной характеристикой ОП, по мнению автора статьи, можно считать длину ОП (пункт 2, табл.1). СНиП II-60-75 [2] предлагал принимать длину ОП равной 20 м для маршрутов одного направления, для маршрутов нескольких направлений – не менее 30 м. Однако в действующем СНиП 2.07.01-89\* [3] рекомендации по длине ОП отсутствуют. Так как в Нижнем Новгороде на маршрутах общественного транспорта работают в основном автобусы большого класса ЛИАЗ-5256, 5259 и МАЗ-103, а также автобусы малого класса ПАЗ-3205, длина ОП на рисунке 1 представлена в виде количества маршрутных транспортных средств (МТС), способных одновременно обслуживаться на ОП.

Как видно из рисунка 1, 30% ОП способны принять только одно МТС большого класса, 41% - 2 МТС, 23% – 3 МТС, а на 6% ОП может обслуживаться одновременно 4 и более МТС. Для автобусов малого класса ПАЗ-3205 распределение по числу мест представлено на рисунке 2.

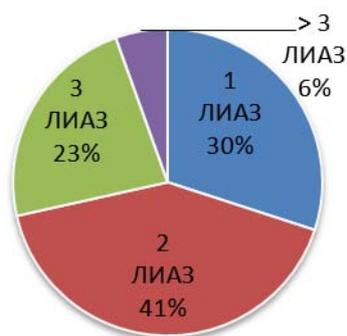


Рисунок 1 – Распределение ОП по числу мест одновременного обслуживания автобусов большого класса

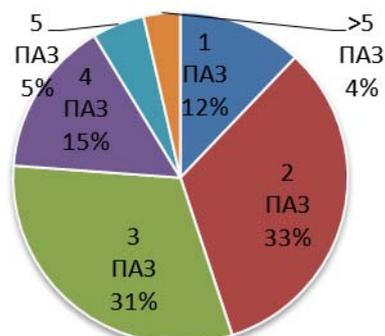


Рисунок 2 – Распределение ОП по числу мест одновременного обслуживания автобусов малого класса

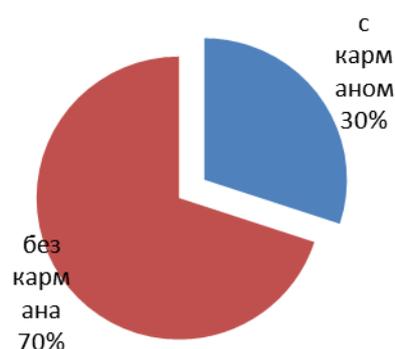


Рисунок 3 – Распределение ОП по наличию кармана

2. Заездным карманом оборудованы ровно 30% ОП (рис. 3). Из них ширину кармана, недостаточную для полного размещения в нем автобуса большого класса, имеют 14% ОП.

Длина заезда и выезда из кармана на Нижегородских ОП измеряется в очень широких пределах (от 1 до 30 м) и в среднем составляет 10 м.

3. ОП, не оборудованные заездными карманами, часто не имеют четких границ (пункт 3 табл. 1), что вызывает затруднение как у водителей при выборе места для остановки автобуса, так и у пассажиров. Согласно полученной статистике лишь половина ОП (50%) имеют четкие границы (60% из них – ОП с заездными карманами), у 40% ОП границы «размыты» (рис. 4), а у 10% ОП границы определить не удалось.



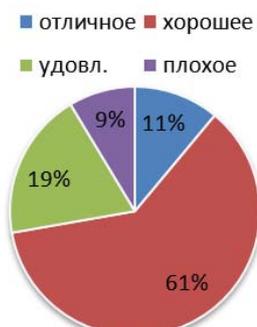
**Рисунок 4 – ОП «Подновье» с нечеткой границей**

4. Состояние дорожного полотна в зоне ОП, заездного кармана, а также посадочной площадки (пункт 6, табл.1) оказывает влияние на качественное обслуживание пассажиров и их безопасность. Распределение ОП по типам и состоянию дорожного покрытия приведено на рисунках 5,6 и 7.

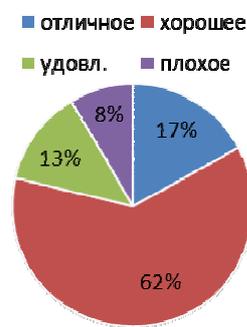
5. Грамотная планировка зоны ОП предусматривает наличие возвышения посадочной площадки над уровнем дорожного полотна на высоту бордюрного камня (пункт 4, табл.1), необходимого для снижения времени посадки и высадки пассажиров, а также наличие небольшого уклона между павильоном и бордюром для стока воды (пункт 5, табл. 1) [4]. Как показали результаты обследования, возвышение посадочной площадки над уровнем дорожного полотна имеют 92% ОП, а вот уклон остановочной площадки только 17,9% ОП, в результате чего на 20% ОП после дождя регулярно возникают лужи (пункт 13 табл.1), значительно снижающие качество обслуживания пассажиров. Так же оказался мал и процент ОП, оборудованных люками ливневой канализации.



**Рисунок 5 – Распределение ОП по покрытию посадочной площадки**



**Рисунок 6 – Распределение ОП по состоянию покрытия посадочной площадки**



**Рисунок 7 – Состояние дорожного полотна в зоне ОП**

6. СНиП II-60-75 [2] указывал принимать ширину посадочной площадки (пункт 2, табл. 1) в диапазоне от 1,5 до 2,25 м в зависимости от пассажирообмена ОП. Это требование выполняется практически для всех ОП Нижнего Новгорода.

7. С 2008 года в Нижнем Новгороде проводится замена старых остановочных павильонов на павильоны нового типа (рис. 4). Всего оснащено павильонами 695 ОП (пункт 7 табл.1), что составляет 88% от общего количества. Из них 59% – павильоны нового типа.

8. Регулируемые пересечения оказывают существенное влияние на пропускную способность ОП, из-за так называемого эффекта «пачек», когда транспортные средства приходят на ОП группами, накапливаясь перед светофором во время действия запрещающего сигнала. Этот эффект уже неоднократно рассматривался специалистами, и поправка на него предложена в методике расчета пропускной способности ОП Зедгенизовым А.В. [5]. Однако в [5] рассматриваются только ОП, находящиеся в зоне влияния одного светофорного объекта, тогда как в Нижнем Новгороде можно встретить ОП, транспорт к которым подходит с двух и даже трех регулируемых пересечений. С целью дальнейшего изучения данного эффекта в бланк обследования ОП был включен пункт 8, в котором отмечалось количество регулируемых пересечений, влияющих на ОП, их удаленность от ОП, а также длительность действия зеленого сигнала и длительность цикла регулирования.

9. В пункте 9 таблицы 1 отмечалось наличие и тип пешеходного перехода в зоне ОП, а также расстояние между переходом и ОП. Согласно [3] пешеходный переход должен размещаться до ОП. Этому требованию не соответствуют 12% ОП.

10. Согласно СНиП 2.07.01-89\* ОП, расположенный на магистральной улице с регулируемым движением, должен находиться на расстоянии не менее 20 м от примыкающего проезда [3]. Это указание не выдерживается для 19% ОП (пункт 10, табл.1).

11. Освещенность в темное время суток можно оценить как достаточную для 75% ОП.

12. Оснащенность ОП составила: указателями названия ОП – 65%, скамьями для сидения – 88%, мусорными баками – 83%, табличкой с указанием маршрутов, проходящих через ОП – 65% (пункт 15, табл.1), знаком 5.1 «Остановка Автобуса» Правил Дорожного Движения – 20%. Электронные табло для информирования пассажиров установлены только на 11 ОП города.

Технология работы ОП исследовалась на отдельно выбранных 15 ОП [6].

В ходе исследования были выявлены новые факторы, влияющие на пропускную способность ОП. Рассмотрим их более подробно.

1. Дополнительный простой маршрутных транспортных средств.

При расчете пропускной способности ОП в работе [7], время задержки автобуса на ОП представляется как сумма времени торможения  $t_T$ , времени открытия дверей  $t_{ОД}$ , времени посадки-высадки пассажиров  $t_{ПВ}$ , времени закрытия дверей  $t_{ЗД}$  и времени освобождения ОП  $t_{ОСВ}$ . Таким образом:

$$t_u = t_T + t_{ОД} + t_{ПВ} + t_{ЗД} + t_{ОСВ}. \quad (1)$$

В работе [8] к времени  $t_u$  предлагается относить также все задержки, возникающие при прибытии МТС на ОП и убытии с него.

Однако в современных условиях конкурентной борьбы за пассажира, появились новые факторы, неучтенные предыдущими исследователями. К таким факторам стоит отнести простой транспортных средств с открытыми дверями в ожидании дополнительных пассажиров. В основном дополнительный простой присущ транспортным средствам коммерческих операторов, использующим подвижной состав малого и особо малого класса (в Нижнем Новгороде это автобусы ПАЗ-3205 и его модификации). Коммерческие операторы в Нижнем Новгороде работают не соблюдая расписания [9] и не упускают возможность повысить наполняемость и соответственно свою прибыль на и без того перегруженных ОП с высоким пассажиропотоком. В результате на таких ОП возникают постоянные заторы, остановки транспорта во втором и даже третьем ряду (рис. 13).

Таким образом, в формуле (1) предлагается ввести еще одно слагаемое:

$$t_u = t_T + t_{ОД} + t_{ПВ} + t_{ПвО} + t_{зд} + t_{ОСВ}, \quad (2)$$

где:  $t_{ПвО}$  – время простоя в ожидании дополнительной посадки пассажиров.

Для данного фактора автором статьи предлагается использовать термин «простой в ожидании».

Как показало текущее исследование (пункт 16 табл.1), доля ОП, на которых наблюдается «простой в ожидании», составляет 8,7% от общего количества. Казалось бы, этот процент не высок, однако в это число попадают все ключевые ОП города с максимальным пассажиропотоком.

## 2. Неэффективное использование длины ОП.

При исследовании пропускной способности ОП чаще всего предлагается разделить ОП на N-мест, по количеству одновременно находящихся на ОП транспортных средств. На данном разбиении основаны все действующие модели расчета пропускной способности ОП [5]. Такие модели, как не сложно догадаться, ориентированы на одномарочный подвижной состав.

Однако в современных условиях на маршрутах общественного транспорта работают МТС разной вместимости, отличающиеся помимо всего прочего длиной. В результате на одном и том же ОП может остановиться 2 автобуса большого класса, 3 автобуса малого класса или 4 особо малого. Как вариант, ОП может быть занят одним сочлененным автобусом (в Нижнем Новгороде таких нет, но вопрос их ввода рассматривается).

Логичным выходом из ситуации видится не анализ «числа мест» на ОП, а анализ всей его длины. Но тут, как показало исследование, кроется еще одна проблема – длина ОП используется с разной степенью эффективности.

Проведенные исследования ОП указывают на большое влияние человеческого фактора на выбор водителем места для остановки автобуса [10]. Как было показано выше, ОП в Нижнем Новгороде часто не имеют четких границ, в результате водители для остановки используют участок дороги напротив остановочного павильона, внутри и возле которого находятся, как правило, пассажиры, ожидающие автобус.

Желтая разметка (пункт 6, табл.1), призванная обозначить границы ОП, не является их показателем, так как чаще всего нанесена неправильно, а в зимне-весенний период вообще отсутствует. Всего по данным исследования желтую разметку имеют 77% ОП.

На рисунке 8 представлено распределение ОП по расположению остановочного павильона в виде отношения расстояния от начала ОП до павильона к длине ОП.

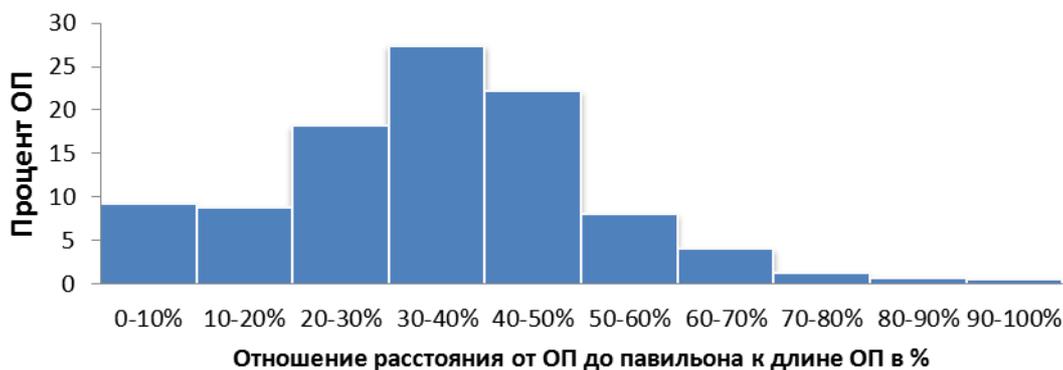


Рисунок 8 – Распределение ОП по месторасположению остановочного павильона

Как видно из рисунка 8, остановочный павильон в основном смещен относительно начала ОП на 20-50% его длины. Исследование показало, что чем дальше удален остановочный павильон от начала ОП, тем ниже эффективность использования длины ОП.

В ходе исследования технологии работы ОП были выявлены следующие нарушения:

1. Несмотря на наличие на ОП заездных карманов, водители часто останавливаются на полосе движения, создавая при этом помехи транспортному потоку (рис. 9). Причем здесь прослеживается закономерность: чем выше интенсивность транспортного потока по соседним полосам, тем выше вероятность того, что водитель предпочтет не заезжать в карман. Происходит это потому, что в условиях плотного транспортного потока время, необходимое для освобождения ОП, растет пропорционально интенсивности движения. По наблюдениям, в условиях «пробок» водители ГПТ практически не заезжают в карман, сокращая тем самым время дополнительного простоя автобуса, но увеличивая задержки остального транспорта.



Рисунок 9 – Игнорирование заездного кармана

2. В условиях, когда все места для обслуживания пассажиров на ОП заняты, водители подъезжающего транспортного средства не дожидаются освобождения ОП и начинают обслуживание пассажиров до ОП (рис. 10). В результате пассажирам для посадки приходится бежать через весь ОП. Некоторые пассажиры могут не заметить такое транспортное средство или не успеть на него, получив отказ в обслуживании.

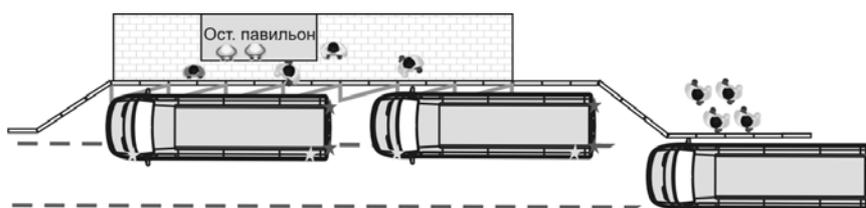


Рисунок 10 – МТС не дожидается освобождения ОП

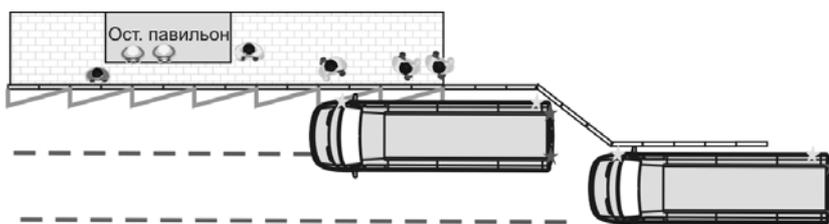


Рисунок 11 – Неэффективное использование места на ОП

3. МТС начинает обслуживание пассажиров в конце ОП, при наличии места в самом начале. В результате резко снижается пропускная способность ОП и увеличиваются задержки прибывающих на ОП других ТС (рис. 11).

4. Как показало исследование, на 29% ОП в Нижнем Новгороде имеется как минимум один торговый киоск (пункт 14, табл.1). Грузовые автомобили, обслуживающие их, и транспортные средства клиентов этих торговых точек становятся дополнительной помехой ГПТ (рис. 13). Также ОП часто используются в качестве стоянки водителями такси и владельцами личного транспорта (рис. 12). Доля таких ОП (пункт 18 табл.1) составляет 15%.

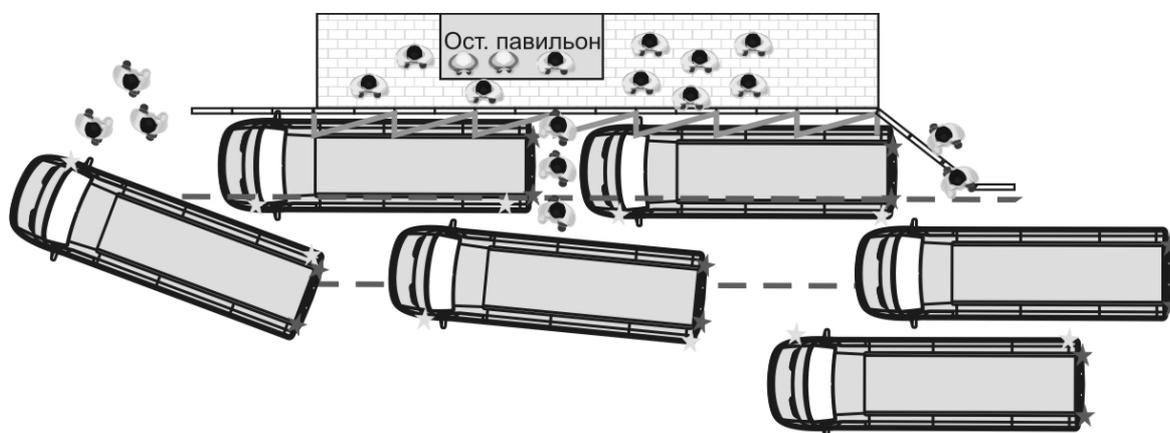


*Рисунок 12 – Припаркованные автомобили на ОП*



*Рисунок 13 – Грузовые автомобили и клиенты*

5. На ОП с недостаточной пропускной способностью регулярно наблюдается остановка МТС во втором и даже в третьем ряду (рис. 14). В результате повышается число дорожно-транспортных происшествий, с участием как пассажиров, вынужденных выходить на полосу движения с целью посадки и высадки, так и МТС. Доля таких ОП по результатам исследования составила 7% (пункт 17 табл. 1).



*Рисунок 14 – Остановка МТС в 2-3 ряда*

Как показал анализ литературы, подобные нарушения не являются особенностью Нижнего Новгорода, а присущи многим городам России, например, Оренбургу [11,12]. Таким образом, можно сделать вывод о назревшей необходимости в мерах, способных повысить качество перевозок пассажиров и безопасность дорожного движения.

Автор статьи видит необходимым разработку нормативно-правовой базы обслуживания пассажиров на ОП. Данный документ должен устанавливать правила движения, посадки-высадки, выбор места остановки, а также указания к нанесению разметки ОП, параметрам посадочной площадки, заездного кармана и т.д.

Работы по исследованию вышеописанных новых факторов, закономерностей их изменения и созданию методики расчета пропускной способности ОП, учитывающей эти факторы, уже ведутся и будут детально рассмотрены в ближайших работах автора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. Минтранс РФ, 2008.
2. СНиП II-60-75. Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов. Нормы проектирования/Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 67 с.
3. СНиП 2.07.01– 89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. / Госстрой СССР. - М.: ЦНТИ Госстроя СССР, 1990.-114 с.
4. СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги/Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 56 с.
5. Зедгенизов, А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта [Текст]: дис.... канд. техн. наук/А.В. Зедгенизов. - Иркутск, 2008.
6. Липенков, А. В. О подходах к моделированию времени простоя автобусов на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта [Текст] / А. В. Липенков, О. А. Маслова, М. Е. Елисеев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - №3. - с. 84-93
7. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст]: учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. - М.: Высш. Школа, 1980.-535 с.
8. Аземша, С. А. Социально-экономическая оценка временных потерь пассажиров маршрутных транспортных средств в городском регулярном сообщении [Текст] / С. А. Аземша, С. В. Скиркоцкий, В. Н. Стукачев // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов». – Минск: БНТУ, 2010. – С.64-69.
9. Елисеев, М. Е. О проведении обследований городских автобусных маршрутов с целью их последующего моделирования [Текст] / М. Е. Елисеев, А. В. Липенков, О. А. Маслова // «Автотранспортное предприятие». - 2012. - №1. - с. 42-44.
10. Исхаков, М. М. Человеческий фактор» в организации работы маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах [Текст] / М. М. Исхаков, В. И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2008. - № 1(80). - с. 144-149.
11. Исхаков, М. М. Комплексное исследование остановочных пунктов городского пассажирского транспорта г. Оренбурга [Текст] /М. М. Исхаков, В. И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2007. - № 9. - с. 207-214.
12. Исхаков, М. М. Выбор участка на остановочном пункте для обслуживания пассажиров маршрутных транспортных средств [Текст] / М. М. Исхаков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. - №10. – с.59-63.
13. Саруханян, М. В. Анализ состояния остановочных пунктов общественного пассажирского транспорта города Волгограда [Текст] / М. В. Саруханян // Вестник ВолГАСУ. Серия: «Строительство и архитектура». - 2008. - т.28. -№ 9. -с. 71-75.

### Липенков Александр Владимирович

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Адрес: г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт»

Тел.: +7(831)2210026

E-mail: alex1@nntu.nnov.ru , \_alex1@mail.ru

A. V. LIPENKOV

## THE RESULTS OF COMPLEX RESEARCH OF BUS STOPS OF URBAN TRANSPORT IN NIZHNY NOVGOROD

*The paper presents the results of a comprehensive study of bus stops of urban passenger transport in Nizhny Novgorod. The estimation of stops state is given. New factors affecting the capacity of stopping points and irregularities in the urban public transport of the stops area are identified. Some new approaches are presented that can reduce the overloading on the transport network and improve traffic safety.*

**Keywords:** bus stop, passenger transport, urban passenger transport, passenger services, road safety.

### BIBLIOGRAFIYA

1. Transportnaya strategiya RF na period do 2030 goda. Mintrans RF, 2008.
2. SNiP II-60-75. Planirovka i zastroyka gorodov, poselkov i sel'skikh naselennykh punktov. Normy proektirovaniya/Gosstroy SSSR. M.: TSITP Gosstroya SSSR, 1985. 67 s.
3. SNiP 2.07.01- 89\*. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy. / Gosstroy SSSR. - M.: TSNTI Gosstroya SSSR, 1990.-114 s.
4. SNiP 2.05.02-85 Avtomobil'nye dorogi/Gosstroy SSSR. M.: TSITP Gosstroya SSSR, 1986. 56 s.
5. Zedgenizov, A. V. Povyshenie effektivnosti dorozhnogo dvizheniya na ostanovochnykh punktakh gorodsko-go passazhirskogo transporta [Tekst]: dis.... kand. tekhn. nauk/A.V. Zedgenizov. - Irkutsk, 2008.
6. Lipenkov, A. V. O podkhodakh k modelirovaniyu vremeni prostoya avtobusov na ostanovochnykh punktakh gorodskogo passazhirskogo transporta [Tekst] / A. V. Lipenkov, O. A. Maslova, M. E. Eliseev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - №3. - s. 84-93
7. Efremov, I. S. Teoriya gorodskikh passazhirskikh perevozok [Tekst]: ucheb. posobie dlya vuzov / I. S. Efremov, V.M. Kobozev, V.A. YUdin. - M.: Vyssh. SHkola, 1980.-535 s.
8. Azemsha, S. A. Sotsial'no-ekonomicheskaya otsenka vremennykh poter` passazhirov marshrutnykh transportnykh sredstv v gorodskom regul'yarnom soobshchenii [Tekst] / S. A. Azemsha, S. V. Skirkovskiy, V. N. Stukachev // Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya i perevozok passazhirov i gruzov". - Minsk: BNTU, 2010. - S.64-69.
9. Eliseev, M. E. O provedenii obsledovaniy gorodskikh avtobusnykh marshrutov s tsel'yu ikh posleduyushche-go modelirovaniya [Tekst] / M. E. Eliseev, A. V. Lipenkov, O. A. Maslova // "Avtotransportnoe predpriyatie". - 2012. - №1. - s. 42-44.
10. Iskhakov, M. M. Chelovecheskiy faktor" v organizatsii raboty marshrutnykh transportnykh sredstv na ostanovochnykh punktakh [Tekst] / M. M. Iskhakov, V. I. Rassokha // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2008. - № 1(80). - s. 144-149.
11. Iskhakov, M. M. Kompleksnoe issledovanie ostanovochnykh punktov gorodskogo passazhirskogo transporta g. Orenburga [Tekst] /M. M. Iskhakov, V. I. Rassokha // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2007. - № 9. - s. 207-214.
12. Iskhakov, M. M. Vybora uchastka na ostanovochnom punkte dlya obsluzhivaniya passazhirov marshrutnykh transportnykh sredstv [Tekst] / M. M. Iskhakov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2011. - №10. - s.59-63.
13. Sarukhanyan, M. V. Analiz sostoyaniya ostanovochnykh punktov obshchestvennogo passazhirskogo transporta goroda Volgograda [Tekst] / M. V. Sarukhanyan // Vestnik VolgGASU. Seriya: "Stroitel'stvo i arkhitektura". - 2008. - t.28. -№ 9. -s. 71-75.

#### **Lipenkov Alexander Vladimirovich**

Nizhny Novgorod State Technical University. RE Alekseeva

Address: Nizhny Novgorod, ul. Minin, 24

Senior lecturer in "Road Transport"

Tel.: +7(831)2210026

E-mail: alexl@nntu.nnov.ru; \_alexl\_@mail.ru

Э. Р. ДОМКЕ, С. А. ЖЕСТКОВА, В. Ю. АКимова

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИШЕСТВИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*В статье рассказывается о преимуществах и принципах работы навигационной системы, используемой при решении задач возникших, при экспертизе дорожно-транспортных происшествий.*

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, навигационные системы, транспорт, расследование.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день дорожно-транспортные происшествия, (ДТП) занимают лидирующее положение в перечне факторов обуславливающих уровень травматизма и гибель людей, а также значительных материальных затрат в разного рода ситуациях, связанных с несчастными случаями. Проанализировав статистические данные последних лет, легко заметить постоянный рост количества ДТП и пострадавших в них людей. Причем по всем основным показателям: по количеству дорожно-транспортных происшествий, числу погибших и раненых. Такие преступления, как нарушение правил дорожного движения отличаются значительной распространённостью и повышенной общественной значительностью. Следует отметить, что механизм дорожно-транспортного происшествия определяется системой взаимосвязанных факторов, каждый из которых в отдельности не всегда может привести к ДТП. Происшествия возникает, развивается и заканчивается общественно опасными последствиями под воздействием целого ряда причин. Учитывая их объективный и субъективный характер, становится ясно, что нередко бывает достаточно сложно обнаружить и проследить главную причину события, установить связь между действиями водителя транспортного средства и наступившим последствием.

Несовершенство системы сбора данных о ДТП не позволяет в полной мере реконструировать сложившееся ситуацию, что сказывается на процессе расследования дорожно-транспортных происшествий, особенно совершенных в условиях неочевидности.

В этих условиях успешное расследование дорожно-транспортных происшествий, совершенствование деятельности органов предварительного следствия во многом зависят от четкого анализа, условий и обстоятельств, при которых имели место нарушения правил безопасности дорожного движения [1].

### ОПИСАНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Расследование ДТП как в рамках административного, так и уголовного права связано с утверждением, что из-за отсутствия достаточной объективной информации об обстоятельствах ДТП многие дела годами остаются не расследованными.

Введение всеобщего обязательного страхования личной ответственности при ДТП в стране не только не решило этой проблемы, а обострило ее. Застрахованному водителю, виновному в ДТП, нет смысла договариваться – убытки возмещает страховая компания. Следовательно, требуется расследование, которое связано с реконструкцией обстоятельств происшествия. Даже если оба водителя будут застрахованы, ситуация может быть конфликтной в отношении установленного, а значит и суммы и адреса возмещаемого ущерба.

Стороны конфликтной ситуации связанной с ДТП, заинтересованы в исходе дела, поэтому их показания могут быть не объективными. Кроме того, состояние страха и физические страдания могут повлиять на оценку случившегося участниками ДТП и быть ошибочными, нечеткими.

Таким образом, проведенный анализ особенностей расследования ДТП показал, что в качестве основной причины, обуславливающей сложность в указанном расследовании, выступает нехватка объективной информации о происшествии. Информация, как правило, поступает из показаний участников ДТП и очевидцев. Эти показания зачастую противоречивы и добавляют без того значительным объёмом неопределенностей. Доказательства материального происхождения используются редко. Такого рода объективные доказательства материального происхождения, лишённые субъективизма и заинтересованности исходе дела, не всегда удается получить. Это связано, с одной стороны высоким уровнем неопределённости обстоятельств в механизме ДТП как высоко динамичной ситуационной конструкции, а с другой - сложность обнаружения, фиксации и следования материальных следов ДТП. Таким образом, проведённый анализ позволяет с определенностью констатировать основную причину в сложности расследования ДТП-это отсутствие объективной, непротиворечивой информации о механизме ДТП. Необходимо создание дополнительных механизмов получения объективной информации об условиях совершения ДТП.

### **ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ**

Установление механизма ДТП можно отнести, таким образом, к исследованию ситуации, возникшей в момент совершения аварии. Иными словами, определяющее значение имеет анализ ситуационных составляющих события. Выделение этих составляющих, их комплексная оценка и, самое главное, установление причинной связи между действиями участников и наступившими последствиями - и есть задача, решение которой может служить основанием для формирования реконструкции произошедшего события.

Существующие методики по реконструкции механизма ДТП, на результатах которых основывается установление его причины, не могут считаться удовлетворенными. Даже при уточнении отдельных параметров, введении новых коэффициентов, разработке методик по использованию новых следов или их модифицированной интерпретации всегда будет оставаться элемент случайности, объяснить или учесть который будет невозможно. Ни один следственный эксперимент, основанный на показаниях очевидцев движения, однозначно, то есть объективно и достоверно не восстановит картину события во взаимосвязи временных показателей, если значение имели секунды.

Выход из сложившейся ситуации, лежит в направлении использования современных научно-технических достижений в создании специальных средств – систем объективного контроля и регистрации дорожной обстановки, параметров состояния и движения транспортных средств, в момент ДТП, и позволяющих восстановить обстоятельства происшествия. Такие системы и средства способны фиксировать информацию в наглядно-образном виде для обеспечения ее полноты и адекватности запечатленным процессам и событиям. Соблюдение процессуальной формы использования рассматриваемых систем и средств в ходе предварительного расследования и судебного разбирательства по административным и уголовным делам, позволит им выступать в качестве объективных источников информации о механизме ДТП, и учитывать при этом интересы сторон, участвующих в процессе. Следует отметить, что разработки в области системы и средства контроля, управления и регистрации движения транспортных средств уже достаточно давно ведутся в сфере обеспечения безопасности движения на транспорте [2].

Простые навигационные устройства на базе сотовых систем связи начали устанавливать на автомобили достаточно давно. Устройство служило водителю для ориентации в пути, а также для аварийной связи с сервисной станцией. Но подобные системы были ограничены зоной охвата сотовой связи. Современные навигационные системы основываются на использовании технологий с применением космических систем ГЛОНАСС (Россия), GPS NAVSTAR (США) и других различных систем связи (рис.1).



Рисунок 1 - GPS мониторинг на транспорте

Такая бортовая электронно-космическая система позволяет при движении автомобиля, постоянно, находится на связи с несколькими спутниками. Система не только определяет местоположение автомобиля, но и выбирает кратчайший маршрут движения. Позволяет получать техническую и медицинскую помощь, связавшись с диспетчерской службой. В случае ДТП эта система обеспечивает связь с диспетчером одной из спасательных служб. При механических повреждениях автомобиля срабатывают специальные датчики, и сигнал тревоги подается автоматически, если водитель не может сделать это самостоятельно.

К отечественным спутниковым системам навигации относится разработка фирмы «Гео-Спектрум» система «Навигатор» и система «Купол», разработанная научно-производственной фирмой «Гейзер». Такие системы предназначены для установки на транспортные средства и используются для определения местоположения и точного времени. Они позволяют определить местоположение автомобиля на карте с точностью до 1м, строить маршрут движения, получать информацию о состоянии автомобиля, являются протоугоночной системой, но до последнего времени устанавливаются только на инкассаторские машины и автомобили которые сдаются в прокат.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ показал, что в качестве основной причины при расследовании ДТП, выступает нехватка объективной информации о происшествии. Информация, как правило, поступает из показаний участников ДТП и очевидцев. Эти показания зачастую противоречивы и добавляют и без того значительный объем неопределённостей. Доказательства материального происхождения используются редко. Такого рода объективные доказательства материального происхождения, лишённые субъективизма и заинтересованности в исходе дела, не всегда удается получить. Это связано, с одной стороны высоким уровнем неопределенности обстоятельств в механизме ДТП как высокодинамичной ситуацион-

ной конструкции, а с другой - сложность обнаружения, фиксации и исследования материальных следов ДТП.

Развитие информационных технологий в последнее время идет так активно, что уже сегодня серийно выпускаются такие системы и устройства, которые еще вчера считались фантастическими или использовались лишь в области военной техники. Применение данных технологий в практической сфере деятельности экспертных учреждений, служб ГИБДД, способствует повышению объективности результатов заключений автотехнических экспертов, а так же органам предварительного следствия и дознания позволяет значительно расширить доказательную базу при реконструкции ДТП, с технической точки зрения.

Следует отметить, что ОАО «Навигационно-информационные системы» и Российский Союз Автостраховщиков (РСА) подписали соглашение о сотрудничестве, в рамках которого планируется использовать технологии ГЛОНАСС/GPS с целью обеспечения безопасности движения, уменьшения аварийности на дорогах и минимизации ущерба при ДТП. Партнеры также намерены изучить возможности использования инфраструктуры «ЭРА-ГЛОНАСС» для предоставления автовладельцам дополнительных телематических сервисов. «НИС ГЛОНАСС» и РСА рассмотрят возможность инновационного совершенствования автомобильных телематических приложений. Соглашение предполагает создание рабочих групп, которые будут изучать организационно-технические, правовые и коммерческие аспекты взаимодействия оператора системы «ЭРА-ГЛОНАСС», страховых компаний и государственных ведомств. В частности, итогом совместной работы должен стать автоматизированный механизм регистрации фактов и реконструкции обстоятельств дорожно-транспортных происшествий, в том числе в рамках т.н. «Европротокола». В результате время оформления «легких» ДТП может быть сокращено до нескольких минут, так как присутствие представителей ГИБДД будет необязательно [3].

Данное соглашение будет способствовать повышению эффективности навигационно-информационных услуг на автомобильном транспорте, где на сегодняшний день, рынок систем спутниковой навигации развивается стремительными шагами, каждый новый день приносит известия о новых разработках и внедрениях в этой области.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Илларионов, В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учеб. для вузов / В. А. Илларионов. - М.: Транспорт. - 1989. - 255 с.
2. Домке, Э. Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст] / Э. Р. Домке. - М.: Академия. - 2009. - 288с.
3. Рыжиков, С. Л. Правовые и технико-криминалистические аспекты использования средств объективного контроля за движением автомобиля в процессе совершения дорожно-транспортных происшествий [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Рыжиков С.Л. – Ростов - На-Дону, 2004.

### **Домке Эдуард Райнгольдович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Организация и безопасность движения»  
Тел.: +7(927)3764946  
E-mail: obd@pguas.ru

### **Жесткова Светлана Анатольевна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Аспирант  
Тел.: +7(937)4062010  
E-mail: s.zhestkova@yandex.ru

**Акимова Валентина Юрьевна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Доцент кафедры «Организация и безопасность движения»

Тел.: +7(937)4062010

E-mail: obd@pguas.ru

---

E. R. DOMKE, S. A. ZHESTKOVA, V. Y. AKIMOVA

## EFFICIENCY INVESTIGATION ROAD EVENT BASED APPLICATIONS NAVIGATION TECHNOLOGY

*The article describes the advantages and principles of operation of the navigation system used in solving problems encountered, in the examination of road accidents.*

**Keywords:** accident, navigation systems, transport, investigation.

### BIBLIOGRAFIY

1. Illarionov, V. A. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy [Tekst]: ucheb. dlya vuzov / V. A. Illarionov. - M.: Transpotr. - 1989. - 255 s.
2. Domke, E. R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy [Tekst] / E. R. Dom-ke. - M.: Akademiya. - 2009. - 288s.
3. Ryzhikov, S. L. Pravovye i tekhniko-kriminalisticheskie aspekty ispol'zovaniya sredstv ob"ek-tivnogo kontrolya za dvizheniem avtomobilya v protsesse soversheniya dorozhno-transportnykh proissheshtviy [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Ryzhikov S.L. - Rostov - Na-Donu, 2004.

#### **Domke Edward Rajngoldovich**

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Cand.Tech.Sci., the professor, зав.кафедрой the traffic safety organizations

Tel.: +7(927)3764946

E-mail: obd@pguas.ru

#### **Zhestkova Svetlana Anatolevna**

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Post-graduate student

Tel.: +7(937)4062010

E-mail: grey-woolf@yandex.ru

#### **Akimova Valentina Yurevna**

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Associate professor sub-department of the traffic organization and safety

Tel.: +7(937)4062010

E-mail: obd@pguas.ru

## ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

УДК 802.0

Т. А. КОЗИНА, А. А. БЕРДНИКОВ

### ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

*В статье рассматривается понятие интернет-ресурсов как аутентичное средство обучения общению и формирования способности к межкультурному взаимодействию на иностранном языке в вузе. Предлагается методика использования интернет-ресурсов при обучении чтению, говорению и письму на иностранном языке (английском).*

**Ключевые слова:** интернет-ресурсы, межкультурная коммуникация, методика обучения иностранному языку.

Основная задача преподавания иностранного языка в вузе – это формирование коммуникативной компетенции. В рамках коммуникативного подхода предполагается обучение умению общения и формирование способности к межкультурной коммуникации. Таким образом, главная цель обучения иностранному языку полностью совпадает с основой существования Интернета как средства межкультурного взаимодействия. Применение Интернет-ресурсов при обучении иностранному языку позволяет воссоздать реальную модель аутентичного общения с истинными носителями иностранного языка на актуальные темы в режиме on-line. Практическое овладение иностранным языком осуществляется в процессе решения поставленных преподавателем задач, когда студенты обучаются пониманию содержания и выражения основного смысла прочитанного и услышанного, при этом создавая свои оригинальные высказывания, а не производя заученную наизусть фразу. Изучение структуры и грамматических правил иностранного языка, а также новой лексики происходит косвенно как необходимое средство для понимания прочитанного [1].

Возможности Интернет-ресурсов при обучении иностранному языку в вузе огромны, однако их основным предназначением остается поиск информации и установление контактов, связи. В ходе работы, направленной на поиск необходимой информации, студенты обучаются чтению на иностранном языке, расширяя свой словарный запас, и совершенствуют навыки письменной речи на иностранном языке посредством коротких сообщений, комментариев, выражая собственное мнение, согласие или несогласие с прочитанным при помощи e-mail [2].

В данной статье мы рассматриваем способы применения Интернет-ресурсов на занятиях по иностранному языку в вузе. Основная задача данного исследования – это провести обучающий эксперимент и разработать методику обучения чтению, говорению и письму на английском языке, реализуемую посредством Интернет-ресурсов.

Объектом данной работы выступает процесс реализации разработанной методики на примере отдельного занятия по обучению профессиональному общению на занятиях по дисциплине «Иностранный язык» (английский) у студентов второго 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 по обучению чтению, говорению и письму на английском языке с использованием Интернет-ресурсов

Тема урока: «Экологически безопасные автомобили» "Eco Friendly Cars"

Цель урока:

- 1) развитие познавательной и коммуникативной деятельности учащихся с помощью Интернета;
- 2) обучение ознакомительному, реферативному виду чтения с кратким изложением содержания текста;
- 3) обучение составлению комментариев на заданную тему, выражая собственное мнение, согласие, несогласие.

Задачи урока:

- Знакомство со статьей международного сайта на английском языке "Truck & Trailer News":

<http://truckandtrailernews.com/add-a-contribution-to-your-environment>

- Участие студентов в обсуждении содержания статьи, составление комментариев на темы: «Экологически безопасные автомобили: транспорт будущего», «Экологически безопасные автомобили: за и против».

Материалы, используемые при подготовке к уроку:

Интернет-ресурсы сайта "Truck & Trailer News":

- <http://truckandtrailernews.com/add-a-contribution-to-your-environment>

(информация о сайте, статья участников сайта: "Add a contribution to your environment by buying eco friendly cars").

Оснащение урока и материалы, используемые на уроке:

- Компьютерный класс с выходом в Интернет.
- Отдельные страницы и печатный материал аналогичных сайтов по заданной теме на английском языке:

1) "Russian Auto Innovation Eco-Friendly Car Developed" ([http://inventorspot.com/artocles/russian\\_auto\\_innovation\\_ecofriendly](http://inventorspot.com/artocles/russian_auto_innovation_ecofriendly) cars);

2) "Eco Friendly Cars: Eco-car" (<http://ecomotorcompany.blogspot.com/search/label/Eco-car>).

3) "Ferrari F450: Green Ecology-Friendly Technology in Red" (<http://www.wisecarshopper.com/2010/04/08/ferrari-f450/>)

- Печатный материал учебной лексики с английскими формулами выражения согласия/несогласия, собственного мнения на заданную тему.

- CD-ROM «Говорящий оксфордский словарь и уникальная система изучения новых слов»

Запись на доске: Eco Friendly Cars – Comments

Comment subjects:

1. The future transport - eco-friendly cars.
2. Buying eco-friendly cars – For & Against.

Ход урока

1. Организационный момент. (1-2 минуты)

Сообщение студентам о целях и задачах урока.

Good morning, dear students! Today you are having a great opportunity to use Internet when studying English. I'd like to call your attention to some information from the English website and drop a comment on it. You'll learn something about this website, read the article written by one of the participant, render it into Russian and retell it in English, write your own comments in English via E-mail. You will work in groups (2-3 students).

2. Основная часть урока (Время - 85 минут)

2.1 Обзор сайта "Truck & Trailer News". (5 минут)

Используя демонстрационный компьютер, подключенный к Интернет, преподаватель делает краткий обзор сайта.

“Truck & Trailer News” is a website that publishes hot and useful news, tips and advice and reviews related to truck and trailers from around the world. It enables people from different countries to reflect their ideas and opinions and drop a comment on the article named “Add a contribution to your environment by buying eco-friendly cars”.

Comment subjects:

1. The future transport - eco-friendly cars.
2. Buying eco-friendly cars – For & Against.

Вопросы студентов: How much should the comment be? – You will have to express your own point of view regarding the given problem and prove or give your arguments in 8-10 sentences.

Can we use the web dictionaries while writing comments and translating the article into Russian? - Yes, certainly.

### 2.2 Чтение статьи сайта на английском языке. (15 минут)

В классе 6 компьютеров, за каждым из них находится группа студентов (по 2-3 студента). На компьютерах установлена программа - электронный оксфордский словарь, которым учащиеся могут пользоваться во время чтения текста. Студенты разделены на 2 большие группы по уровню владения иностранным языком. Задача первой группы (низкий и средний уровень владения иностранным языком) – осуществить реферативный перевод статьи с английского на русский язык, выявить новые слова по теме. Задача второй группы (средний и высокий уровень владения иностранным языком) - пересказать содержание статьи на английском языке (объем устного высказывания – 10-12 предложений). Преподаватель помогает с переводом и составлением пересказов статьи на русском и английском языках, если это необходимо.

2.3 Устные сообщения студентов на русском и английском языках о прочитанной статье. (20 – 25 минут)

Один студент от 1 группы кратко передает содержание статьи на русском языке, знакомит с новыми словами. Остальные члены группы дополняют высказывание или отвечают на вопросы студентов других групп.

Пример одного из реферативных переводов студентов.

Данная статья посвящена важной проблеме использования экологически безопасных автомобилей. Вследствие сжигания топливной смеси автомобилями с бензиновым двигателем в атмосферу Земли поступает большое количество вредных выхлопных газов, среди которых оксид углерода, метан, закись азота, которые вызывают глобальное потепление, истощение озонового слоя планеты и опасные заболевания человека. Для решения этой задачи были разработаны экологически безопасные автомобили, которые отличаются более эффективным расходом топлива и низким уровнем выбросов вредных выхлопных газов. В настоящее время уже применяются гибридные экологически безопасные автомобили, оснащенные бензиновым и электрическим двигателями. Автор статьи в качестве таких гибридных автомобилей приводит в пример автомобили Ford Fusion и Toyota.

В заключении говорится о том, что повышение стоимости бензина, а также желание многих автолюбителей сохранить окружающую среду способствуют увеличению спроса на гибридные автомобили в мире.

Новые слова, термины:

- combustion of fuels - потребление (сжигание) топлива,
- emit harmful gases - выбрасывать вредные газы,
- gasoline engine - бензиновый двигатель,
- save fuel - сохранять топливо,
- guide - управление, руководство,
- air pollution - загрязнение воздуха,
- fuel efficiency - эффективный расход топлива.

Вопросы:

Как работают бензиновый и электрический двигатели? Одновременно? – Нет, при остановке работы бензинового двигателя, начинает работать электрический двигатель.

Какой расход топлива у автомобиля Toyota Prius? – В среднем, 1 галлон на 44 мили (то есть 3.78 л/70 км или 5.4 л/100 км)

Затем один студент от 2 группы передает содержание статьи на английском языке. Остальные члены группы дополняют высказывание или отвечают на вопросы студентов других групп.

Пример одного из пересказов статьи студентами на английском языке.

Every day cars emit different types of hazardous gases, for example, carbon dioxide(CO<sub>2</sub>), methane(CH<sub>4</sub>), nitrous oxide(N<sub>2</sub>O) and others. These emissions cause air pollution and are very harmful for the living organisms.

The basic purpose of Ecology friendly cars is to save our ecology system from these harmful gases, thus making our environment healthy and safe for living organisms. All eco friendly cars have better fuel efficiency and low emissions of air pollutant gases.

The new trend is [eco friendly hybrid](#) cars. Hybrid cars employ both conventional gasoline engine and electric engine. When the gasoline motor stops working, an electric motor takes its place, thus saving fuel and decreasing harmful emissions.

The most popular eco friendly hybrid cars today are Ford Fusion and Toyota. Ford Fusion has a smart gauge with eco guide. Toyota Prius has great aerodynamics and excellent fuel efficiency of average 44 miles per gallon.

At present time people tend to buy eco friendly cars because they want to save our environment and of the ever increasing fuel prices.

Вопросы:

Are eco-friendly cars and hybrid cars the same? – No, hybrid cars have two engines – gasoline and electric.

Are hybrid cars expensive? Can everybody buy them? – There is no information in the text about the price of hybrid cars but I personally think they are not cheap and, of course, not everybody can afford them.

2.4 Определение темы комментария и составление своих сообщений (25 - 30 минут)

Преподаватель предлагает выбрать тему для своего комментария и составить краткое высказывание, напечатав его на компьютере.

Задание:

You have read a useful article on eco-friendly cars. The problem touched upon in the article deals with an important task of our society: how to make a car with low emissions and fuel consumption. You have learnt what a hybrid car is and how it runs. There is some information in the text about popular hybrid eco cars and their characteristics. Do you believe these cars will become the most popular way of transport in future?

The author also speaks why people tend to buy eco friendly cars. And what about you? Would you like to have such a car? Why not? Are there any disadvantages of hybrid cars? Now it is the time for you to decide it and drop a comment.

Of course, the information from the text is not complete to answer these questions. Here you can find some additional information about Russian and foreign eco cars:

(ссылки на сайты написаны на доске)

1) [http://inventorspot.com/artocles/russian\\_auto\\_innovation\\_ecofriendly\\_cars](http://inventorspot.com/artocles/russian_auto_innovation_ecofriendly_cars)

2) <http://ecomotorcompany.blogspot.com/search/label/Eco-car>

3) <http://www.wisecarshopper.com/2010/04/08/ferrary-f450/>

In addition, I'd like you not to forget about the English ways of expressing your opinions, agreements or disagreements. Let's revise them together. I'll tell you some of the most common ways of expressing opinions, agreements or disagreements and you should find their English equivalents from the list I've given to you.

Я полностью согласен с... – I fully agree with...

Это хорошая идея, однако... - It's a good idea, but (however)...

Я не согласен, потому что... - I disagree because...

К сожалению, я не могу согласиться с... - I'm afraid I can't agree with ...

По моему мнению, моя точка зрения... - in my view, from my point of view, in my opinion, to my mind

Я (не) считаю, (не) думаю, (не) уверен, что... - I (don't) believe, think (consider), am (un)convinced that...

Честно говоря... - To be honest with you...

Если вы спросите меня... - If you ask me...

Мне кажется, что... - It seems to me that...

Я бы поспорил, что... - I would argue that...

Этим я хочу сказать, что... - By this I mean...

С одной стороны, с другой стороны... - From one hand, from the other hand...

Во-первых, во-вторых... - In the first, in the second...

Please, choose the subject of your comment, discuss it and type it. Mind that it should be 8-10 sentences. Work in groups. If you are ready, we will send your comment to the Truck & Trailer News website.

Затем преподаватель интересуется, какую тему для своего сообщения выбрала каждая группа студентов. What subject of your comment have you chosen? Студенты выбрали обе предложенные темы.

2.5 Контроль составленных комментариев и отправление их на сайт Truck & Trailer News по электронной почте. (10 минут)

Преподаватель проверяет напечатанные комментарии, готовые сообщения отправляют на сайт "Truck & Trailer News" (<http://truckandtrailernews.com/add-a-contribution-to-your-environment>)

3. Заключительная часть занятия. (2-3 минуты)

Домашнее задание:

Студенты должны продолжить работу над комментариями к статье дома, принести их в печатном виде или на электронном носителе на следующее занятие, приготовить краткое сообщение по своей теме комментария.

Dear students, you hadn't much time to finish writing your comments at class today. That's why it will be your home task. Think about your comment message, which you have chosen, and write the text better at home. Type it at home and bring it the next class. You will tell us about your comment next lesson.

Подведение итогов занятия.

I. Образец статьи Internet сайта "Truck & Trailer News". Add A Contribution To Your Environment By Buying Eco Friendly Cars.

Combustion of fuels emit different types of gases, for example, carbon dioxide(CO<sub>2</sub>), methane(CH<sub>4</sub>), nitrous oxide(N<sub>2</sub>O), and other gases, that are very harmful for the living organisms. The emission, of these hazardous gases, is usually referred to term "air pollution." Nitrous oxide has a more global warming potential than carbon dioxide and methane, because it reacts with oxygen and give rise to nitric oxide(NO), thus affecting ozone layer, the protective layer of earth from ultra violet radiations. Air pollution leads to different respiratory diseases and escorting premature deaths.

The basic purpose of Ecology friendly cars, commonly known as [Eco friendly cars](#), is to save our ecology system from harmful compounds and gases, thus making our environment healthy and safe for living organisms to nourish and flourish. The basic theme of eco friendly cars is better fuel efficiency and low and/or no emissions of air pollutant gases, referred to green house gases.

The new technology in eco friendly cars is [eco friendly hybrid](#) cars. Hybrids cars employ both conventional gasoline engine and electric engine. In the immobility mode, when the gasoline

motor stops working, an electric motor takes its place, thus saving fuel and a bit contribution to make environment safe.

Among best eco friendly hybrid cars, Ford Fusion and Toyota take the lead. Ford Fusion has received "Car of the Year Award" 2010. It has a smart gauge with eco guide. You can have both comfort and fuel economy by having this hybrid car. Toyota Prius is a full hybrid vehicle that has been considered as more fuel efficient eco friendly car. This car gives an average of 44 miles per gallon, which is quite excellent as compared to other cars. This car has a great aerodynamics and excellent fuel efficiency.

There has been a remarkable increase in these eco friendly cars especially eco friendly hybrid cars, because of the ever increasing fuel prices and individual responsibility to cut down air pollution.

II. Образцы сообщений-комментариев студентов, размещённых на сайте "Truck & Trailer News" (<http://truckandtrailernews.com/add-a-contribution-to-your-environment>).

1) Hello! I'm a student of the automobile college in Russia. And I'm fond of cars and driving. I like sport cars as they are very speedy and beautiful in appearance. I haven't got any idea about eco cars before and this article seems very useful for me.

If you ask me what I think on eco cars I would argue that they're future transport. In the first, they need to be charged 8 or more hours and it is not very convenient for busy people who use the automobile the whole day long. In the second, I'm not convinced that they are cheap, so not everybody can afford them. As far as I know only top car makes have hybrid options, for example Toyota, Ford, Lexus, Ferrari. I believe it's the most important reason against buying hybrid eco cars.

2) Hello! I'm Nick from Russia. I and my friends are just crazy about street driving. I am keen on speedy racing cars as they make me feel my car the best. I've read this article and learnt that eco cars are less powerful and their top speed is not very high in compared with conventional cars. That's why from my point of view people wouldn't buy them. At present rate of life I believe we need the most powerful and speedy cars to be in time.

But of course it's a good idea to design a car that saves our environment. I agree that we should think about alternative fuels. What about plastic – there is lot of harmful plastic everywhere.

3) Hello! I study automobiles at the automobile engineering university in Russia. I'm interested in hybrid eco cars and I like the article very much. I fully agree with the article that we should care about our environment and use cars that do not emit air-pollutant gases. Moreover, hybrid eco cars have some other advantages. In the first, they are characterized by noisy performance. In the second, they are likely to burn in case of an accident. Finally, you needn't go to the petrol station to fill up your car, as you can charge it at home from a domestic power unit. By this I mean I'm for hybrid eco cars.

4) Good day! My name's Alex. I'm a Russian student studying English via the Internet. I disagree, that hybrid eco cars are the future transport. To my mind, they need a lot to be improved. Hybrid eco cars are charged very long, so their charge volume is not sufficient for long journeys. To be honest with you, I'm afraid in Russia there are few service stations for hybrid cars. And I'm unconvinced that hybrid cars are ecology friendly because there is a great problem of proper utilizing electric batteries. One more point against hybrid cars is that they are rather expensive. To sum it up, I would not buy a hybrid eco car as there are a lot of problems with its maintenance.

Таким образом, в результате проведенного занятия-эксперимента по обучению чтению, говорению и письму на английском языке на тему «Экологически безопасные автомобили» "Eco Friendly Cars" удалось прийти к следующим выводам:

1) цель урока достигнута: студенты обучались чтению с реферативным изложением прочитанного на русском и английском языках и составляли сообщения-комментарии на заданную тему, выражая собственное мнение;

2) задачи урока выполнены: студенты познакомились со статьей международного website "Truck & Trailer News" и приняли участие в обсуждении материала статьи;

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;

5) 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;

6) дифференцированные задания по уровню сложности способствовали повышению мотивации в процессе обучения. Новая, необычная тема занятия и аутентичный способ изучения английского языка через интернет вызвали у студентов большой интерес и желание участвовать в обсуждении;

7) поиск новой информации по теме, работа с предложенными сайтами, анализ статьи и составление комментария к ней потребовали от студентов раскрытия некоторых личностных характеристик, таких как самостоятельность и самоорганизация, а также развития познавательной и коммуникативной компетенции;

8) студенты впервые присутствовали на таком занятии, не все смогли написать свои комментарии в отведенное на это время, поэтому домашнее задание предусматривало завершение этой работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дебердеева, Т. Х. Новые ценности образования в условиях информационного общества [Текст] / Т. Х. Дебердеева // Инновации в образовании. – 2005. - №3. – С. 79.
2. Цапурова, И. А. Компьютерные технологии в обучении иностранным языкам [Текст] / И. А. Цапурова. - М.: Высшая школа, 2009. – 200 с.

### **Козина Татьяна Анатольевна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Канд. фил. наук, доцент кафедры «Иностранные языки»

Тел.: +7(8412)644289

E-mail: tatianak58@mail.ru

### **Бердников Алан Александрович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Студент гр.ЭТМК-11

Тел.: +7(8412)644289

E-mail: tatianak58@mail.ru

---

T. A. KOZINA, A. A. BERDNIK

## **INTERNET RESOURCES, AS A FORM COMMUNICATIVE COMPETENCE IN PREPARATION SPECIALISTS MOTOR COMPLEX**

*The article deals with the concept of internet resources as an authentic means in teaching foreign language at high school to create the ability of intercultural communication. The technique of using internet resources in the process of reading, speaking and writing in English has been offered.*

**Keywords:** *internet resources, intercultural communication, technique of teaching foreign language.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Deberdeeva, T. H. Novye tsennosti obrazovaniya v usloviyakh informatsionnogo obshchestva [Tekst] / T. H. Deberdeeva // Innovatsii v obrazovanii. - 2005. - №3. - S. 79.
2. Tsapurova, I. A. Komp'yuternye tekhnologii v obuchenii inostrannym yazykam [Tekst] / I. A. Tsapu-rova. - M.: Vysshaya shkola, 2009. - 200 s.

**Kozina Tatiana Anatol'evna**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Penza, ul. Titova, 28

Kand. fil. sciences, assistant professor of "Foreign Languages"

Tel.: +7(8412)644289

E-mail: tatianak58@mail.ru

**Berdnikov Alan Aleksandrovich**

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Penza, ul. Titova, 28

Student of gr. ETMK-11

Tel.: +7(8412)644289

E-mail: tatianak58@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*

А. П. ТРЯСЦИН

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ЗАНЯТЫХ ПЕРЕВОЗКОЙ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГЛОНАСС/GPS

*Определены некоторые теоретические аспекты создания обучающих систем для подготовки водителей занятых перевозкой опасных грузов с использованием информационных систем на основе ГЛОНАСС/GPS. Рассмотрен процесс накопления информации и использования возможности адаптации вероятностных характеристик обучаемого и выбор на их основе направлений в наибольшей степени способствующие снижению вероятности происшествий и инцидентов при перевозке опасных грузов.*

**Ключевые слова:** обучающая система, опасный груз, информационная система, ГЛОНАСС/GPS

Выполнение задач Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года может быть достигнуто только за счет гарантированной подготовки, привлечения и трудоустройства в отрасли необходимого числа специалистов, обладающих нужным уровнем квалификации и востребованных компетенций и обеспечивающих:

– надежную эксплуатацию техники и транспортных средств, объектов инфраструктуры, в том числе и самых современных, соблюдение повышенных стандартов безопасности перевозок для работников, клиентов и населения;

– разработку передовых технических решений по эксплуатации транспортной системы, энергосбережению, обеспечению комплексной транспортной безопасности.

Государственное регулирование в сфере кадрового обеспечения видов транспорта направлено на подготовку, привлечение и закрепление квалифицированных кадров и включает:

- совершенствование системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в образовательных учреждениях транспортного комплекса;

- совершенствование программы подготовки кадров в соответствии с изменяющимися требованиями рынка и повышение качества подготовки специалистов;

- совершенствование программ подготовки и повышения квалификации персонала, а также широкое применение специализированных тренажеров для подготовки специалистов различных видов транспорта;

- совершенствование системы государственного контроля качества подготовки персонала для различных видов транспорта;

- разработку нормативных правовых актов, регламентирующих трудовые и финансовые взаимоотношения обучаемого специалиста с будущим работодателем, оплатившим его обучение, и государственными органами исполнительной власти в сфере транспорта в случае, если обучение оплачено за счет средств федерального бюджета;

- создание системы наставничества, преемственности и накопления уникального опыта в сфере транспорта;

- формирование в организациях управленческих кадров, мотивированных на достижение корпоративных стратегических целей;

- содействие в укреплении и развитии социального партнерства.

Таким образом, реализация транспортной стратегии предполагает переход на новый качественный уровень системы подготовки и переподготовки персонала, в том числе, связанного с обеспечением безопасности транспортного процесса.

Одним из современных направлений развития автотранспортного комплекса является

внедрение в технологический процесс перевозки пассажиров и грузов спутниковых навигационных технологий. Основные услуги, которые предоставляют действующие спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС/GPS навигации, заключаются в позиционировании, то есть в определении местоположения объекта в системе географических координат, измерении скорости перемещения объекта, а так же получении информации с датчиков, установленных на автомобиле. Использование этих технологий оказывает большое влияние на развитие инновационных процессов на автомобильном транспорте и смежных отраслях. В современных автотранспортных системах спутниковая навигация стала важной инфраструктурой, так же необходимой, как дорожная сеть.

Во многих странах была признана потребность в системном подходе, включающем разработку целевых показателей, применение систематических и обоснованных доказательными фактами мер, направленных на предотвращение дорожно-транспортных происшествий и снижение тяжести последствий ДТП.

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

Безопасная эксплуатации человеко-машинных систем является одной из наиболее актуальных современных проблем. Особенно остро этот вопрос стоит перед автомобильным транспортом, который на протяжении нескольких последних десятилетий прочно занимает печальное первое место по общему числу жертв от несчастных случаев, при этом около 80% из них прямо или косвенно связано с ошибками водителей.

Технологическому процессу перевозки опасных грузов, как и любой технической системе также присущи эти свойства. При этом следует отметить, одну характерную особенность – опасный груз в силу присущих ему особенностей выступает самостоятельным источником опасности и может быть рассмотрен как отдельный элемент системы. Таким образом, систему Ч-М-С при рассмотрении технологического процесса перевозки опасных грузов представляется целесообразным дополнить еще одним элементом – грузом, вместе с которым будет образована новая система «человек – машина – среда – груз» (Ч-М-С-Г). Естественно, что в такой системе надежность человека-оператора (водителя, осуществляющего перевозку опасных грузов) приобретает особую актуальность.

Рассматривая теоретические аспекты использования информационных систем на основе ГЛОНАСС-GPS следует выделить специфические особенности, присущие перевозке опасных грузов. К специфическим особенностям деятельности водителей, осуществляющих перевозку опасных грузов, можно отнести следующие:

- информационный поток имеет широкий спектр и разнонаправленность;
- первичная информация часто недостаточна или трудна для восприятия;
- ограниченный объем информации приходится обрабатывать, как правило, при дефиците времени;
- выбор прогнозирующих параметров состояния системы труден и зависит от уровня профессиональной подготовки водителя и опыта его работы;
- свойства груза в процессе транспортировки могут меняться, при этом водитель не всегда имеет соответствующую информацию и рычаги реального воздействия на объект;
- работа связана с изменяющимся режимом (с одной стороны монотонность, с другой высокое эмоциональное напряжение);
- окружающая среда не всегда благоприятна для работы.

Одной из форм повышения функциональной надежности водителя как части системы «Человек – Машина – Среда – Груз» должна быть профессиональная подготовка и переподготовка.

В общем виде обучение можно рассматривать как процесс накопления информации и

используется возможность адаптации вероятностных характеристик обучаемого, в результате чего можно выбрать направление в наибольшей степени способствующие достижению поставленной цели, а именно снижение вероятности происшествий и инцидентов при перевозке опасных грузов.

При управлении оператором (водителем) сложной техникой, такой как современный автомобиль, возникают противоречия в элементах подсистемы «человек-машина», вызванные разными принципами их функционирования. Так машина функционирует по энтропийным законам, т.е. со временем в ней нарастает неопределенность, а человек по своей природе является негэнтропийным и призван вносить определенную организацию в работу системы. Управляя работой техники, человек снимает некоторую неопределенность в ее функционировании, т.е. вносит в систему управления свою информацию. И чем более сложную задачу управления ему приходится решать, тем большую неопределенность приходится снимать (большую информацию вносить в систему) [4].

Использования информационных систем на основе ГЛОНАСС-GPS призвано снизить неопределенность в человеко-машинных системах, однако как показали проведенные исследования, снижение происходит только в тех случаях, когда персонал в полной мере обучен работе с этими системами. В противном случае степень неопределенности может даже возрасти.

Самообучение можно рассматривать как процесс накопления информации, которую в дальнейшем водитель должен использовать для взаимодействия в системе «Человек – Машина – Среда – Груз». Задача информационной составляющей на основе ГЛОНАСС-GPS в системе «Человек – Машина – Среда – Груз», будет сведена к оптимизации связей элементов системы, и тем самым повышению её безопасности.

В свою очередь качество обучения может быть определено как дисперсия оценочных показателей. По мере накопления информации дисперсия оценочных показателей должна уменьшаться, что определит «задетерминированность» прогнозирования в нужном направлении, кроме того, существует возможность перестроить систему подготовки, если ситуация изменилась или обучение было неточным (нерациональным) и тем более ошибочным.

Для математического описания выше сказанного использован метод покоординатного самообучения. В общем случае этот метод можно представить функцией  $P_{ns}$  некоторого параметра  $\omega_{ns}$  вдоль координаты  $S_1$  (условно назовем параметр памяти по  $S_1$  координате на  $n$ -м шаге контроля). Основным доминирующим показателем функции  $P(\omega_{ns})$  являются монотонность и неубываемость, при этом ее можно представить экспоненциальной, линейной, гауссовой или ступенчатой зависимостями. Алгоритм обучения в этом случае реализуется посредством соответствующего изменения параметра памяти, например с помощью рекуррентной зависимости

$$\omega_{(n+1)S} = \omega_{ns} - \sigma(\Delta\xi_{ns}\Delta Q_n),$$

где:  $\sigma$  – величина, определяющая скорость обучения (шаг по памяти), при  $\sigma = 0$  – обучение отсутствует, при  $\sigma < 0$  – обучение целесообразно.

$$\Delta\xi_{ns} = \xi_{ns} - \Delta\xi_{(n-1)S},$$

где:  $S$  – изменение местонахождения (состояния) параметра измеряемой величины при переходе от шага  $(n - 1)S$  к шагу  $nS$ , характеризующее связь между новым и старым состоянием;

$\Delta Q = Q(\xi) - Q_{(n-1)}(\xi)$  – приращение работоспособности на каком-то промежутке времени (при переходе от шага  $n - 1$  к шагу  $n$ ).

Отсюда следует, что если шаг контроля состояния привел к увеличению функции, то он был сделан в неблагоприятном направлении, и, наоборот, в случае уменьшения функции  $P_{ns}$  вероятность правильного выбора этого направления возрастает.

Рассматривая использование информационных систем на основе ГЛОНАСС-GPS ра-

ционально трудовую деятельность водителя разделить на три этапа: получение информации при помощи различных анализаторов (зрительного, слухового, тактильного), ее переработку, реализацию режима (выполнение технологической операции).

Первый этап – получение оперативной информации – заключается в том, что водитель благодаря визуальному контролю воспринимает целенаправленный информационный поток.

На втором этапе он последовательно осуществляет кодирование принятой информации, т. е. перерабатывает ее в форму, удобную для принятия решения, и сравнивает с нормативными значениями, определяемыми в инструкциях, теоретических знаниях или приобретенными опытным путем. На этом этапе возможно возвращение к первому этапу для получения дополнительной или исчерпывающей информации. Необходимость получения дополнительной информации уточняется в процессе принятия решения.

Третий этап – реализация принятия решений, выражающихся, как правило, в конкретных управляющих воздействиях. Качественно-временные показатели работы зависят от уровня профессионального мастерства, т. е. практических навыков, которые представляют комплекс сенсорных, моторных и умственных способностей.

Анализ состояния звеньев системы «Человек – Машина – Среда – Груз» показывает, что активное вмешательство человека в процесс способствует достижению конечной цели даже при условии, что другие звенья не благоприятствуют этому. Водитель как управляющее звено не только осуществляет связь элементов в единое целое, но и контролирует их работу. Надежность его работы определяется как вероятность того, что технологический процесс или поставленная задача будут выполнены успешно на любой стадии функционирования системы.

Для вычисления критериев надежности системы «Человек – Машина – Среда – Груз» необходимо иметь исходные характеристики всех звеньев: для машины – плотность распределения времени безотказной работы  $f(t)$  или интенсивность отказов  $\lambda(t)$ ; для человека – вероятность безошибочного выполнения операций, их функциональных единиц и алгоритма  $\beta$  в целом; для груза – вероятность его перехода в опасное состояние.

Анализ трудовой деятельности водителя показал, что его характерной особенностью является умственный труд в сочетании со сложнокоординированными и точными двигательными актами, которые должны быть прочными и доведенными до автоматизма. Вместе с тем в ходе длительной работы усиливается утомляемость, увеличиваются напряженность внимания, памяти, снижается информационная надежность.

Однако исследования многих ученых свидетельствуют о том, что специалист более высокой квалификации рационально использует свои возможности в течение продолжительного периода, меньше подвергается воздействию помех и меньше допускает ошибок, чем менее квалифицированный.

Применение в технологическом процессе информационных систем на основе ГЛОНАСС-GPS призвано повысить информационную надежность за счет оперативного получения информации, её переработки, и представления водителю в удобной для него форме, позволяющей осуществлять оперативное реагирование. Кроме того, как показали проведенные исследования, требования к квалификации водителя при использовании ГЛОНАСС-GPS устройств, могут быть существенно снижены, но только при условии надежного взаимодействия водителя с системой и установленным оборудованием.

Таким образом, особое внимание должно быть уделено исследованию функциональной надежности водителя, так как он в огромной мере обеспечивает эффективную работу системы.

Логическую модель, определяемую алгоритмом действия оператора, можно объективно охарактеризовать коэффициентами стереотипности и логической сложности по методу М. Зараковского. Так, коэффициент стереотипности позволяет оценить количество последовательно выполняемых элементов за цикл (как правило рейс):

$$\beta = \sum_{i=1}^n nP_{0i},$$

где:  $P_{0i}$  – частота 1, 2, ...,  $i$ -й группы действий в алгоритме;  
 $n$  – число одинаковых операций, выполняемых за цикл.

Коэффициент логической сложности операции  $\gamma$  зависит количества задач и числа вариантов решения каждой из них:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n nP_{ej},$$

где:  $P_{ej}$  – частота выбора вариантов решения.

Исходя из выше сказанного можно сделать следующие выводы.

Применение в технологическом процессе перевозки опасных грузов информационных систем на основе ГЛОНАСС-GPS позволяет повысить информационную надежность системы «Человек – Машина – Среда – Груз».

Использования информационных систем на основе ГЛОНАСС-GPS требует специального обучения работе с этими системами. Представляется целесообразным рассматривать обучение как процесс накопления информации, при этом качество обучения может быть определено как дисперсия оценочных показателей. По мере накопления информации дисперсия оценочных показателей должна уменьшаться. Для математического описания использован метод по координатного самообучения. Определены основные этапы трудовой деятельности водителя: получение информации, ее переработка и реализация (выполнение технологической операции).

Логическую модель алгоритма действий оператора, можно объективно охарактеризовать коэффициентами стереотипности и логической сложности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности [Текст] / С. В. Белов, А. В. Ильицкая, А.Ф. Кобяков и др. - М.: Высшая школа, 1999. – 448с.
2. Иванов, В. Н. Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом [Текст] / В. Н. Иванов, С. Е. Киселев, Н. Г. Тюрин. - М.: Транспорт, 1983. - 269 с.
3. Карташов, Л. П. Тренажеры, стенды и муляжи для биотехнической системы [Текст] / Л.П. Карташов, С. А. Соловьев. - Екатеринбург: УрО РАН, 2005. - 167 с.
4. Котик, М. А. Природа ошибок человека оператора (на примере управления транспортными средствами) [Текст] / М. А. Котик, А. М. Емельянов. - М.: Транспорт, 1993. – 252с
5. Надежность технических систем и техногенный риск/ Электронное учебное пособие [Электронный ресурс] / <http://www.mchs.emeromos.ru>
6. Чертыковцев, В.К. Логистика человеко-машинных систем [Текст] / В. К. Чертыковцев, Самара, 2001. - 76с.

**Трясцин Антон Павлович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

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

Тел.: +7(4862)734350

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

## THEORETICAL ASPECTS OF LEARNING SYSTEMS FOR DRIVER TRAINING ENGAGED IN THE CARRIAGE OF DANGEROUS GOODS WITH USE OF INFORMATION SYSTEMS BASED ON GLONASS / GPS

*Identified some of the theoretical aspects of training systems for the training of drivers engaged in the carriage of dangerous goods with the use of information systems based on GLONASS / GPS. The process of accumulation of information and the use of the possibility of adapting the probability characteristics of the student and the selection based on these areas contribute most to reduce the likelihood of accidents and incidents involving dangerous goods.*

**Keywords:** educational system, dangerous goods, information system, GLONASS / GPS

### BIBLIOGRAPHY

1. Belov, S. V. Bezopasnost` zhiznedeyatel`nosti [Tekst] / S. V. Belov, A. V. Il`itskaya, A.F. Kobayakov i dr.- M.: Vysshaya shkola, 1999. – 448 s.
2. Ivanov, V. N. Perevozka opasnykh gruzov avtomobil`nym transportom [Tekst] / V. N. Ivanov, S. E. Kiselev, N. G. Tyurin. - M.: Transport, 1983. - 269 s.
3. Kartashov, L. P. Trenazhery, stendy i mulyazhi dlya biotekhnicheskoy sistemy [Tekst] / L.P. Kartashov, S. A. Solov`ev. - Ekaterinburg: UrO RAN, 2005. - 167 s.
4. Kotik, M. A. Priroda oshibok cheloveka operatora (na primere upravleniya transportnymi sred-stvami) [Tekst] / M. A. Kotik, A. M. Emel`yanov. - M.: Transport, 1993. - 252s
5. Nadezhnost` tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyy risk/ Elektronnoe uchebnoe posobie [Elektronnyy resurs] / <http://www.mchs.emermos.ru>
6. Chertykovtsev, V.K. Logistika cheloveko-mashinnykh sistem [Tekst] / V. K. Chertykovtsev, Samara, 2001. - 76s.

#### **Tryastsin Anton Pavlovich**

FGBOU Institution "State University-UNPK"

Address: 302020, Oryol, st. Moscow, 77

Candidate. those. Sciences, Assoc. Department "Service and repair machines"

Tel.: +7 (4862) 734350

E-mail: srmostu@mail.ru

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

УДК 331.45

Р. Р. САДЫКОВ, А. П. ЛАПИН

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ФАКТОРОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ И УСЛОВИЯ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРИ ТО И РЕМОНТЕ**

*В процессе технического обслуживания и ремонта автомобильной техники на работников оказывают влияние различные вредные и опасные факторы. Их можно условно разделить на постоянные и непостоянные. Если постоянные факторы и их влияние изучены и исследованы в достаточной степени, то воздействие непостоянных (изменяющихся) факторов различно в зависимости от интенсивности их изменения и требует более детального подхода в исследовании.*

**Ключевые слова:** микроклимат, безопасность труда, переменные факторы.

Мы должны рассмотреть и возможность перехода постоянного фактора в непостоянные и наоборот. Так, например, при проведении окрасочных работ опасность вдыхания вредных веществ и их ПДК возрастает в несколько раз. В течение дня освещенность также может меняться, соответствующим образом повлияв на производительность труда. Температура в помещении в большинстве случаев регулируется климатическими установками, однако комфортный уровень температуры для разных людей может различаться на пять и более градусов. Все эти параметры и факторы, так или иначе, влияют на безопасность труда и производительность работы.



Рисунок 1 – Опасные и вредные производственные факторы

Рассмотрим подробнее изменение микроклимата в помещении. В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата - климата внутренней среды этих помещений. К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха рабочей зоны относятся температура (t, °C), относительная влажность (φ, %), скорость движения воздуха (V, м/с). Существенное влияние на параметры микроклимата и состояние человеческого организма оказывает также интенсивность теплового излучения (I, Вт/м<sup>2</sup>) различных нагретых поверхностей, температура которых превышает температуру в производственном помещении.

Относительная влажность воздуха представляет собой отношение фактического количества паров воды в воздухе при данной температуре  $D$  ( $\text{г/м}^3$ ) к количеству водяного пара, насыщающего воздух при этой температуре,  $dq$  ( $\text{г/м}^3$ ):  $\varphi = D / D_0 \cdot 100\%$ .

Если в производственном помещении находятся различные источники тепла, температура которых превышает температуру человеческого тела, то тепло от них самопроизвольно переходит к менее нагретому телу, т. е. к человеку. Известно, что различают три принципиально разных элементарных способа распространения тепла: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Теплопроводность представляет собой перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц (атомов, молекул или электронов), непосредственно соприкасающихся друг с другом. Конвекцией называется перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости. Тепловое излучение — это процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волны, обусловленный тепловым движением атомов или молекул излучающего тела. В реальных условиях тепло передается не каким-либо одним из указанных выше способов, а комбинированным.

Тепло, поступающее в производственное помещение от различных источников, влияет на температуру воздуха в нем. В производственных помещениях с большим тепловыделением приблизительно  $2/3$  тепла поступает за счет излучения, а практически все остальное количество приходится на долю конвекции. Количество тепла, переданного окружающему воздуху конвекцией ( $Q_k$ , Вт), при непрерывном процессе теплоотдачи может быть рассчитано по закону теплоотдачи Ньютона, который для непрерывного процесса теплоотдачи записывается в виде:

$$Q_k = \alpha \cdot S(t - t_в) \quad (1)$$

где  $\alpha$  - коэффициент конвекции;

$S$  - площадь теплоотдачи,  $\text{м}^2$ ;

$t$  - температура источника,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_в$  - температура окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

Постоянное отклонение от нормальных параметров микроклимата приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям: при перегреве - к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях - возникновению теплового удара. При переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

В нормативных документах введены понятия оптимальных и допустимых параметров микроклимата. Оптимальными микроклиматическими условиями являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Таблица 1 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений в холодный период года.

Период года	Категория работ	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		$t_{\text{возд}} < t_{\text{оптим}}$	$t_{\text{возд}} > t_{\text{оптим}}$		$t_{\text{возд}} < t_{\text{оптим}}$	$t_{\text{возд}} > t_{\text{оптим}}$
холодный	2Б	15-16.9	19.1-22	15-75	0,2	0,4
теплый	2Б	16-18.9	21.1-27	15-75	0,2	0,5

Допустимыми условиями являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться ухудшение самочувствия и снижение работоспособности. В настоящее время для поддержания требуемых параметров микроклимата широко применяются установки для кондиционирования воздуха (кондиционеры). Кондиционированием воздуха называется создание и автоматическое поддержание в производственных или бытовых помещениях независимо от внешних метеорологических условий постоянных или изменяющихся по определенной программе температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, сочетание которых создает комфортные условия труда или требуется для нормального протекания технологического процесса. Кондиционер — это автоматизированная вентиляционная установка, которая поддерживает в помещении заданные параметры микроклимата.

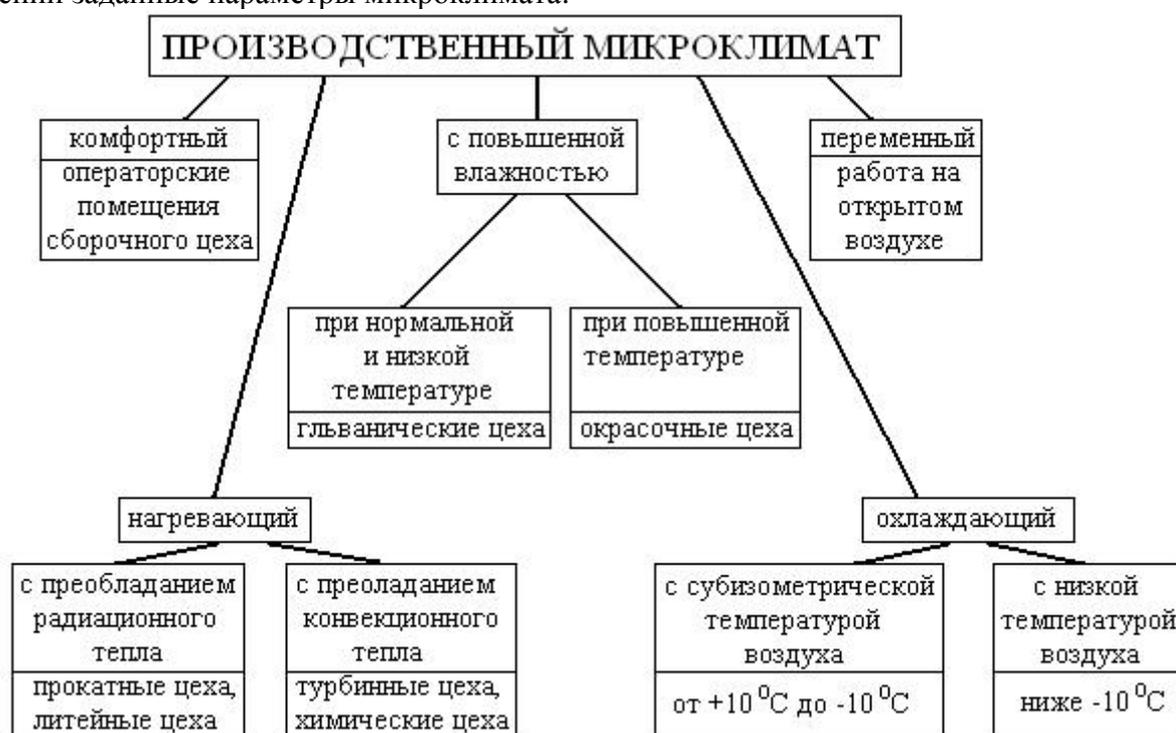


Рисунок 2 – Микроклимат производственных помещений

Воздействие комплекса микроклиматических факторов отражается на теплоощущении человека и обуславливает особенности физиологических реакций организма. Жизнедеятельность каждого индивидуума сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду. Её количество зависит от степени физического напряжения, то есть энергозатрат в определенных климатических условиях и составляет от 50 Вт в состоянии покоя до 500 Вт при физических нагрузках. Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду. Нарушение теплового баланса может привести к перегреву либо к переохлаждению организма и, как следствие, к потере трудоспособности, быстрой утомляемости, потере сознания и тепловой смерти. Температурные воздействия, выходящие за пределы нейтральных колебаний, вызывают изменения тонуса мышц, периферических сосудов, деятельности потовых желез, теплопродукции. В плохом микроклимате часто возникают аллергические заболевания и расстройства центральной нервной системы.

Недостаточная влажность воздуха неблагоприятна для человека из-за интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем загрязне-

ния болезнетворными микробами. Для человека является допустимым снижение его массы на 2 - 3 % путем испарения влаги – обезвоживание организма. Обезвоживание на 6 % влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения. Испарение влаги на 15 - 20 % приводит к летальному исходу.

Эксплуатация установок для кондиционирования и увлажнения воздуха обычно дороже, чем обычных вентиляционных систем. Однако улучшение условий труда и повышение производительности труда работников при проведении технического обслуживания и ремонта автомобилей компенсируют затраты на переоборудование помещений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21.1.005. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Лапин, А. П. Охрана и безопасность труда при ремонте и техническом обслуживании сельскохозяйственной техники и автотранспорта [Текст] / А. П. Лапин, А. Н. Новиков, Б. М. Тюриков, Е. А. Чернышева. – Самара: СГТУ, 2005. – 192 с.
3. Садыков, Р. Р. Технологические и эргономические факторы безопасности труда работников при ТО и ремонте автомобилей [Текст] / А. Н. Новиков, Р. Р. Садыков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. - № 2/33. – С. 101-104.

**Садыков Раджаб Рустамович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

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

Тел.: +7(910)2011677

E-mail: srmostu@mail.ru

**Лапин Алексей Павлович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

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

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

Тел.: +7(4862)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

R. R. SADYKOV, A. P. LAPIN

## IMPACT OF CHANGING FACTORS ON THE SAFETY AND WORKING CONDITIONS BY AN EMPLOYEE IN MAINTENANCE AND REPAIR

*In the process of maintenance and repair of motor vehicles to employees affected by a variety of occupational hazards. They can be divided into permanent and nonpermanent. If the constant factors and their effects were studied and investigated to a sufficient extent, the impact of non-permanent (changing) factors differently depending on the intensity of their changes and requires a more detailed approach to the study.*

**Keywords:** climate, safety and the variables.

**Sadykov Rajab Rustamovich**

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Address: 302020, Oryol, st. Moscow, 77

Cand. tech., senior lecturer in the "Service and repair of cars"

Tel.: +7(910)2011677

E-mail: srmostu@mail.ru

**Lapin Alexey Pavlovich**

FGBOU VPO "State University - UNPK"

Address: 302020, Oryol, st. Moscow, 77

Dr. tech. Sciences, Department of "Service and repair machines"

Tel.: +7(4862)734350

E-mail: srmostu@mail.ru





10 августа 2012 года не стало доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Алексея Павловича Лапина.

А.П. Лапин - известный ученый в области охраны труда. Свыше 20 лет жизни, отдавший работе во Всесоюзном (затем Всероссийском) НИИ охраны труда Минсельхоза РФ (г. Орел), из них 15 лет он возглавлял этот институт. Свыше полувека насчитывает общий стаж работы Алексея Павловича Лапина в сельскохозяйственном производстве и науке. В 1965 году, сразу после окончания Краснодарского политехнического института, он начал свою трудовую деятельность в перерабатывающей промышленности.

Вскоре Алексей Павлович защищает свою кандидатскую диссертацию, которую как ученые, так и переработчики по праву назвали настоящим прорывом в развитии сахарной промышленности. Технические разработки молодого ученого позволили значительно повысить выход сахара на всех перерабатывающих предприятиях страны. В 1987 году Алексей Павлович Лапин переезжает в Орел, получает должность начальника отдела безопасности труда пищевой промышленности Всесоюзного НИИ охраны труда. С этого времени Лапин активно занимается научной деятельностью. Постоянно занимаясь вопросами охраны труда, Лапин, уже будучи руководителем научного учреждения, публикует ряд трудов, в которых содержатся новые подходы к решению проблем обеспечения безопасности на производстве. А.П. Лапин являлся членом ученого совета Министерства труда и соцразвития России. Под руководством А.П. Лапина и при его участии проведена защита ряда докторских и кандидатских диссертаций.

А.П. Лапин - автор нескольких сотен печатных работ. За свою долгую и плодотворную научную жизнь Алексей Павлович по достоинству отмечен многочисленными государственными, отраслевыми и региональными наградами. В их числе орден Дружбы, восемь медалей ВДНХ и ВВЦ. В последние годы Лапин Алексей Павлович трудился на кафедре «Сервис и ремонт машин» ГУ УНПК. Активно участвовал в научной и учебной деятельности кафедры. Пользовался заслуженным авторитетом и уважением у студентов и коллег.

**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  
E-mail: unpk@ostu.ru

*Адрес редакции:*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»  
302006, г.Орел, ул. Московская, 77  
Тел. +7(4862)734362, +7(4862)434890  
www.gu-unpk.ru  
E-mail: tvk5876@rambler.ru, srmostu@mail.ru

Технический редактор, корректор,  
компьютерная верстка И. В. Акимочкина

Подписано в печать 20.12.2012

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 7,6

Тираж 500 экз.

Заказ № \_\_\_\_\_

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.