



Научно-технический
журнал
Издается с 2003 года
Выходит четыре раза в год
№ 3(38) 2012
Июль-Сентябрь

Мир транспорта и технологических машин

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

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.
Лашин А.П. 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:

Акимова 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

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

<i>В. Н. Абрамов, А. А. Чибисов, Г. П. Новиков, В. Б. Каспаров</i> Метод расчета напряжений в резиновом массиве внутренних опор «безопасных» автомобильных колес.....	3
<i>А. М. Белокозьевский, Д. А. Искоркин</i> Разработка алгоритма поиска неисправностей в генераторных установках современных легковых автомобилей.....	16
<i>Е. А. Лебедев</i> Повышение эффективности эксплуатации грузового автомобильного транспорта на основе реструктуризации транспортно-логистических систем.....	22
<i>Д. А. Бондаренко, А. К. Соколов, А. Н. Чвала</i> Установка для исследования пар трения при воздействии магнитного поля.....	31

Технологические машины

<i>А. А. Пугачев</i> Анализ и систематизация методов и результатов определения температуры теплонагруженных узлов асинхронного тягового двигателя железнодорожного транспорта.....	39
<i>В. В. Кобищанов, А. И. Ивахин, Д. И. Петраков</i> Исследование влияния электрического тока на сцепление колеса локомотива с рельсом.....	50
<i>В. В. Лянденбургский, А. С. Иванов, Е. В. Кравченко</i> Совершенствование процесса диагностирования топливной системы дизельного двигателя.....	57
<i>О. А. Пивоваров</i> Экспериментальные исследования пропускной способности перфорированных выпускных клапанов газораспределительного механизма дизеля 14Д40.....	62

Безопасность движения и автомобильные перевозки

<i>Ю. А. Лукьянченко</i> Активная безопасность как основной фактор повышения безопасности дорожного движения.....	68
<i>О. В. Сорокина, Ю. В. Сорокина, В. В. Салмин</i> Классификация методов управления транспортными потоками при регулировании дорожного движения.....	78
<i>А. В. Липенков, О. А. Маслова, М. Е. Елисеев</i> О подходах к моделированию времени простоя автобусов на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта.....	84
<i>Э. Р. Домке, С. А. Жесткова</i> Особенности модели функционирования интегрированной системы развозки грузов.....	94

Образование и кадры

<i>А. Н. Новиков, Г. В. Букалова</i> Профессиональное мышление технического профиля как элемент образовательного нормирования.....	100
--	-----

Экономика и управление

<i>Д. В. Капский, А. И. Рябчинский, П. А. Пегин</i> Определение экономических потерь в дорожном движении на нерегулируемых пешеходных переходах в местах установки искусственных неровностей.....	103
<i>Ю.В. Родионов, М.Ю. Обишвалкин, В.А. Мигачев</i> Оценка эффекта эксплуатации грузовых автомобилей.....	113



The scholarly
journal

A quarterly review

№ 3(38) 2012

July-September

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.*

A.P. Lapin *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

V. N. Abramov, A. A. Chibisov, G. P. Novikov, V. B. Kasparov Method of the calculation of the voltages in rubber array internal full tilt "safe" car travel about	3
A. M. Belokovylsky, D. A. Iskorkin Development fault finding chart generator sets moderncar	16
E. A. Lebedev The raising of a cargo-transport operation effectiveness on the basis of a transport-logistic system restructure	22
D. A. Bondarenko, A. K. Sokolov, A. N. Chvala Installation for studying friction in pairs impact magnetic field	31

Technological Machinery

A. A. Pugachev Analysis and systematization methods and results determination of the temperature units thermally loaded asynchronous traction motor railway	39
V. V. Kobishanov, A. I. Ivakhin, D. I. Petrakov Investigation of the effect of electric current on the coupling locomotives wheels with the rails	50
V. V. Ljandenbursky, A. S. Ivanov, E. V. Kravchenko Improving diagnosis of diesel fuel system	57
O. A. Pivovarov Experimental studies of the bandwidth of a perforated exhaust valve timing mechanism of the diesel 14Д40	62

Road safety and road transport

Yu. A. Lukyanchenkov Active safety as a primary factor improving road safety	68
O. V. Sorokin, Yu. V. Sorokin, V. V. Salmin Classification of methods of management by transport streams at traffic regulation	78
A.V. Lipenkov, O. A. Maclova, M. E. Eliseev Approaches of simulation of buses' dwell times at the stops of the city transport	84
E. R. Domke, S. A. Zhestkova Features of model of functioning of the integrated system of razvozka of cargoes	94

Education and Personnel

A. N. Novikov, G. V. Bukalova Thinking of technical professional profile as an element of educational-valuation of	100
--	-----

Economics and Management

D. V. Capskiy, A. I. Ryabchinsky, P. A. Pegin Determination of economic losses in road traffic in unregulated pedestrian crossings at speed humps	103
Yu. V. Rodionov, M.Yu. Obshivalkin, V.A. Migachev Evaluation of the effect of operating trucks	113

УДК 629.113.012.3.001.24

В. Н. АБРАМОВ, А. А. ЧИБИСОВ, Г. П. НОВИКОВ, В. Б. КАСПАРОВ

МЕТОД РАСЧЕТА НАПРЯЖЕНИЙ В РЕЗИНОВОМ МАССИВЕ ВНУТРЕННИХ ОПОР «БЕЗОПАСНЫХ» АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС

В статье приведены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния внутренних опор «сплошного» типа, позволяющие определять максимальные значения напряжений и деформаций в резиновом массиве упругих внутренних опор «безопасных» автомобильных колес во всем диапазоне нагрузочных и размерных параметров колесного движителя.

Ключевые слова: метод расчета, внутренняя опора, «безопасное» колесо, напряженно-деформированное состояние, математические модели, движение автомобиля

При разработке конструкции любой шины и выборе материалов отдельных ее элементов необходимо знать, какие деформации и напряжения возникают в ней при работе в различных условиях. Методы расчетного определения этих параметров для разных видов нагружения шины разработаны еще недостаточно, хотя имеют и свои положительные подходы, а также практическое применение.

В основе этих методов лежат математические модели расчета шины при качении, подробно рассмотренные в работах [1-5].

Модель однослойной оболочки применительно к расчету пневматических шин наиболее полно описана в работах Бухина Б.Л. [4,5]. Основным достоинством данной модели является относительная простота расчетов. Из числа существенных недостатков, имеющих место при решении задач механики шин, можно отметить *невозможность учета функционирования всех элементов конструкции пневматической шины* (слоев каркаса, брекера, протектора, нитей корда и т.д.). Поэтому эта модель зачастую используется для решения задачи определения напряжений и деформаций при надувке воздухом пневматической шины, когда в расчетах отсутствуют внешние силы, действие которых во многом определяет уровень напряженно-деформированного состояния (НДС).

Частично особенности конструктивного исполнения шины при определении НДС позволяет учесть модель шины как *многослойной оболочки*. Наиболее полно вопросы расчета пневматической шины как многослойной оболочки рассмотрены в работах Бидермана В.Л. [3, 6].

По сравнению с моделью, основанной на теории безмоментных оболочек, указанная модель расчета шины имеет значительно *более сложный алгоритм расчета*, в котором учитывается взаимодействие не только слоев каркаса, брекера и протектора шины, а так же их свойства. Основными недостатками модели шины как многослойной оболочки является *невозможность учета таких значимых факторов, как особенности рисунка протектора, распределение тепловой энергии в материалах шины, взаимодействие резинового массива с нитями корда*.

В значительной степени этих недостатков лишен способ расчета шины, основанный на *методе конечных элементов (МКЭ)*. В настоящее время этот метод, известный в механике ранее, получил наиболее широкое распространение при расчете пневматических шин [7]. При этом шина виртуально разбивается на большое количество элементарных объемов (конечных элементов) в окружном и меридиональном направлениях, каждый из которых имеет свои свойства и взаимодействует с соседними элементарными объемами.

Поэтому он характеризуется большим количеством вычислений, расчет которых осуществляется на высокопроизводительных ЭВМ с помощью специализированных программ и, в основном, зарубежных (ABAQUS, ANSYS (США) и др.).

Результаты расчетов по всем описанным методам дают с определенной точностью величину деформации резинокордных слоев. От этой деформации зависят работоспособность шины (наработка в километрах до разрушения) и теплообразование. Теоретический расчет указанных важнейших характеристик без некоторых параметров в настоящее время невозможен, поэтому дополнительно требуется проведение динамических и усталостных испытаний резинокордных образцов, имитирующих конструкцию наиболее нагруженных зон шины, в условиях, приближенных к эксплуатационным.

Оригинальные модели и программные средства позволяют рассчитывать и воспроизводить на модельных резинокордных образцах те условия нагружения, которые получены при использовании всех трех описанных расчетных методов. Однако, применение указанных моделей расчетно-экспериментального прогнозирования работоспособности и теплообразования необходимо как **дополнение** к завершению процесса расчета пневматических шин «безопасных» колес, и особенно требуют значительной доработки для расчета внутренних опор с резинокордным массивом.

Существенным недостатком этих методов определения НДС в шинах является их ограниченная применимость к расчету внутренних опор «безопасных» колес. Так с помощью теории оболочек могут проводиться расчеты только шины «безопасных» колеса с утолщенной боковиной. Внутренняя опора, а также шины каркасного типа могут быть рассчитаны с помощью МКЭ. Однако их применение ограничивается необходимостью использования специализированных программ, а также трехмерных моделей для каждой конкретной опоры (шины). Учитывая дороговизну программ и сложность создания таких моделей, применение МКЭ для расчета внутренних дополнительных опор (ВДО) «безопасных» колес также не всегда возможно. Все эти методы, в основном, используются для расчета пневматических шин и не совсем приемлемы для шин с резинокордным массивом (опор «сплошного» типа, рис.1), так как не должны учитывать в нашем случае **нагруженность шины от внутреннего давления воздуха**, да и характер нагружения различен.



Рисунок 1 – «Безопасное» колесо с бескамерной пневматической шиной, разъемным ободом и внутренней опорой «сплошного» типа [8]

При качении шины в общем случае на нее воздействуют нагрузки, приложенные к ободу и силы взаимодействия с дорогой в площади контакта. В результате элементы шины испытывают циклические деформации, величина и характер которых зависит от условий нагружения шины при качении. К ним относятся: нагружение внутренним давлением (в нашем случае оно отсутствует), восприятие сосредоточенных сил при наезде на препятствие (это выходит за рамки наших исследований), остается лишь нагружение шины радиальной нагрузкой при качении по плоскости. Крутящий или тормозной моменты не оказывают существенного влияния на напряжение в элементах шины [9].

В связи с тем, что в нашем случае внутреннее давление воздуха в пневматической шине отсутствует и, тем более, нет его регулирования, постоянный прогиб шины осуществляется подбором материала (рецептуры) резинового массива («сплошной» опоры), соответ-

ствующего нагрузке на «безопасное» колесо. Поэтому мы ограничимся в исследовании рассмотрением зависимости деформаций **лишь от величины прогиба шины** [10].

Проведенные многочисленные исследования шин различных размеров и конструкций показали, что область значительных деформаций распространяется на 1/3 окружности шины (на 60° в обе стороны от середины площади контакта – рисунок 2, точки 2-3-4, 4-5-6), при этом деформации изменяются лишь при прохождении каждой точки шины нижней трети ее окружности, основные изменения деформации происходят в зоне 3-0-5 контакта шины с опорной поверхностью, а в сечении 4-4' достигает максимального значения.

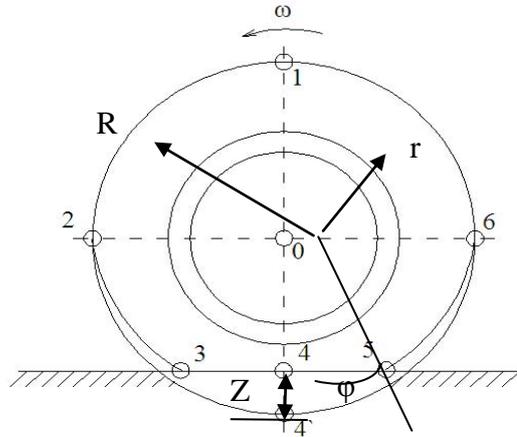


Рисунок 2 – Схема деформации колеса при его качении

Определить полностью деформированное состояние в какой-нибудь точке поверхности шины можно, зная величины линейных деформаций по крайней мере в трех направлениях: по меридиану (профилю), по окружности шины и по нити корда. Величину и направление главных линейных и угловых деформаций вычисляют по известным соотношениям теории упругости. Сравнивая деформации в окружном и меридиональном направлениях необходимо отметить, что они во всех точках разные по знаку: растяжению в меридиональном направлении соответствует сжатие в окружном, однако по абсолютной величине они близки друг к другу и в случае чистого сдвига их сумма равнялась бы нулю.

А если предположить, что нити корда по сравнению с резиновым массивом практически не деформируются, то можно считать, что вся деформация в шине возникает лишь за счет изменения размеров участков резины между нитями корда в слое и между слоями шины. Поэтому деформацию (ε) резины можно рассчитать по формуле [11]:

$$\varepsilon = \varepsilon_u \frac{t}{t-d}, \quad (1)$$

где: ε_u – измеренная деформация, %;

t – расстояние между нитями (шаг нитей), мм;

d – калибр нити, мм.

Из изложенного и на основании результатов, полученных в [11] следует, что преобладающими для резины являются **деформации сдвига** между нитями корда, **деформации сжатия** по боковине и **деформации растяжения и изгиба** по беговой дорожке.

При построении модели катящейся шины в данной работе принята *модель вязкого трения в ее материалах*. В ее основе лежат апробированные аналитические зависимости, описывающие процесс внутреннего трения [12-15] – прямую пропорциональность между силами внутреннего сопротивления и скоростью деформирования шины ($F = \mu \cdot \dot{Z}$). Но эти зависимости применялись, в основном, только при ее статическом обжатии и **не учитывали динамические колебания шины** в зависимости от степени ее нагружения и условий движения.

Исследование нагруженности шины в динамике позволит их дополнить взаимосвязями между параметрами конструкции шины и суммарной величиной сил неупругого сопротивления и получить косвенные данные для оценки ее свойств во всем диапазоне работы шины.

В общем случае при движении автомобиля при отсутствии давления воздуха в пневматической шине на внутреннюю опору «сплошного» типа (принимая внутреннюю опору [2,11], работающую как *жесткое кольцо* – беговая часть, на *упругом основании* – боковина) действуют следующие активные силы: сила тяги P_k , вес G_k , приходящийся на колесо, продольная сила F и касательная сила T (рис.3).

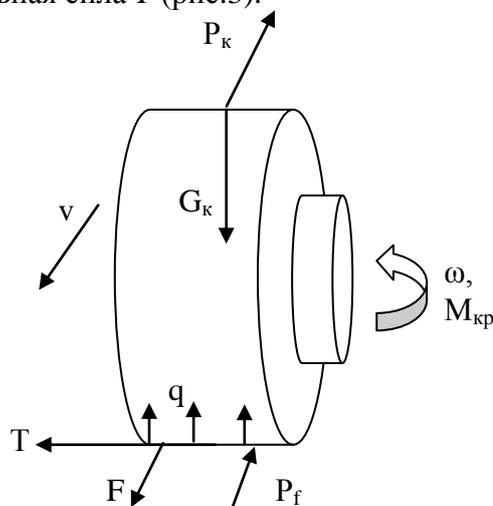


Рисунок 3 – Схема действия активных сил при качении «сплошной» внутренней опоры:

P_k - сила тяги, G_k - вес, приходящийся на колесо, T - касательная сила, F - продольная сила, P_f - сила сопротивления качению, N_1 – сила от приложения радиальной нагрузки

Касательная сила T при прямолинейном движении колеса отсутствует (имеет место только на поворотах) и не оказывает определяющего влияния на работоспособность опоры (при низких скоростях движения, исключая «подлом» опоры). В связи с этим влияние силы T на НДС опоры (на боковой изгиб) в данной работе не учитывался.

Каждая из указанных активных сил вызывает действие соответствующих реактивных сил, которые в случае равномерного движения равнозначны между собой.

Таким образом, внутренняя дополнительная опора подвергается совместному действию сжатия с нормальной силой G_k и кручения с моментом $P_k \cdot R$, где: R – радиус качения опоры. Такой вид нагружения определяет деформации, возникающие во внутренней опоре: деформацию сжатия на величину Z по вертикали, вызванную нормальной силой и окружную деформацию (закручивания вала колеса) на угол φ (рис.1), вызванную приложенным к опоре моментом.

Высокие нагрузки на опору (как результат сжимающей силы, так и крутящего момента), относительно небольшой модуль упругости резины и, как следствие большие деформации этого элемента конструкции, обуславливают малый ресурс опоры при движении автомобиля (без избыточного давления воздуха в пневматической шине и разрушении ее каркаса, рис. 4).

Как показывает опыт проведенных теоретических и экспериментальных исследований [6,16,17] разрушение массивных резинокордных и резиновых деталей (в рассматриваемом случае – опора) происходит как от действия напряжений, так и от температур в их внутренних слоях.

Высокие значения температур определяются величиной относительного гистерезиса в резине, который характеризует потери энергии деформации при однократном цикле обжатия опоры. Экспериментальным путем установлено, что для резины величина относительного гистерезиса составляет 7-8 %, то есть за один цикл деформации во внутреннюю энергию переходит 7-8 % подведенной энергии.



Рисунок 4 – Движение автомобиля ГАЗ-39371 на пневматической шине с ВДО «сплошного» типа (а) и дальнейший ее разрыв (б)

Поэтому одним из путей совершенствования конструкции внутренних опор является снижение уровня напряжений и температуры разогрева, а так же массы и относительной деформации, что положительным образом скажется на работоспособности «безопасного» колеса в целом.

Рассмотрим физические процессы, сопровождающие качение внутренней дополнительной опоры «сплошного» типа «безопасного» колеса автомобиля (рис. 5).

Здесь каждый элемент опоры можно представить как некоторую элементарную массу m_3 , связанную с ободом колеса пружиной, имеющей жесткость c_3 . В связи с особенностями упругих свойств материала опоры как при сжатии, так и при распрямлении ее элементов безвозвратно теряется часть энергии, затрачиваемой на процесс сжатия-растяжения. Эти потери можно охарактеризовать коэффициентом демпфирования K_3 , [18].

При входе в контакт элементы опоры деформируются в радиальном направлении. На части контактной площадки между входом в контакт (точка A) и серединой O_1 контактной площадки (набегающая область) они сжимаются. Для сжатия к ним должна быть приложена элементарная реакция ΔZ_n , величина которой тем больше, чем больше сжатие. На части контактной площадки, расположенной между серединой O_1 и точкой выхода B (сбегающая область) элементы опоры распрямляются, отдавая энергию, затраченную на их сжатие в набегающей области, и вызывают со стороны опорной поверхности реакцию ΔZ_c . Равнодействующие (N – в набегающей области, R – в сбегающей области) от этих сил вызывают перемещение ($a_{ш}$) площадки контакта по опорной поверхности.

Движение элемента опоры m_3 (массивной шины) может быть описано с помощью дифференциального уравнения:

$$m_3 \cdot \ddot{z} \pm \mu \cdot \dot{z} + c_3 \cdot z = N(R), \quad (2)$$

где: m_3 – элементарная масса, кг;

\ddot{z} – ускорение массы m_3 , м/с²;

\dot{z} – скорость массы m_3 , м/с;

μ – коэффициент сопротивления материала в шине, кг/с;

z – деформация шины, м;

c_3 – радиальная жесткость шины, Н/м.

Знаки «+» «-» перед вторым слагаемым уравнения (2) соответствуют случаям расчета в набегающей и в сбегающей ветви опоры. Различный знак определяется противоположным направлением скорости деформации в ее набегающей и сбегающей ветвей.

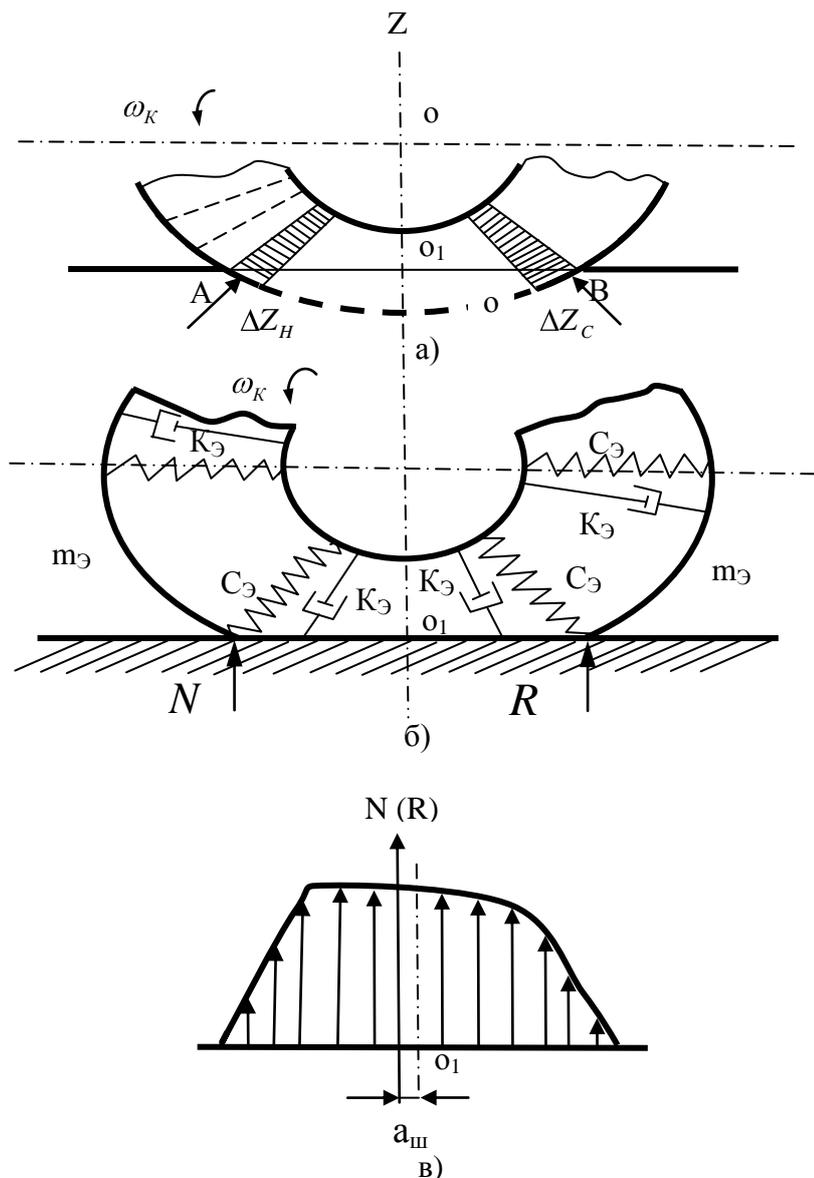


Рисунок 5 – Взаимодействие шины с опорной поверхностью:
 а) схема радиальной деформации; б) модель радиальной деформации; в) эпюра элементарных нормальных реакций в контакте

Принимая во внимание, что по закону Гука напряжение σ сжатия от радиальной силы в элементах опоры прямо пропорционально относительной деформации ϵ , а относительная деформация может быть выражена через абсолютную деформацию z , можно сделать вывод, что решение дифференциального уравнения (2) относительно z позволит в дальнейшем определить σ .

Исходя из теории сопротивления материалов [19] определение напряжений в резино-вом массиве при деформировании опоры и оценку напряженного состояния «безопасного» колеса проведем по формулам (3-8).

Напряжение кручения τ можно определить по формуле (3):

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_{\rho}}, \quad (3)$$

где: $M_{кр}$ – крутящий момент на колесе, Нм;

W_p - полярный момент сопротивления, м³.

Полярный момент сопротивления сечения для кольца равен (4):

$$W_p = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{R^3 - r^3}{8} = \frac{\pi(R^3 - r^3)}{256}, \quad (4)$$

где: R – внешний радиус опоры, м;

r – внутренний радиус опоры, м.

Тогда окончательно напряжение кручения будет равно (5):

$$\tau = \frac{256M_{кр}}{\pi(R^3 - r^3)}. \quad (5)$$

Формула для определения деформации при кручении имеет вид (6):

$$\lambda = \frac{M_{кр} B}{G_y J_p}, \quad (6)$$

где: B – ширина опоры, м;

G_y – модуль упругости второго рода, Па;

J_p – полярный момент инерции, м⁴.

В свою очередь полярный момент инерции равен (7):

$$J_p = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{16} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{512}. \quad (7)$$

Тогда деформация при кручении примет следующий вид (8):

$$\lambda = \frac{512M_{кр} B}{\pi G_y (D^4 - d^4)}, \quad (8)$$

Таким образом, при дополнительном учете напряжения и деформации сжатия по параметрам конструкции опоры может быть определено ее НДС. При этом были приняты следующие ограничения и допущения:

- качение опоры происходит по твердой (недеформируемой) опорной поверхности;
- коэффициент сопротивления материала опоры μ принят постоянным и независимым от ее конструктивного исполнения.

Первое допущение принято исходя из того, что при движении по деформируемой опорной поверхности значительная часть энергии расходуется на деформацию дороги. В случае твердой опорной поверхности имеют место наибольшие радиальные деформации опоры, а, следовательно, и более высокие напряжения.

Последнее ограничение связано с тем, что в данной работе не рассматриваются физико-механические свойства материалов опор. Влияние параметров опор на НДС оценивается только применительно к их конструктивному исполнению.

Учитывая эти допущения, решим дифференциальное уравнение (2) относительно деформации z . При этом рассмотрим случай расчета в набегающей ветви, для которой в исходном уравнении слагаемое μ положительно.

При решении уравнения (2) составим характеристическое уравнение:

$$m_3 \cdot x^2 + \mu \cdot x + c_3 = 0, \quad (9)$$

где: x – степенной коэффициент нелинейности деформации шины, характеризующий зависимость ширины петли гистерезиса (упругость резины) от максимальной деформации шины [20].

Решив это уравнения относительно x , получаем:

$$x_1 = \frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3}, \quad (10)$$

$$x_2 = \frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3}. \quad (11)$$

Найдем общее решение уравнения (9) деформирования шины, исходя из теории прочности Журкова С.Н. [21], характеризующей степенную функцию изменения напряжения во времени, в виде:

$$\bar{z} = c_1 e^{x_1 t} + c_2 e^{x_2 t}, \quad (12)$$

где: t – продолжительность нагруженности колеса, с.

Подставляя выражения (10) и (11) в формулу (12), получим:

$$\bar{z} = c_1 e^{\frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3} t} + c_2 e^{\frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3} t}, \quad (13)$$

или с учетом внешнего воздействия (N):

$$z(t) = c_1 e^{\frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3} t} + c_2 e^{\frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3} t} + \frac{N}{c_3}. \quad (14)$$

Постоянные коэффициенты c_1 и c_2 найдем из начальных условий: $z(0) = 0, \dot{z}(0) = 0$.

$$\begin{cases} z(0) = c_1 + c_2 + \frac{N}{c_3} = 0, \\ \dot{z}(0) = c_1 \frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3} + c_2 \frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{2m_3} = 0. \end{cases} \quad (15)$$

Используя систему уравнений (15) определяем постоянные коэффициенты c_1 и c_2 :

$$\begin{cases} c_1 = \frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}} - c_2, \\ c_2 \left(1 + \frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3c_3}}\right) + \frac{N}{c_3} = 0. \end{cases} \quad (16)$$

Окончательно получаем:

$$\begin{cases} c_1 = N \frac{\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{-2\mu c_3} = -\frac{N}{2c_3} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{4m_3 c_3}{\mu^2}}}\right), \\ c_2 = -\frac{N}{c_3 \left(1 + \frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}\right)} = -\frac{N}{c_3 \left(1 + \frac{1 + \sqrt{1 - \frac{4m_3 c_3}{\mu^2}}}{-1 + \sqrt{1 - \frac{4m_3 c_3}{\mu^2}}}\right)}. \end{cases} \quad (17)$$

Подставляя систему уравнений (17) в уравнение (14), получим частное решение исходного дифференциального уравнения (9):

$$Z(t) = -\frac{N \cdot e^{\frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{2m_3} t}}{2c_3} \left(\sqrt{1 - \frac{4m_3 c_3}{\mu^2}} + e^{\frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{2m_3} t} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4m_3 c_3}{\mu^2}}\right) \right) \quad (18)$$

Заметим, что слагаемое $e^{\frac{-\mu - \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{2m_3} t}$ при увеличении t стремится к нулю. Расчеты показывают, что в первом приближении при определении деформации выражение (18) может быть преобразовано следующим образом:

$$z(t) = N \sqrt{\frac{1}{4c_3^2} - \frac{m_3}{c_3 \mu^2}} \cdot e^{\frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{2m_3} t} \quad (19)$$

Это выражение связывает радиальную деформацию опоры с такими параметрами, как радиальная жесткость, масса (удельный вес), нагрузка на колесо, материал шины.

Для перехода к определению напряжений воспользуемся, как указывалось ранее, законом Гука:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (20)$$

где: E – модуль упругости материала, Па;

ε – относительная деформация образца (шины).

Относительная деформация, в свою очередь, определяется из выражения:

$$\varepsilon = \frac{Z}{R - r} \quad (21)$$

Таким образом, напряжение от сжимающей силы будет равно:

$$\sigma(t) = \frac{E}{R - r} Z = \frac{E}{R - r} N \sqrt{\frac{1}{4c_3^2} - \frac{m_3}{c_3 \mu^2}} \cdot e^{\frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{2m_3} t} \quad (22)$$

Тогда результирующее напряжение от сжатия и кручения принимает следующий вид:

$$\sigma_{рез}(t) = \sqrt{(\sigma(t))^2 + \tau^2} = \sqrt{\left[\frac{E}{R - r} N \sqrt{\frac{1}{4c_3^2} - \frac{m_3}{c_3 \mu^2}} \cdot e^{\frac{-\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_3 c_3}}{2m_3} t} \right]^2 + \left[\frac{256 M_{кр}}{\pi(R^3 - r^3)} \right]^2} \quad (23)$$

Выражение (23) представляет собой функциональную зависимость напряжения от времени нагружения элементов опоры. Это время характеризует режим движения колеса.

Очевидно, что максимальное значение напряжения будет наблюдаться при наивысшей скорости движения, при которой время t стремится к нулю ($e^0 = 1$). Тогда выражение для определения величины максимального результирующего напряжения (которое необходимо определить при расчете внутренней опоры на прочность, и которое определяет работоспособность опоры) примет вид:

$$\sigma_{рез}^{max} = \sqrt{\frac{E^2 N^2}{R-r} \left[\frac{1}{4c_s^2} - \frac{m_s}{c_s \mu^2} \right]^2 + \left[\frac{256M_{кр}}{\pi(R^3 - r^3)} \right]^2}. \quad (24)$$

Зависимость (8) позволяет определить величину окружной деформации опоры, возникающей при приложении крутящего момента.

Относительную деформацию сжатия при приложении радиальной нагрузки можно определить по (25):

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} = \frac{N}{R-r} \sqrt{\frac{1}{4c_s^2} - \frac{m_s}{c_s \mu^2}} \cdot e^{-\frac{\mu + \sqrt{\mu^2 - 4m_s c_s}}{2m_s} t}. \quad (25)$$

Тогда максимальная результирующая деформация сжатия равна:

$$\varepsilon^{max} = \int_0^{R-r} \frac{\sigma}{E} dR = \frac{\sigma(R-r)}{2E} = \frac{1}{2E} \sqrt{\frac{1}{4c_s^2} - \frac{m_s}{c_s \mu^2}}. \quad (26)$$

С помощью зависимостей (24, 26) можно определить влияние различных параметров конструкции «сплошных» внутренних опор на их напряженно-деформированное состояние, а также нагрузки на колесо и прилагаемого момента в процессе его движения.

Среди этих параметров можно выделить: массу (плотность) опоры, ее геометрические параметры (B, D, d, H), радиальную жесткость (C_v), и сопротивление материала резинового массива опоры (μ).

Таким образом, полученная математическая модель позволяет, задаваясь нагрузочными, габаритными, массовыми и другими параметрами «сплошных» опор расчетным путем определять максимальные значения напряжений и деформаций, возникающих в опорах при их качении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бидерман, В. Л. Автомобильные шины (конструкция, расчет, испытания, эксплуатация) [Текст] / В. Л. Бидерман. - М.: Госхимиздат, 1963.
2. Кнороз, В. И. Работа автомобильной шины [Текст] / В. И. Кнороз, Е. В. Кленников, И. П. Петров и др. - М.: Транспорт, 1967. - 237 с.
3. Бидерман, В. Л. Расчет формы профиля и напряжений в элементах пневматической шины, нагруженной давлением [Текст] / В. Л. Бидерман. - М.: НИИШП, 1957.
4. Бухин, Б. Л. Механика конструирования шин [Текст] / Б. Л. Бухин // Проблемы шин и резинокордных композитов. XVIII симпозиум. Том 1. - 2007.
5. Бухин, Б. Л. Введение в механику пневматических шин [Текст] / Б. Л. Бухин. - М.: Химия, 1988. - 224 с.
6. Бидерман, В. Л. Расчет резинометаллических и резинокордных деталей машин [Текст]: дис...д-ра. техн. наук. - М.: НИИШП, 1958.
7. Белкин, А. Е. Расчет шин радиальной конструкции как трехслойных ортотропных оболочек вращения [Текст] / А. Е. Белкин // Расчеты на прочность. 1989. Вып. 30. С.40-47.
8. Пат. 2291788 Российская Федерация. Колесо транспортного средства [Текст] / Абрамов, В. Н., Веселов И.В., Чистов М.П. и др.; опубл. 20.01.07.
9. Пугин, В. А. Влияние конструктивных параметров элементов покрышки пневматической шины на деформацию резины и корда [Текст]: дис...канд. техн. наук / Пугин В. А.. - М.: МВТУ им. Баумана, 1963.
10. Типовые испытания «безопасных» колес для изделия ГАЗ-39371»: отчет о НИР «Гидроген», шифр 4-0024, этап 10, инв. № 9217, 2004. - 257с.

11. Бидерман, В. Л. Экспериментальное исследование деформаций элементов покрышки пневматической шины [Текст] / В. Л. Бидерман, П. Х. Дрожжин, В. А. Пугин, В. Ф. Шавелева. – М.: Госхимиздат, 1957. – С. 5-15.
12. Лавендел, Э. Э. Модели, алгоритмы и программы, применяемые для расчета резинотехнических изделий [Текст] / Э. Э. Лавендел // Международная конференция, Киев, 10-14.10.1978.
13. Горелик, Б. М. Определение напряжений в резиновых технических изделиях методом фторупругости [Текст] / Б. М. Горелик, М. А. Майская // Материалы международной конференции Киев, 10-14.10.1978.
14. Мартыянова, Г. В. Вариационный метод расчета резино-металлических упругих элементов с определением касательных и нормальных напряжений [Текст] / Г. В. Мартыянова // Международная конференция, Киев, 10-14.10.1978.
15. Бидерман, В. Л., Жислин А.Я. Числовой расчет нелинейных характеристик резинотехнических упругих элементов [Текст] / В. Л. Бидерман, А. Я. Жислин // Международная конференция, Киев, 10-14.10.1978.
16. Абрамов, В. Н. Обеспечение сохраняемости и долговечности шин и резинотехнических изделий автомобильного транспорта [Текст] : дис. ...д-ра. экон.наук: / Абрамов Вячеслав Николаевич. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2006.- 671с. – Библиогр.: с.122-131, 251-313
17. Кнороз, В. И. Исследование рабочего процесса шин и колес и влияние их на топливную экономичность и проходимость автомобиля. Автореферат дис...докт. техн. наук. НАМИ, 1973. - 36 с.
18. Абрамов, В. Н. Влияние срока службы на эксплуатационные показатели автотранспортных средств. [Текст]: дис...канд. техн. наук /Абрамов Вячеслав Николаевич. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 1994.- 308с. – Библиогр.: с.52-58, 152-171.
19. Феодосьев, В. И. Соппротивление материалов [Текст] / В. И. Феодосьев. - М.: Наука, 1970. – 544с.
20. Яценко, Н. Н. Поглащающая и сглаживающая способность автомобильных шин [Текст] / Н. Н. Яценко. –М.: Машиностроение, 1978. – 130с.
21. Зуев, Ю. С. Разрушение эластомеров в условиях, характерных для эксплуатации [Текст] / Ю. С. Зуев. - М.: Химия, 1980. – 287 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, п. Горка, д. 7
Д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник
Тел.: +7(154)277720, +7(4959)966802
E-mail: tabakar456@mail.ru

Чибисов Андрей Александрович

Главное автобронетанковое управление Министерства обороны Российской Федерации - ГАБТУ МО РФ, помощник председателя Научно-технического комитета автомобильной техники - НТК АТ

Адрес: 111250, г. Москва, 1-ый Краснокурсантский проезд, 3/5 корпус 11
Аспирант кафедры «Автомобильный транспорт»
Тел.: +7(154)277720, +7(4959)966802
E-mail: tabakar456@mail.ru

Новиков Георгий Павлович

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, п. Горка, д. 7
Канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник
E-mail: georg-novik@mail.ru

Каспаров Владислав Борисович

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, п. Горка, д. 7
Начальник научного управления
Тел.: +7(267)687687, +7(495)9969116
E-mail: vladislav_2802@mail.ru

V. N. ABRAMOV, A. A. CHIBISOV, G. P. NOVIKOV, V. B. KASPAROV

METHOD OF THE CALCULATION OF THE VOLTAGES IN RUBBER ARRAY INTERNAL FULL TILT "SAFE" CAR TRAVELL ABOUT

In article are brought results of modeling tense-deformed conditions internal full tilt "utter" type, allowing define maximum importances of the voltages and deformation in rubber springy internal full tilt "safe" car travell about in all range loads and dimensioned parameter wheels.

Keywords: *method of the calculation, internal full tilt, "safe" wheel, tense-deformed condition, mathematical models, moving the car*

BIBLIOGRAPHY

1. Biderman, V. L. Avtomobil`nye shiny (konstruktsiya, raschet, ispytaniya, ekspluatatsiya) [Tekst] / V. L. Biderman. - M.: Goskhimizdat, 1963.
2. Knoroz, V. I. Rabota avtomobil`noy shiny [Tekst] / V. I. Knoroz, E. V. Klennikov, I. P. Petrov i dr. - M.: Transport, 1967. - 237 s.
3. Biderman, V. L. Raschet formy profilya i napryazheniy v elementakh pnevmaticheskoy shiny, nagruzhennoy davleniem [Tekst] / V. L. Biderman. - M.: NIISHP, 1957.
4. Bukhin, B. L. Mekhanikaikonstruirovaniyeshin [Tekst] / B. L. Bukhin // Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov. HVIII simpozium. Tom 1. - 2007.
5. Bukhin, B. L. Vvedenie v mekhaniku pnevmaticheskikh shin [Tekst] / B. L. Bukhin. - M.: Himiya, 1988. - 224 s.
6. Biderman, V. L. Raschet rezinometallicheskikh i rezinokordnykh detaley mashin [Tekst]: dis...d-ra. tekhn. nauk. - M.: NIISHP, 1958.
7. Belkin, A. E. Raschet shin radial`noy konstruktsii kak trekhsloynnykh ortotropnykh obolochek vrashche-niya [Tekst] / A. E. Belkin // Raschety na prochnost`. 1989. Vyp. 30. S.40-47.
8. Pat. 2291788 Rossiyskaya Federatsiya. Koleso transportnogo sredstva [Tekst] / Abramov, V. N., Vese-lov I.V., Chistov M.P. i dr.; opubl. 20.01.07.
9. Pugin, V. A. Vliyanie konstruktivnykh parametrov elementov pokryshki pnevmaticheskoy shiny na deformatsiyu reziny i korda [Tekst]: dis...kand. tekhn. nauk / Pugin V. A.. - M.: MVTU im. Baumana, 1963.
10. Tipovye ispytaniya "bezopasnykh" koles dlya izdeliya GAZ-39371": otchet o NIR "Gidrogen", shifr 4-0024, etap 10, inv. № 9217, 2004. - 257s.
11. Biderman, V. L. Eksperimental`noe issledovanie deformatsiy elementov pokryshki pnevmaticheskoy shiny [Tekst] / V. L. Biderman, P. H. Drozhzhin, V. A. Pugin, V. F. Shaveleva. - M.: Goskhimizdat, 1957. - S. 5-15.
12. Lavendel, E. E. Modeli, algoritmy i programmy, primenyaemye dlya rascheta rezinotekhnicheskikh izdeliy [Tekst] / E. E. Lavendel // Mezhdunarodnaya konferentsiya, Kiev, 10-14.10.1978.
13. Gorelik, B. M. Opredelenie napryazheniy v rezinovykh tekhnicheskikh izdeliyakh metodom ftoruprugo-sti [Tekst] / B. M. Gorelik, M. A. Mayskaya // Materialy mezhdunarodnoy konferentsii Kiev, 10-14.10.1978.
14. Mart`yanova, G. V. Variatsionnyy metod rascheta rezino-metallicheskikh uprugikh elementov s opredeleniem kasatel`nykh i normal`nykh napryazheniy [Tekst] / G. V. Mart`yanova // Mezhdunarodnaya konferentsiya, Kiev, 10-14.10. 1978.
15. Biderman, V. L., ZHislin A.YA. Chislovoy raschet nelineynykh kharakteristik rezinometallicheskikh uprugikh elementov [Tekst] / V. L. Biderman, A. YA. ZHislin // Mezhdunarodnaya konferentsiya, Kiev, 10-14.10.1978.
16. Abramov, V. N. Obespechenie sokhranyaemosti i dolgovechnosti shin i rezinotekhnicheskikh izdeliy avtomobil`nogo transporta [Tekst] : dis. ...d-ra. ekon.nauk. / Abramov Vyacheslav Nikolaevich. - M.: MGAU im. V.P. Goryachkina, 2006.- 671s. - Bibliogr.: s.122-131, 251-313
17. Knoroz, V. I. Issledovanie rabocheho protsessa shin i koles i vliyanie ikh na toplivnyuyu ekonomich-nost` i prokhdimost` avtomobilya. Avtoreferat dis...dokt. tekhn. nauk. NAMI, 1973. - 36 s.
18. Abramov, V. N. Vliyanie sroka sluzhby na ekspluatatsionnye pokazateli avtotransportnykh sredstv. [Tekst]: dis...kand. tekhn. nauk /Abramov Vyacheslav Nikolaevich. - M.: MGAU im. V.P. Goryachkina, 1994.- 308s. - Bibliogr.: s.52-58, 152-171.
19. Fedos`ev, V. I. Soprotivlenie materialov [Tekst] / V. I. Fedos`ev. - M.: Nauka, 1970. - 544s.
20. YAtsenko, N. N. Poglashchayushchaya i sglazhivayushchaya sposobnost` avtomobil`nykh shin [Tekst] / N. N. YAtsenko. -M.: Mashinostroenie, 1978. - 130s.
21. Zuev, YU. S. Razrushenie elastomerov v usloviyakh, kharakternykh dlya ekspluatatsii [Tekst] / YU. S. Zuev. - M.: Himiya, 1980. - 287 s.

Abramov Vyacheslav Nikolaevich

Research test centre (studies and prospects of the development of the car technology of Armed Power to Russian Federation) "Federal budgetary institution 3 Central research institutes Ministry of defense to Russian Federation" - NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, Bronnicy, Moscow area, p. Hutch, d. 7
Doctor of the technical sciences, professor, main scientific employee
Tel.: +7(154)277720, +7(495)9966802
E-mail: tabakar456@mail.ru

Chibisov Andrey Aleksandrovich

The Main car armored management Ministry of defense to Russian Federation - GABTU MO RF, assistant of the chairman of the Research committee of the car technology - NTK AT
(the graduate student of the pulpit "Car transport" VGOU VPO MGAU im. V.P. Goryachkina)
Address: 111250, Moscow, 1-yy Krasnokursantskiy journey, 3/5 bodies 11, sq. 135

Novikov Georgiy Pavlovich

Research test centre (studies and prospects of the development of the car technology of Armed Power to Russian Federation) "Federal budgetary institution 3 Central research institutes Ministry of defense to Russian Federation" - NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"
Address: 140170, Bronnicy, Moscow area, p. Hutch, d. 7
Assistant professor, leading scientific employee
E-mail: georg-novik@mail.ru

Kasparov Vladislav Borisovich

Research test centre (studies and prospects of the development of the car technology of Armed Power to Russian Federation) "Federal budgetary institution 3 Central research institutes Ministry of defense to Russian Federation" - NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"
Address: 140170, Bronnicy, Moscow area, p. Hutch, d. 7
Chief of scientific management
Tel.: +7(267)687687, +7(495)9969116
E-mail: vladislav_2802@mail.ru

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

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел.: +7 (4862) 43-48-90

анализа модели объекта, показанной на рисунке 1, пользуясь вышеизложенной методикой, составляют по ней таблицу отказов (табл. 1).

Таблица 1 – Первичная

S	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	1	0
3	1	1	1	0	1
	1	1	1	1	0

Из полученных данных таблицы 1 необходимо создать такую совокупность из ее граф, при которой бы обеспечивалась различимость (распознаваемость) неисправностей. Условие различимости неисправностей выполняется, если каждая строка таблицы отличается от остальных хотя бы одним значением X_j . Для рассматриваемого случая принимается: X_1 – параметр самой минимальной стоимости, а X_5 соответственно – максимальной.

Теперь минимизация состоит в последовательном наборе минимального количества параметров из этого ряда, начиная с X_1 пока не будет выполняться условие различимости.

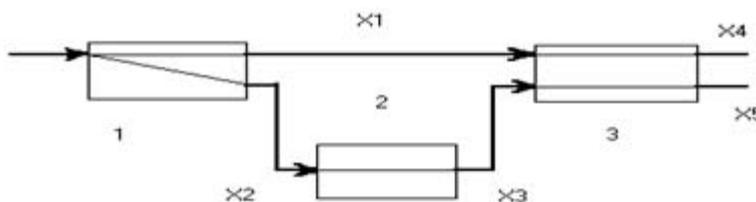


Рисунок 2 - Модель объекта диагностирования для составления таблицы отказов (неисправностей)

При минимизации таблицы 1 ее первую графу заносят без изменений в таблицу 2 (различимость первой строки). Далее внесение третьей графы таблицы 1 в таблицу 2 обеспечивает различимость второй строки, 3-я и 4-ая строки могут не различаться, т.к. соответствуют одному отказу (блок 3). После получения минимального количества граф минимизируют число символов (0, 1). Для этого в каждой строке оставляют минимальное количество символов, отличающих данную строку от строк с другими неисправностями (таблица 3).

Таблица 2 – Минимизация граф

S	X_1	X_3
1	0	0
2	1	0
3	1	1
	1	1

Таблица 3 – Минимизация символов

S	X_1	X_3
1	0	
2	1	0
3		1

Анализируя таблицу 3, делаем вывод:

- при получении сигнала $X_1 = 0$ – отказал блок 1;
- при получении сигнала $X_1 = 1, X_3 = 0$ – отказал блок 2;
- при получении сигнала $X_3 = 1$ – отказал блок 3.

Алгоритм рассмотренного класса является условным.

На рисунке 3 приведены наиболее распространенные схемы генераторных установок современных легковых автомобилей, имеющих в своем составе сигнальную лампу заряда аккумуляторной батареи, которая является дополнительным источником информации [1].

На основе анализа порядка срабатывания элементов строятся функциональные схемы (модели объектов диагностирования). При этом необходимо соблюдать следующие условия [2]: элементы определяются глубиной поиска неисправностей; каждый элемент должен иметь только один выход при произвольном числе входных сигналов; такие элементы, как контакты реле, соединительные провода, штепсельные разъемы и т.п. изображаются отдельно. Далее, формируются перечни комбинаций внешних признаков отказов и соответствующих им подмножеств возможных неисправностей, приведенные в таблице 4.

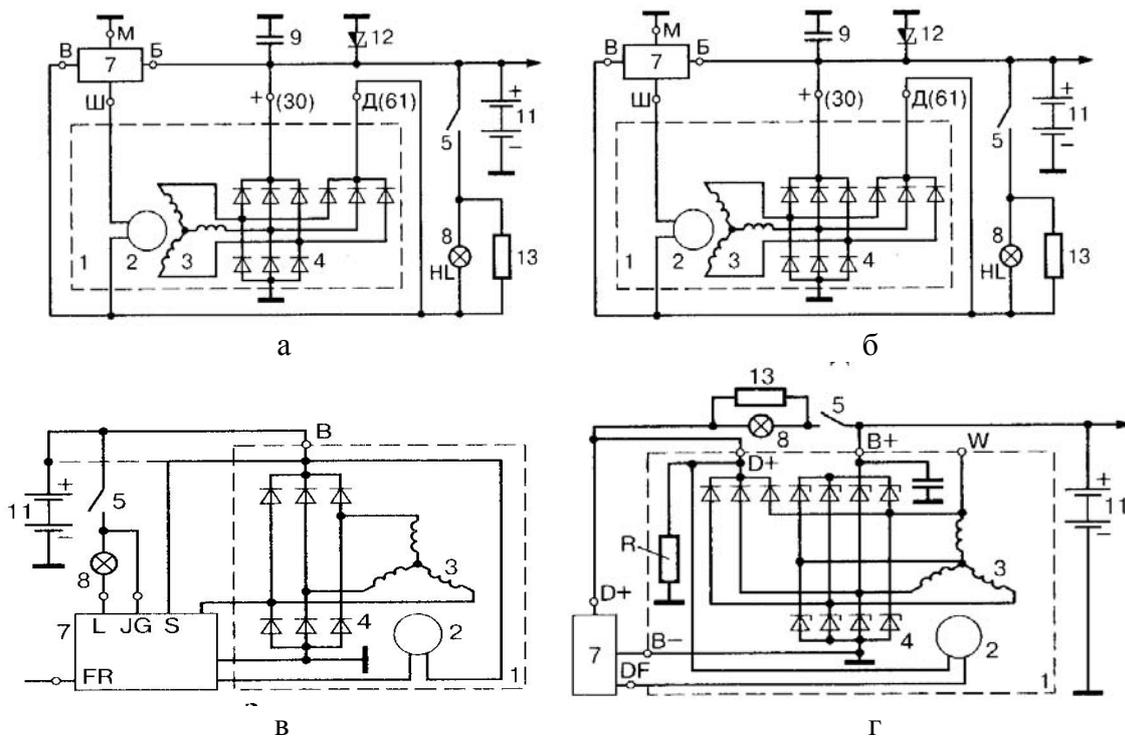


Рисунок 3 – Схемы генераторных установок

Таблица 4 – Отказавшие элементы и признаки их проявления

Номер состояния	Комбинация внешних признаков отказа	Подмножества возможных отказавших элементов
1	сигнальная лампа не загорается, контрольные приборы не работают	сигнальная лампа аккумуляторная батарея
2	сигнальная лампа горит, контрольные приборы работают, но заряда нет	комбинация приборов выключатель зажигания регулятор напряжения (кроме схемы «а»)
3	сигнальная лампа не гаснет	обмотка возбуждения обмотка статора дополнительный выпрямитель (схемы «б» и «в») реле выключения сигнальной лампы и его контакты (схема «а»)
4	сигнальная лампа загорается, гаснет и вновь загорается при работающем двигателе	обмотка возбуждения (схема «б»)

Признаком нормальной работы генераторной установки при проверке на функционирование является следующее состояние: при включении зажигания сигнальная лампа должна загореться, контрольные приборы работать, а после запуска двигателя сигнальная лампа должна погаснуть. При этом предполагается, что выполняются следующие технические требования:

- исправны предохранители;
- исправна зарядная цепь между генератором и аккумулятором;
- приводной ремень генератора не оборван и не пробуксовывает;
- выводы аккумуляторной батареи и наконечники стартерных проводов не окислены;
- двигатель имеет надежную электрическую связь с кузовом («массу»).

Для поиска неисправностей вручную, когда необходимо минимизировать время поиска используются вероятностные методы, учитывающие вероятности отказов элементов объекта. Для этих методов, как правило, модель объекта не строится, связи между элементами не учитываются, а используются следующие характеристики:

t_i – длительность проверки i -го элемента;

q_i – вероятность отказа i -го элемента ($p_i = 1 - q_i$);

p_i – вероятность безотказной работы i -го элемента.

Наиболее используемым является условие:

$$t_1/q_1 < t_2/q_2 < \dots < t_n/q_n,$$

где: индексы 1, 2, n - обозначают номера N, присвоенные элементам согласно очередности проверки. Метод «время-вероятность» заключается в том, что первым проверяется элемент с минимальной величиной вышеприведенного отношения, а далее в возрастающем порядке.

В настоящее время информация о вероятностях отказа (интенсивности отказов λ) большинства элементов систем отсутствует, поэтому для проведения расчетов можно предположить равнонадежность элементов ($p_1 = p_2 = \dots = p_n$).

Данные о трудоемкости выполнения диагностических операций тоже практически отсутствуют, потому в таблице 5 приведены трудоемкости разборочно-сборочных операций по отдельным элементам генераторной установки легковых автомобилей семейства ВАЗ [3].

Таблица 5 - Трудоемкости разборочно-сборочных операций

№ п/п	Наименование элемента	Трудоемкость снятия-установки, чел.-ч.
1	генератор в сборе	1,2
2	регулятор напряжения	0,35
3	комбинация приборов	0,24
4	аккумуляторная батарея	0,2
5	выключатель зажигания в сборе	0,45

Учитывая трудоемкость проверки и наличие простейших средств диагностирования для ее проведения, можно составить алгоритм диагностирования генераторных установок без демонтажа диагностируемых элементов, который показан на рисунке 4.

Перечень проверок при состоянии «сигнальная лампа не горит, контрольные приборы не работают»:

- проверяется сигнальная лампа на наличие напряжения на клеммах с помощью контрольной лампы. Один провод от контрольной лампы соединяют с корпусом автомобиля, а другой с клеммой «Б» сигнальной лампы и включают зажигание;

- проверяется аккумуляторная батарея. Контролируется напряжение под нагрузкой вольтметром или аккумуляторным пробником (нагрузочной вилкой) или даже подключением контрольной лампы (по интенсивности свечения). Если есть возможность, проверяется плотность электролита плотномером или денсиметром.

2. Перечень проверок при состоянии «сигнальная лампа горит, контрольные приборы работают, но заряда нет»:

- проверяется комбинация приборов на наличие напряжения на клеммах с помощью контрольной лампы. Один провод от контрольной лампы соединяют с корпусом автомобиля, а другой с клеммой «Б» любого прибора;

- проверяется выключатель зажигания - путем подключения контрольной лампы;

- проверяется бесконтактный регулятор напряжения путем подключения к аккумуляторным батареям по различным схемам с помощью контрольной лампы (мощность не более 30Вт). Регулятор сначала подключается к аккумуляторной батарее (напряжение 12В), а затем к источнику постоянного тока напряжением 16В. При исправном регуляторе напряжения в первом случае подключенная лампа должна гореть, а во втором – не должна [3].

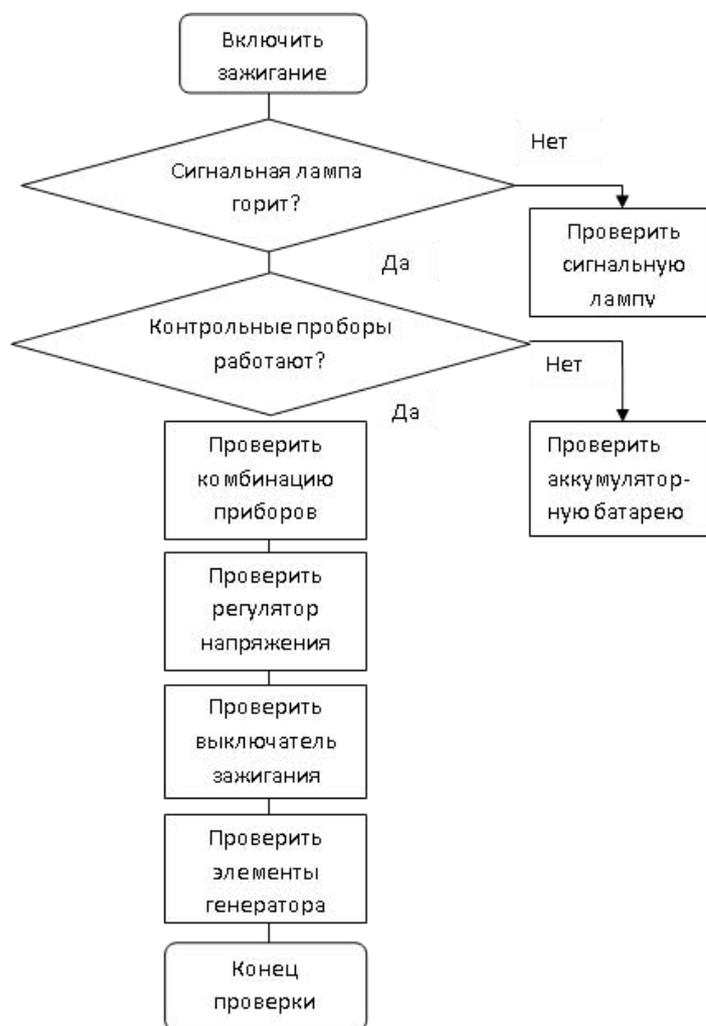


Рисунок 4 - Блок-схема поиска неисправностей в генераторной установке

3. Перечень проверок при состоянии «сигнальная лампа не гаснет»:

- проверяется реле выключения сигнальной лампы и его контакты (только схема «а»), путем подключения контрольной лампы;
- проверяется вся обмотка возбуждения на обрыв. Для чего отключается провод от вывода обмотки возбуждения, между кончиком отсоединенного провода и клеммой обмотки подключается последовательно контрольная лампа и включается зажигание. При исправной цепи возбуждения лампа будет гореть [3];
- проверяется дополнительный выпрямитель (схемы «б» и «в») при отсоединенных проводах от генератора и регулятора напряжения. Если контрольная лампа, соединенная с плюсовым выводом батареи и клеммой «61» генератора горит, то блок неисправен [3];
- проверяется статор, путем поочередного подключения вольтметра к двум радиаторам выпрямительного блока генераторов с выпрямительным блоком типа ВБГ или к головкам болтов крепления выпрямительного блока генераторов с выпрямительными блоками типа БПБ. Если измеряемое напряжение неодинаково, то это указывает на неисправность обмотки статора [3].

4. При состоянии: «сигнальная лампа загорается, гаснет и вновь загорается» - это говорит об обрыве обмотки возбуждения (схема «б»).

Разработанный алгоритм и перечень проверок дают возможность проводить диагностирование генераторной установки легкового автомобиля человеку, без специальной подготовки, с минимальными затратами времени и труда, с использованием общедоступных средств контроля, без демонтажа диагностируемых элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов, С. В. Электрооборудование автомобилей [Текст]: учебник для вузов / С. В. Акимов, Ю. П. Чижков. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2001. – 384 с.
2. Белоковылский, А. М. Поиск неисправностей в электрооборудовании автомобилей [Текст]: учеб. пособие / А.М. Белоковылский. - Пенза: ПГУАС, 2006. - 38 с.
3. РД 03112178-1023-99 Сборник норм времени на техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей марки ВАЗ-2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, ВАЗ-21213, 2129, 2131 и их модификаций.
4. Тимофеев, Ю. Л. Электрооборудование автомобилей: устранение и предупреждение неисправностей [Текст] / Ю. Л. Тимофеев, Н. М. Ильин, Г. Л. Тимофеев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. - 301 с.

Белоковылский Александр Михайлович

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Тел.: +7(412)498330

E-mail: dekauto@pguas.ru

Искоркин Денис Андреевич

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

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

Студент четвертого курса специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»

Тел.: +7(412)498330

A. M. BELOKOVYLSKY, D. A. ISKORKIN

DEVELOPMENT FAULT FINDING CHART GENERATOR SETS MODERN CAR

Algorithm of disfunctions search in generator units of modern automobiles was developed on the analyses basis of electrical schemes, formation of technical systems functional schemes and application of "time-probability" method. It allows to make diagnostics with minimal expenditures of time and labour using general means of control without demounting the researched element by a person without special training.

Keywords: reliability, disfunction search, diagnostics, damage, testing.

BIBLIOGRAPHY

1. Akimov, S. V. Elektrooborudovanie avtomobiley [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / S. V. Akimov, YU. P. Chizhkov. - M.: ZAO KZHI "Za rulem", 2001. - 384 s.
2. Belokovyl'skiy, A. M. Poisk neispravnostey v elektrooborudovanii avtomobiley [Tekst]: ucheb. posobie / A.M. Belokovyl'skiy. - Penza: PGUAS, 2006. - 38 s.
3. RD 03112178-1023-99 Sbornik norm vremeni na tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont legkovykh avtomobiley marki VAZ-2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, VAZ-21213, 2129, 2131 i ikh modifikatsiy.
4. Timofeev, YU. L. Elektrooborudovanie avtomobiley: ustranenie i preduprezhdenie neispravnostey [Tekst] / YU. L. Timofeev, N. M. Il'in, G. L. Timofeev. - 4-e izd., pererab. i dop. - M.: Transport, 1994. - 301 s.

Belokovylsky Alexander Mihajlovich

Penza State University of Architecture and Construction

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Candidate. Technical. Sciences, Associate Professor of "Operation Road Transport"

Tel.: +7 (412) 498330

E-mail: dekauto@pguas.ru

Iskorkin Dennis Andreevich

Penza State University of Architecture and Construction

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Fourth-year student majoring "Automobiles and automobile industry"

Tel.: +7 (412) 498330

Е. А. ЛЕБЕДЕВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Автором изложены особенности современного состояния грузового автомобильного транспорта в составе перевозочного комплекса региона. Обоснована необходимость проведения комплексных инновационных исследований направленных на повышение эффективности эксплуатации грузового автомобильного транспорта на основе реструктуризации транспортно-логистических систем. Приводятся основные этапы исследования и результаты практического использования выполненных разработок.

Ключевые слова: Логистическая система, стратегия, эксплуатация, транспортный процесс, регион, моделирование, эффективность, реструктуризация, исследование, результаты.

Становление рыночных отношений в экономике страны создало рыночную среду, через которую стали замыкаться логистические потоки предприятий перевозочного комплекса (ПК) и, которая, стала оказывать решающее воздействие на объёмы и величину грузовых потоков работающих предприятий. Создалась ситуация, когда технологии рыночных взаимоотношений, как инструментарий для достижения бизнес целей, отторгаются (не воспринимаются) или просто не могут быть реализованы структурами директивной (дориночной) экономики, но все ещё существующими в том или ином виде, изменив лишь свою организационно-правовую форму.

В то же время перевозочные технологии директивной (дориночной) экономики вообще не могут рассматриваться как инструментарий для достижения конечной цели бизнес структур.

Рост численности грузового автомобильного подвижного состава и перевозчиков различных форм собственности вызывает необходимость создания транспортно-логистических систем перевозочного комплекса способных не только воспринимать и использовать в «своей» работе новые рыночные технологии, но и генерировать их с учетом их же внутренних потребностей в реальном режиме времени.

Методология реструктуризации транспортных звеньев предполагает оптимальный уровень интеграции перевозчиков в состав грузовой транспортно-логистической системы и структуры управления с обоснованной степенью централизации и использования самостоятельности ее элементов.

Недостаточность теоретико-методологических и научно-практических положений для формирования региональных грузовых транспортно-логистических систем вызывает необходимость проведения комплексных инновационных исследований с применением экономико-математических методов и имитационного моделирования, направленных на повышение эффективности эксплуатации грузового автомобильного транспорта на основе реструктуризации транспортно-логистических систем. Это вызвало необходимость решения ряда задач.

Новая форма экономики отрасли транспорта – рынок, стала основой изменения сущности уже существующих понятий, провозглашения самостоятельности его участников, снижения роли управляющей системы и повышения роли управляемой, возникновения новых понятий в теории транспорта - таких как: рынок транспортных услуг, региональный рынок транспортных услуг, регулирование транспортной деятельности, логистические структуры, логистические технологии, логистика перевозочной деятельности, логистические системы и другие.

Отсутствие единой методологии в этом вопросе приводит к тому, что рост численности транспортных средств всех форм собственности не является следствием расчетной и фактической потребности в них определенного транспортного пространства, что не способ-

ствуется повышению их провозных способностей и не учитывает пропускную способность и перспективу развития автотранспортных коммуникаций.

В практических задачах формирования транспортно-логистических систем в последние годы активно распространяется новый логистический подход - интегральный. Этот подход отражает новое понимание организации автоперевозочного бизнеса, где: отдельные фирмы, организации или системы рассматриваются, как некоторые центры логистической активности, прямо или косвенно связанные в едином интегральном процессе управления материальным и транспортным потоком.

Интегральный подход представляет ситуационную и комбинационную перспективу при организации бизнеса как на внутрифирменном (микроуровне), так и на различных макроуровнях, например, региональном, международном и т.д. Поэтому данный подход принят в качестве методологической основы.

В качестве инструмента для научного исследования полученной статистической выборки был использован метод факторного анализа, цель которого – выявить наиболее значимые факторы, оказывающие совокупное влияние на конечные результаты работы обслуживаемого автомобильным транспортом строительного производства. Используемый метод позволил установить взаимозависимость показателей характеризующих процесс автоперевозок, провести их ранжирование, выявить взаимосвязь и закономерности их изменения.

Полученные факторные структуры анализируемых показателей позволили установить, что увеличение численности активной части основных производственных фондов без совершенствования организационных структур, методов и технологии управления их работой, в том числе и транспортным процессом, снижает уровень использования этих фондов.

Основные функции управления элементами транспортно-логистической системы (автопредприятиями, грузоотправителями, грузополучателями и т.д.) реализуются управленческим персоналом, который объединяется в отдельные группы и другие подразделения различных уровней управления.

Организационной формой процесса управления является структура системы, от качества которой во многом зависит эффективность функционирования всей системы.

Характер организационной системы управления определяется задачами, которые призвана решать система (подсистема), а также условиями работы ее элементов.

В настоящее время накопленный опыт проектирования организационных структур позволяет выделить три подхода к решению этой задачи: нормативно-функциональной, функционально-технологической и системно-целевой, которые не являются взаимоисключающими, но имеют ряд принципиальных отличий.

Однако, системно-целевой подход наиболее перспективен. Он может использоваться для действующего и вновь проектируемого предприятия, поскольку позволяет в наиболее полной форме учесть в структуре целей и функций управления предполагаемые внешние и внутренние условия работы.

Организационная структура, как часть системы реализующей логические технологии грузоперевозок, должна отвечать особенностям конкретного объекта управления его деятельности. Возникновение рыночной среды, изменение существующих информационных и материальных связей – способствует быстрому изменению условий, из чего может следовать изменение организационной структуры объекта управления.

Реализовать принятые принципы управления позволяет сравнительный анализ иерархических структур с использованием информационного подхода, и доказать влияние формы структуры на реализацию принципов «централизации-децентрализации» управления.

При этом методология формирования целей и функции структуры управления транспортно-логистической системой должна быть основана на концепции, учитывающей внешнюю среду и целеполагание. Она должна учитывать необходимость пересмотра целей и функций в связи с переходом системы на производство новых видов конечного продукта с учетом их жизненного цикла.

В качестве продуктов отражения действительности должна использоваться эмпирическая, логическая и прагматическая информация.

Одной из проблем, связанных с решением конкретных задач анализа существующей системы управления и разработки предложений по ее совершенствованию, является правильное определение информации, необходимой при исследовании. Использование числовых данных производственно-технологического либо экономического (основные экономические показатели) характера позволяет получить объективные модели работы транспортно-логистических систем (например зависимость экономических показателей от производственно-технологических). Однако, при анализе особенностей работы системы управления, в перечисленных числовых параметрах, как правило, содержится слишком мало информации для выявления характерных особенностей работы этой системы управления и анализа ее недостатков. В этих случаях для большинства производственно-экономических и транспортно-логистических систем управления используется информация экспертного характера, полученная путем использования каждого эксперта независимо от остальных или при совместном обсуждении экспертами анализируемого явления и формирования коллективной точки зрения.

Учитывая особенности сбора экспертной информации, в данной работе была разработана методика формирования экспертных комиссий, которая опирается на следующие основные принципы:

- количество экспертных комиссий должно быть не меньше числа существенно различных точек зрения по исследуемому вопросу;
- в комиссию должны включаться эксперты точки зрения которых достаточно близки, с достаточно низким показателем конфликтности и каждый из которых считается компетентным в пределах своей комиссии.

Для моделирования транспортно-технологического процесса использовались основные положения теории массового обслуживания. Объект управления в целом рассматривается как взаимосвязанная сеть системы массового обслуживания (СМО).

Сеть СМО, соответствующая объекту исследования, представлена несколькими элементами:

- автотранспортное предприятие (перевозчик);
- грузообразующий объект (ГО);
- грузопоглощающий объект (ГП);
- дорога.

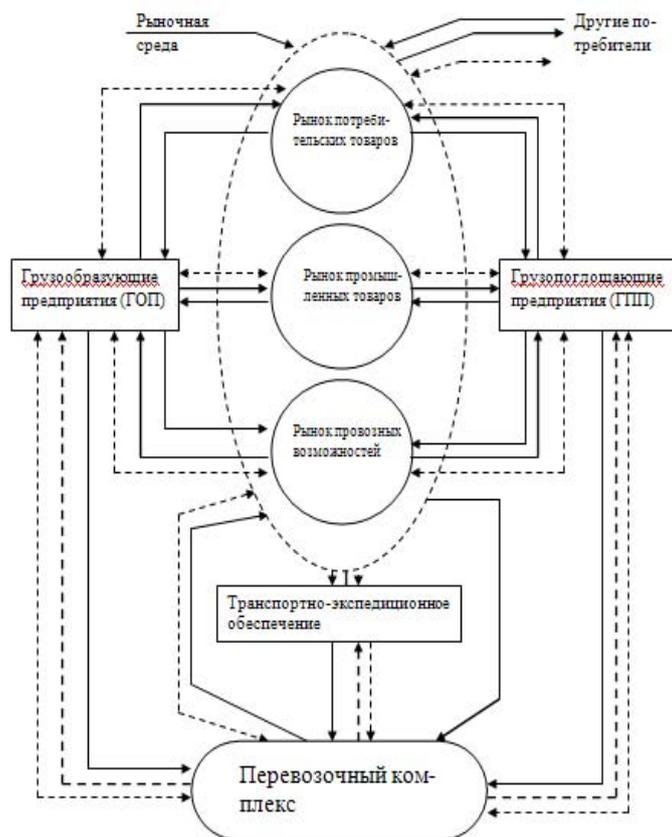
Рассматриваемая сеть СМО является замкнутой, поскольку она представляет из себя совокупность центров обслуживания и фиксированного числа заявок, циркулирующих между центрами обслуживания, не покидая системы и переходя из одного центра обслуживания в другой. При этом автомобили, выходящие на линию в рассматриваемой сети СМО, отождествляются с заявками, а АТП (перевозчик), грузообразующие и грузопоглощающие объекты – с центрами обслуживания. Функциями обслуживания, выполняемыми перевозчиком, являются:

- подготовка к выпуску автомобилей на линию,
- прием автомобилей с линии,
- проведение различных технических мероприятий, направленных на поддержание автотранспортных средств в исправном состоянии.

Каждый элемент системы характеризуется определенной функциональной закономерностью описываемой математически.

Имитация может использоваться для предварительной проверки новых стратегий и правил принятия решений перед проведением эксперимента в реальной системе. Задача оценки адекватности имитационной модели сводится к проверке гипотезы о том, что фактически выполненное по графику или сменно-суточному заданию количество ездов и число аналогичных ездов в имитационной модели имеют один и тот же закон распределения.

Переход к современным отношениям способствует появлению рыночной среды, которая влечет за собой объективную необходимость изменения производственной структуры, переориентировки направлений материальных, финансовых и информационных потоков. Изменение структур и направлений логистических потоков требует оценки с точки зрения их состояния и эффективности их функционирования в условиях рынка.



Потоки перевозочных автоуслуг (АУ):

- Материальные потоки
- - - - - Информационные потоки
- Денежные потоки

Рисунок 1 - Концептуальная схема модели синтеза транспортно-логистической системы региона

При этом можно выделить три составляющие, с которыми взаимодействуют «продавцы-покупатели»:

- рынок потребительских товаров;
- рынок промышленных товаров;
- рынок провозных возможностей.

Взаимодействие происходит через логистические, то есть материально-финансово-информационные потоки. Предложенная модель приведена на рисунке 1.

Возникшие новые отношения в ТЛСР фактически являются фактором стабилизирующим систему и элементом ее регулирующим, значительно повышающим ее устойчивость в целом. Объясняется это тем, что рынки, являются буферами между входными и выходными потоками предприятий. Наличие буфера в любой системе создает запас устойчивости, что выгодно отличает разработанную модель синтеза ТЛСР, в которой обрыв любого потока не приводит к нарушению функционирования системы. Таким образом, возникла проблема эффективной перестройки логистических потоков перевозочного комплекса и систем по их организации.

Поэтому предложено замкнуть связи в приведенной технологической цепи на дополнительный блок - базовую фирму.

Для формирования структуры управления транспортно-логистическими процессами региона предложена конкретная схема формирования организационной структуры системы управления транспортным обеспечением логистики региона, состоящей из шести основных этапов. Новая структура формируется из прежней, которая не в состоянии решать новые задачи, иницируемые изменившейся внешней средой. Поэтому этапы не следуют строго друг за другом, а информационно и технологически взаимосвязаны.

Для исключения указанных недостатков предложена схема реструктуризации предприятия перевозочного комплекса.

При разработке концепции системы управления непосредственное воздействие оказывают внешняя среда прямого и косвенного воздействия. В то же время разработанный вариант концепции может быть скорректирован после выполнения второго и третьего этапов, и после выполнения каждого из них. Задача рационализации взаимосвязи транспортно-логистических процессов решается путем разработки структуры (дерева) целей и на основе концепции системы, учитывающей взаимодействие с внешней средой и целеполагание.

Основным условием формирования грузовой транспортно-логистической системы региона является наличие функционирующей сети каналов, по которым должно осуществляться движение материальных потоков. Вне зависимости от наличия проблемы нерационального использования имеющейся сети или возможности возникновения этих проблем в перспективе, организация работы всех подсистем (b_j), включающих в себя элементы (a_i) - участников подсистем, может строиться по единому алгоритму ГТЛС:

$$\sum_{j=1}^m \Delta b_j < f \sum_{j=1}^m \Delta b_j, \quad (1)$$

$$f \sum_{j=1}^m \Delta b_j = f(S), \quad (2)$$

где: a_i – элемент подсистемы – участник перевозочного процесса;

b_j – подсистема ТЛС ($b_j = \sum_{i=1}^n a_i$);

Δb_j – степень вхождения в создаваемую систему S подсистемы b_j ($\Delta b_j = b_j \cap S$);

S – ТЛС;

i – порядковый номер элемента подсистемы;

n – количество i -ых элементов подсистемы;

j – порядковый номер подсистемы в ТЛС;

m – количество j -ых подсистем.

Для решения проблемы согласованной работы грузового терминала и участников перевозочного процесса определенного вида груза в условиях растущих объемов грузовых потоков, необходима алгоритмизация работы всех элементов в составе подсистем для консолидации функционирования этих подсистем в составе интегрированной транспортно-логистической системы.

Целостность этой системы должна рассматриваться не как самоцель ее создания и работы, а как необходимое условие достижения определенного системного уровня функционирования, обеспечивающего рационализацию взаимосвязей транспортных и логистических процессов и направлений, а также эффективность работы с конкретными грузопотоками. Это условие может быть выполнено только при соблюдении каждым взаимодействующим элементом общесистемных интересов, которые в свою очередь должны коррелировать с собственными интересами каждого элемента, входящего в систему. В противном случае работа системы не сможет обеспечить желаемых уровней эмерджентности, устойчивости и адаптивности – то есть тех свойств, которыми должны обладать транспортно-логистические системы.

На основе разработанной имитационной модели, были решены следующие задачи:

- оценено взаимное влияние факторов, приводящих к отклонениям при выполнении плана автоперевозок;

- выделены факторы, оказывающие максимальное влияние на перевозочный процесс;
- выделены основные управляющие воздействия и определено соответствие их действующим возмущениям;
- оценена способность организационной структуры и технологии управления обеспечить реализацию основных управляющих воздействий.

При решении указанных задач в имитационную модель были заложены характеристики реального объекта – процесса перевозки автомобильным подвижным составом раствора бетона.

Для количественной оценки значимости факторов, оказывающих отрицательное влияние на протекание перевозочного процесса, проводилось моделирование следующих ситуаций:

- выполнение плана в условиях одновременного воздействия всех возмущений;
- выполнение плана при локализации одного из возмущающих факторов;
- выполнение плана при локализации двух возмущающих факторов.

Результаты моделирования приведены на рисунках 2 и 3, из которых видно, что:

- факторы f_1 и f_3 практически не оказывают влияния друг на друга;
- факторы f_2 и f_3 оказывают незначительное влияние друг на друга;
- факторы f_1 и f_2 оказывают сильное влияние друг на друга, поскольку их совместное воздействие значительно увеличивает суммарное количество отказов (невыполненных ездов) по сравнению с ситуациями, когда эти факторы действуют в отдельности.

Результаты эксперимента подтвердили целесообразность внесения изменений в технологию управления перевозочным процессом и структуру управления им. При этом, экспериментальные исследования подтвердили полученные данные теоретическим путем.

Изменение порядка выдачи заданий водителям структуры управления перевозочным процессом на интегрированном системном уровне перевозчиков и обслуживаемых строительных организаций позволило повысить производительность работы автомобилей за смену на 20-25%.

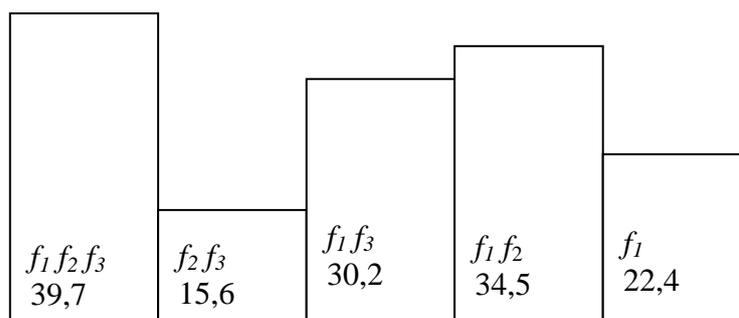


Рисунок 2 - Процент несвоевременно выполненных ездов от общего числа плановых ездов при воздействии соответствующих факторов в различных сочетаниях

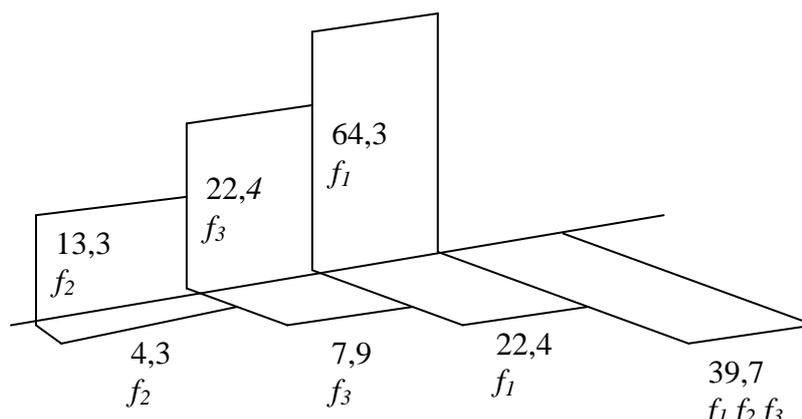


Рисунок 3 - Процент несвоевременно выполненных ездов от общего количества несвоевременно выполненных и плановых ездов при воздействии факторов в отдельности

На основе полученных экспериментальных и теоретических данных разработана математическая модель логико-динамических систем (ЛДС) для управления грузовой транспортно-логистической системы с переменной структурой, так как исследование проблем оптимального управления ЛДС представляет теоретический интерес, поскольку рассматриваемые задачи отличаются от классических задач оптимального управления, а методы их решения отсутствуют.

Состояние детерминированной ТЛС в фиксированный момент времени задается вектором состояния, а траектория изменения оптимизируемых параметров управления, влияющих на эффективность работы системы, описывается дифференциальными уравнениями. Одной из основных целей при обеспечении эффективного функционирования рассматриваемой системы является выработка оптимальных соотношений между ростом экономических показателей, характеризующих работу ТЛС и параметрами качества окружающей среды, при этом учитывается скорость достижения цели и стоимость подключения дополнительных структур, обеспечивающих процесс доставки груза.

Данная цель находит свое отражение в мультипликативном критерии оценки эффективности функционирования ТЛС:

$$G(r, x, q) = \frac{\Pi(x, x_0) \Delta \Pi(x, x_0)}{(C + E_n K) z(r, q)} \rightarrow \max_{r, x, q} \quad (3)$$

где: $\Pi(x, x_0)$ - часть прибыли заказчика доставки МР, поступающая в бюджет региона;

$\Delta \Pi$ - прирост прибыли в ТЛС и заказчика доставки в связи с приростом капиталовложений в ТЛС для изменения ее структуры;

C - эксплуатационные затраты;

E_n - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений;

K - сумма капитальных вложений;

x_0 - вектор объемов производства в базисном (выбранном для сравнения) периоде;

x - выпуск продукции заказчиком в рассматриваемом периоде;

r - параметр(ы), используемый(е) регионом для управления загрязнением окружающей среды;

q - объем выбросов отходов в окружающую среду;

$z(r, q)$ - некомпенсированные ТЛС издержки, связанные с ущербом, нанесенным внешней и окружающей средам.

Влияние на уровень эффективности функционирования заказчика осуществляется за счет максимизации отношения роста прибыли его производства к величине некомпенсированных затрат, необходимых для ликвидации эколого-экономического ущерба нанесенного внешней и окружающей средам, т.е. максимизации функции вида:

$$G_O(r, x, q) = \frac{\Pi(x, x_0)}{z(r, q)} \rightarrow \max_{r, x, q} \quad (4)$$

Критерием функционирования ТЛС как подсистемы, обеспечивающей нормальную работу заказчика, принят показатель эффективности приведенных затрат

$$\frac{\Delta \Pi(r, x, q)}{(C + E_n K)} = \frac{c(x) - z_1(x) - z_2(x, q) - p(r, q)}{(C + E_n K)}, \quad (5)$$

где: $c(x)$ - выручка ТЛС от доставки МР для обеспечения выпуска заказчиком продукции x ;

$z_1(x)$ - производственные затраты;

$z_2(x, q)$ - непроизводственные затраты ТЛС на утилизацию отходов.

Эта функция учитывает, что утилизируются отходы в размере $q - q_n(x)$.

Показатель $z(r, q)$ рассматривается в качестве критериального для подсистемы «окружающая среда».

$$z(r, q) = \bar{z}(q) - p(r, q), \quad (6)$$

где: $\bar{z}(q)$ - затраты, которые необходимо осуществить региону в связи с выбросами в окружающую среду отходов в размере q .

По сравнению с классической проблемой рассматриваемая задача отличается дополнительными рекуррентными уравнениями, описывающими управляющее звено ТЛС, которое взаимодействует с внешней и окружающей средами, а также наличием в критерии качества штрафных слагаемых за переключения исполнительской части ТЛС и превышение установленного норматива загрязнения окружающей среды. Определяющим фактором в критерии (3) является выходной параметр $x(t)$.

Обоснованность вышеизложенных теоретико-методологических положений и полученных результатов работы, их научная, практическая и экономическая значимость подтверждаются внедрением основных разработок при формировании звеньев региональных грузových транспортно-логистических систем на четырех предприятиях Краснодарского края и Республики Адыгея с получением годового экономического эффекта в размере 35 млн. руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, Е. А. Факторный анализ результатов укрупнения грузовых автопредприятий [Текст] / Е. А. Лебедев // Грузовое и пассажирское автохозяйство. - 2009. - № 8. - с. 26 - 29.
2. Лебедев, Е. А. Потребность рыночной среды в новых транспортных структурах [Текст] / Е. А. Лебедев // ВИНТИ РАН «Транспорт: наука, техника, управление». - 2010. - № 3. - С. 38 - 40.
3. Лебедев, Е. А. Исходная и модернизированная модель перевозочного звена региона [Текст] / Е. А. Лебедев // ВИНТИ РАН «Транспорт: наука, техника, управление». - 2010. - № 5
4. Лебедев, Е. А. Стратегические цели формирования интегрированных транспортных систем [Текст] / Е. А. Лебедев // ВИНТИ РАН «Транспорт: наука, техника, управление». - 2011. - № 9. - С. 55 - 57.
5. Корчагин, В. А. Математическая модель управления грузовыми транспортно-логистическими системами с переменной структурой [Текст] / В. А. Корчагин, С. А. Ляпин, Е. А. Лебедев, Ю. Н. Ризаева // ВИНТИ РАН «Транспорт: наука, техника, управление». - 2011. - № 12.
6. Лебедев, Е. А. Транспортное обеспечение логистики региона [Текст] / Е. А. Лебедев // ВИНТИ РАН «Транспорт: наука, техника, управление». - 2012. - № 1.

Лебедев Евгений Александрович

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»

Адрес: 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, корпус «В» (2 этаж, ауд. 215)

Канд. техн. наук, доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения

Тел.: +7(612)758619

E-mail: tan_kon@mail.ru

E. A. LEBEDEV

THE RAISING OF A CARGO-TRANSPORT OPERATION EFFECTIVENESS ON THE BASIS OF A TRANSPORT-LOGISTIC SYSTEM RESTRUCTURE

The autor of the article shows the special features of cargo-transport modern state in the region transport complex. It is given the need of making a combined innovation research wich will be directed to the raising of a cargo-transport operation effectiveness on the basis of a transport-logistic system restructure. The autor gives results of practical usage of the made work.

Keywords: logistic system, strategics, operation, transport process, region, design, effectiveness, restructure, research, results.

BIBLIOGRAPHY

1. Lebedev, E. A. Faktornyy analiz rezul'tatov ukрупneniya gruzovykh avtopredpriyatiy [Tekst] / E. A. Lebedev // Gruzovoe i passazhirscoe avtokhozyaystvo. - 2009. - № 8. - s. 26 - 29.
2. Lebedev, E. A. Potrebnost' rynochnoy sredy v novykh transportnykh strukturakh [Tekst] / E. A. Lebedev // VINITI RAN "Transport: nauka, tekhnika, upravlenie". - 2010. - № 3. - S. 38 - 40.
3. Lebedev, E. A. Iskhodnaya i modernizirovannaya model' perevozochnogo zvena regiona [Tekst] / E. A. Lebedev // VINITI RAN "Transport: nauka, tekhnika, upravlenie". - 2010. - № 5
4. Lebedev, E. A. Strategicheskie tseli formirovaniya integrirovannykh transportnykh sistem [Tekst] / E. A. Lebedev // VINITI RAN "Transport: nauka, tekhnika, upravlenie". - 2011. - № 9. - S. 55 - 57.
5. Korchagin, V.A. Matematicheskaya model' upravleniya gruzovymi transportno-logisticheskimi sistemami s peremennoy strukturoy [Tekst] / V. A. Korchagin, S. A. Lyapin, E. A. Lebedev, YU. N. Rizaeva // VINITI RAN "Transport: nauka, tekhnika, upravlenie". - 2011. - № 12.
6. Lebedev, E. A. Transportnoe obespechenie logistiki regiona [Tekst] / E. A. Lebedev // VINITI RAN "Transport: nauka, tekhnika, upravlenie". - 2012. - № 1.

Lebedev Evgenij Aleksandrovich

FGBOU VPO "Kuban State Technological University"

Address: 350072, Krasnodar, ul. Moscow, 2, block "B" (2nd floor, Rm. 215)

Candidate. Technical. sciences, assistant professor of organization of transport and traffic

Tel.: +7(612)758619

E-mail: tan_kon@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 «Государственный университет-УНПК»,
302030, г. Орел, ул. Московская, 65
www.gu-unpk.ru*

УДК 629.42

Д. А. БОНДАРЕНКО, А. К. СОКОЛОВ, А. Н. ЧВАЛА

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАР ТРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Приведены общие сведения по влиянию магнитного поля на трибологические характеристики пар трения. Разработана экспериментальная установка для их исследования.

Ключевые слова: установка, трибологические характеристики, пара трения, магнитное поле.

Экспериментальные исследования процессов, происходящих в контакте колеса с рельсом, проводят на катковых стендах, в реальных условиях эксплуатации и на лабораторных установках. При применении лабораторных исследований легче соблюсти принцип, сформулированный В.Д. Кузнецовым [7]: «Задача научного исследования и заключается в том, чтобы исследовать явление не во всей сложности, а в упрощенном виде, когда из всех влияющих на это явление факторов изменяется только один, а остальные остаются неизменными».

В работе [12] указывается, что около 50% описываемых в международном журнале "Wear" испытаний, проведенных в течение 13 лет, было осуществлено на лабораторных установках и лишь 17% - на реальных деталях машин. Это подтверждает важность лабораторных исследований, тем более, что в настоящее время разработаны мощные средства анализа поверхностей трения, позволяющие исследовать структуры систем, изменяя свойства материалов под воздействием внешних факторов и процессов изнашивания. В общем виде модель трибосистемы показана на рисунке 1.

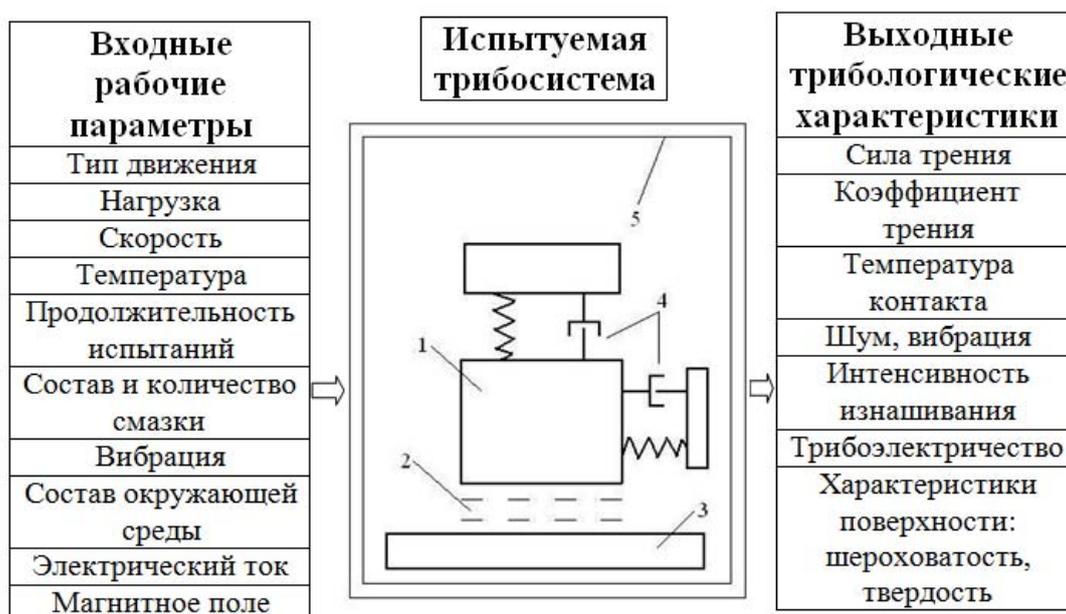


Рисунок 1 - Модель трибосистемы:

1,3 – элементы пары трения, 2 – окисные пленки, смазочный материал (третье тело), 4 – упруго-диссипативные связи, 5 – окружающая среда

Выделение системы позволяет, во-первых, найти ей место в системной иерархии в качестве подсистемы и, во-вторых, уменьшить число элементов и соответственно факторов, влияющих на поведение трибосистемы, считая несущественными те факторы, которые оказывают незначительное влияние на функционирование и взаимосвязи элементов системы.

Еще в 1845 г. Фарадей исследовал влияние магнитного поля на ряд веществ, и после многих экспериментов он написал: «Теперь мы можем считать, что все вещества подвержены действию магнитных сил так же, как действию гравитации, электрических сил и сил

сцепления. Однако все тела не проявляют такого магнетизма, который характерен для железа» [21]. Е. Герберт в 1926 г. описал эффект изменения свойств ферромагнитных материалов и их субкультур при воздействии внешнего магнитного поля [24, 25]. Физическая природа эффекта магнитного поля в области контакта металлических тел в настоящее время не имеет общего объяснения. Так ряд авторов рассматривают влияние магнитного поля на мартенситное превращение в стали с точки зрения термодинамического расчета [6, 20].

Авторы работы [14, 15] объясняют увеличение стойкости работы режущего инструмента результатом магнитоэрикции и магнитодисперсионного твердения стали.

Некоторые гипотезы исходят из наличия магнитного поля в зоне трения. Авторы работы [1] предполагается, что причиной изменения свойств намагниченного инструмента могут быть процессы электромагнитной индукции. В работе [3] предполагается, что повышение долговечности намагниченных деталей обусловлено взаимодействием возбужденных молекул водорода, появляющихся в зоне контакта трущихся поверхностей, с магнитным полем, что позволяет обеспечить быстрый отвод молекул и атомарного водорода из зоны контакта [16, 17].

В работах [16, 17] указывается, что при воздействии магнитного поля изменяется расположение точечных дефектов, приводящее к возникновению диполей. Взаимодействие магнитного поля с диполями приводит к распаду дефектных комплексов.

В работе [4, 5] высказано предположение, что при трении намагниченных деталей в условиях граничной смазки снижение скорости изнашивания может быть связано с улучшением свойств смазочных материалов под действием магнитного поля.

Японские исследователи Hayashi S., Takahashi S., Yamamoto M. [23] отметили, что переменное магнитное поле облегчает пластическую деформацию, и связали этот эффект с особенностями ферромагнитных материалов.

В статье [22] рассматривалось влияние переменного магнитного поля на трение и износ ферромагнитной стали ХС48. Магнитное поле создавалось переменным током частотой 50 Гц. Эксперименты проводились для скользящего контакта сталь по стали. При изменении напряженности магнитного поля от 0 до 8 кА/м происходило увеличение коэффициента трения с 0,16 до 0,23. Кроме того отмечается, что происходит уменьшение износа, возрастает микротвердость, увеличивается трибоокисление поверхностей трения под действием внешнего магнитного поля.

Введение в зону контакта магнитного поля по мнению авторов [9] позволяло несколько (до 22%) увеличить коэффициент сцепления колеса с рельсом. Это увеличение авторы связывают с приростом давления колеса на рельс, а также с физическими явлениями, происходящими на поверхности трения. При этом не уточняется, какие именно явления происходят в зоне контакта. Авторы считают, что затраты меди на создание магнитного поля не окупят столь незначительное повышение коэффициента сцепления.

Тем не менее, изучение влияния магнитного поля на поверхность трения представляет интерес в теоретическом аспекте и сфере приложения к инженерным задачам. Известен магнитоэриксический эффект [11], суть которого заключается в ослаблении взаимодействия дислокаций с препятствиями. Данный эффект проявляется в изменении: скорости макроскопического течения в поверхностном слое; ползучести; предела текучести; внутреннего трения. Однако до настоящего времени отсутствует исчерпывающее объяснение этого эффекта.

В работе [2] приводятся результаты исследования по определению трибологических характеристик пары трения колесо-рельс при воздействии внешнего постоянного магнитного поля. Отмечается, что коэффициент трения возрастает с увеличением напряженности магнитного поля. Наблюдалось некоторое улучшение поверхности контакта, в частности снижение шероховатости. Установлено, что воздействие электромагнитного поля в зависимости от уровня напряженности и состояния промежуточной среды может происходить как упрочнение фрикционных связей, так и их разупрочнение.

В работе [8] анализируются точки зрения ряда авторов по влиянию различных факторов на процесс сцепления колес с рельсами. Рассматриваемые факторы были разбиты по их значимости на три группы: главные, существенные, несущественные. Указывается, что выполненная ранжировка факторов является достаточно условной. Одной из причин является наличие не привлекающей в данный момент внимания исследователей не совсем изученных факторов из-за трудностей их теоретического и экспериментального анализа. Так в число несущественных факторов входит электрический ток, протекающий через контакт. Однако в работе [19] приводятся результаты испытаний электровозов ВЛ22М и ВЛ23, которые показали, что при работе двигателей с током 250А коэффициент сцепления равен 0,25, а при токе 500А – 0,49. О влиянии внешнего магнитного поля на процессы, происходящие в зоне контакта металлических тел вообще не упоминается.

В работе [10] отмечается, что возможности технологии магнитно-импульсной обработки заключаются в том, что при упрочнении деталей можно варьировать не только напряженностью поля, но и полярностью, продолжительностью и амплитудой импульсов, а также временем выдержки после обработки, что подчеркивается в некоторых случаях после магнитной обработки и выдержки необходимо размагничивание, которое, как правило, не уменьшает эффекта магнитного упрочнения.

Исследование и оценка явлений, происходящих в трибосопряженных металлических телах (например, колесо-рельс) подверженных воздействию таких факторов как магнитострикция, внешнее магнитное поле (постоянное, переменное, импульсное), ток (постоянный, переменный, импульсный), проходящий через контакт, действующих как отдельно, так и в разных сочетаниях, потребовали разработать опытную установку, общий вид которой изображен на рисунке 2.

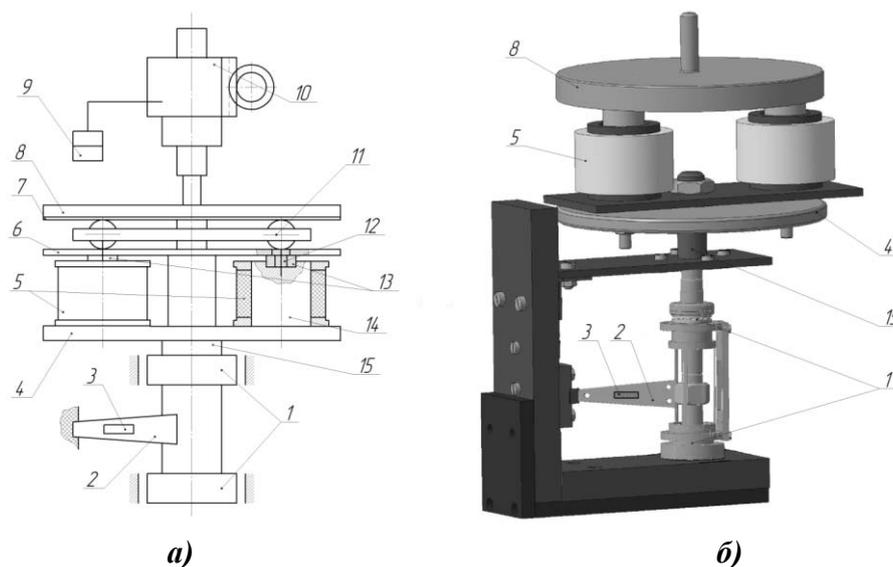


Рисунок 2 - Установка для исследования трибологических характеристик пары трения при воздействии магнитного поля:

а) при виде трения - качения, б) при виде трения - скольжения

Установка собрана на базе сверлильного станка. На вал 15, содержащий два подшипниковых узла 1, установлен опорный диск 4, на котором расположены катушки 5. Катушки 5 расположены на обоймах 14 образцов 13. Над цилиндрическими образцами 13 установлен нижний дисковый образец 6, на котором располагается индентор 11, состоящий из шарико-подшипников, равномерно расположенных по окружности сепаратора. В центре сепаратора имеется отверстие, посредством которого он надевается на вал 15. Между валом 15 и сепаратором установлена изоляционная втулка. В патрон сверлильного станка 10 вставлена текстолитовая оправка с держателем 8 и сменным испытуемым диском 7. Вертикальная нагрузка задается устройством 9. Питание электродвигателя станка осуществляется от статического

преобразователя частоты, что позволяет плавно изменять окружную скорость держателя 8 в широких пределах.

Для измерения силы трения (коэффициента трения) на вал 15 через изоляционную прокладку укреплен тензобалочка 2 с тензодатчиком 3. Для определения температуры в зоне контакта трущихся поверхностей в образцах 13 и диска 6 установлены термомпары. Образцы выполнены из бандажной стали марки 60.

Установка позволяет проводить испытания при двух видах трения: скольжения и качения со скольжением. В первом случае с вала 15 снимается дисковый образец 6 и индентор 11 (рис. 2 б). Во втором случае вместо обойм 14 с образцами 13 устанавливаются держатели, между верхними торцами которых и нижним торцом диска 6 создается незначительный воздушный зазор. На держатели укрепляются электромагнитные катушки 5.

При исследовании влияния магнитострикционных процессов на характеристики пар трения образцы 13 предварительно намагничивались в магнитном поле соленоиде. Напряженность магнитного поля при полюсном намагничивании определялась по выражению [13]:

$$H = 78 \frac{1,256 \cdot n \cdot I}{\sqrt{l^2 + D^2}}, \text{ А/м}$$

где: I - сила тока, А;

n - число витков соленоида, шт.;

l - длина соленоида, см;

D - средний диаметр витков соленоида, см.

Намагничивание образцов 13, изготовленных из бандажной стали, происходило в диапазоне магнитной индукции насыщения $B \in [1,42 - 1,50] \text{ Т}$ при напряженности $H \in [12 \cdot 10^3 - 15 \cdot 10^3] \text{ А/м}$ [17].

При исследовании влияния внешнего магнитного поля на трибологические характеристики пары трения использовались электромагнитные катушки 15. Для создания постоянного магнитного поля использовалась аккумуляторная батарея; переменного поля различной частоты - статический преобразователь; импульсного магнитного поля - конденсаторная батарея емкостью 600-800 мкФ.

Пропускание магнитных силовых линий через зону контакта в режиме трения качения осуществляется следующим образом: магнитное поле проходит через первый держатель катушки 5, воздушный зазор, нижний диск 6, шарики индентора 11, верхний диск 7, шарики индентора, нижний диск 6, воздушный зазор, второй держатель катушки 5, опорный диск 4 (рис. 2, а).

В режиме трения скольжения магнитные силовые линии проходят через первую обойму 14 с образцом 13, верхний диск 7, вторую обойму с образцом 13 и опорный диск 4.

Для измерения силы трения (коэффициента трения) используется 6-ти проводная мостовая схема, изображенная на рисунке 3.

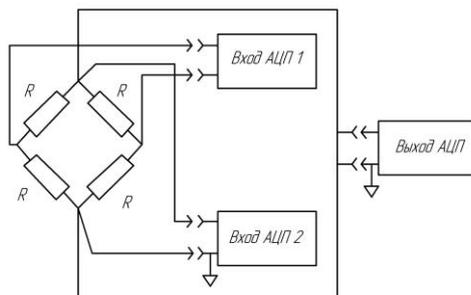


Рисунок 3 – Схема подключения тензометрических датчиков

Для осуществления данной схемы подключения требуются два входных канала аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Первый канал на рисунке 3 обозначен как «Вход 1 АЦП» применяется для измерения напряжения возбуждения

$$U_{\text{возб}} = U_{\text{ген}} + U_{\text{помх}}$$

где: $U_{\text{ген}}$ - напряжение генератора, при постоянном токе или действующее напряжение генератора при переменном токе генератора;

$U_{\text{помх}}$ - напряжение наведенных электродвигателем или электромагнитными катушками помех.

Следует отметить, что $U_{\text{возб}}$ должно измеряться непосредственно на схеме включения, что особенно важно при использовании длинных проводов, так как в этом случае при удалении точки измерения напряжение наведенных помех падает. Этот факт следует учитывать при использовании разъемов, позволяющих осуществить измерение $U_{\text{возб}}$ непосредственно на разъеме, в таком случае $U_{\text{возб}} = U_{\text{ген}}$. Помехозащищенность схемы в таком случае будет минимальна. Второй канал АЦП на (рис. 3) обозначен как «Вход 2 АЦП» используется для замера суммарного напряжения $U_{\text{сум}}$ непосредственно на измерительной части моста, при этом $U_{\text{сум}} = U_{\text{ген}} + U_{\text{помх}} + U_{\text{цзм}}$. После того, как данные по обоим каналам сняты, происходит вычисление разницы между значениями напряжений $U_{\text{сум}}$ и $U_{\text{возб}}$ при этом происходит выделение величины измерительного сигнала $U_{\text{цзм}} = U_{\text{сум}} - U_{\text{возб}}$.

Важную роль в уменьшении влияния помех в измерительной схеме играет измерительный контур (рис. 4). Для создания помехозащищенного тензометрического контура необходимо условно разделить выводы датчиков на правый - «П» (+) и левый - «Л» (-) (рис. 4, а), а затем, при включении их в мостовую схему (рис. 4, б), необходимо соединять левый вывод одного датчика с левым выводом другого, а правый с правым. Таким образом, образуется контур, в котором ЭДС, наведенные в разных частях контура, будут иметь противоположные направления и одинаковые величины, а соответственно исключать друг друга. Сигналы от тензодатчиков подаются непосредственно на устройство сборки данных LA-2 USB производства ЗАО «Руднев-Шиляев», которое подключено к ЭВМ.

Известно, что коэффициент трения при изменении температуры может падать, возрастать и даже проходить через один или два минимума. Измерение температуры в точках контакта образцов производится с помощью термопар, расположенных в непосредственной зоне соприкасающихся тел.: В этом случае важно поддерживать температуру свободных концов постоянной, так как изменение ее приводит к ошибкам. Из всех известных способов (ванны с таящим льдом, термостаты и т.п.), наиболее удобным является способ автоматической компенсации изменения температуры свободных концов. На рисунке 5 представлена схема, иллюстрирующая способ автоматической компенсации температуры свободных концов.

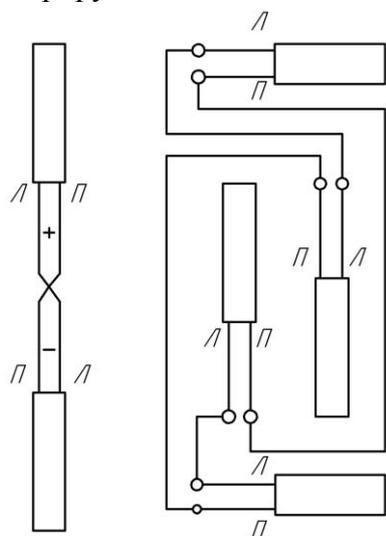


Рисунок 4 - Схема помехозащищенного тензометрического контура:

а - подключение двух датчиков со знаками наведенных помех; б- подключение помехозащищенных датчиков

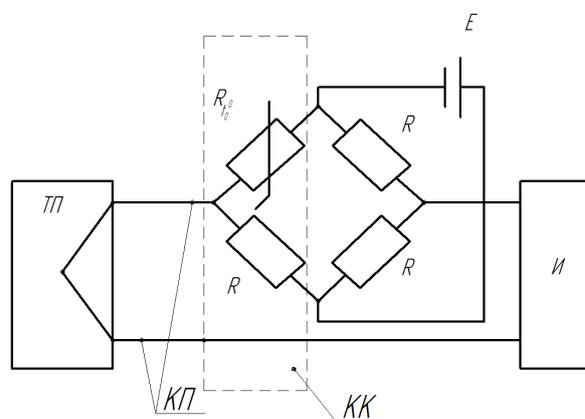


Рисунок 5 - Схема компенсации температуры термопары

Последовательно с термопарой ТП включен мост R, в одном из плеч которого находится терморезистор R_{τ_0} . Выходное напряжение моста пропорционально температуре свободных концов термопары, поскольку R_{τ_0} располагается непосредственно в месте распайки свободных концов. Это напряжение вычитается из ЭДС термопары, в результате чего обеспечивается автоматическая компенсация температуры свободных концов.

Свободные концы термопар были распаяны на специальных колодках КК. В качестве подводных проводов используются компенсационные провода КП. Сигналы от термопар поступают на измеритель И, состоящий из АЦП и компьютера. Питание схемы осуществляется от стабилизированного источника Е.

Выше проведенный анализ публикаций показывает наличие противоречий в объяснении принципов действия магнитоотрицательности, внешнего магнитного поля на трибологические характеристики пар трения, отсутствия единой теории объясняющей сущность явлений, протекающих в зоне трения при воздействии магнитного поля. Таким образом, возникла необходимость и актуальность в разработке лабораторной испытательной установки, позволяющей проводить целый комплекс испытаний и мониторинг процессов в зоне трения, подверженной влиянию магнитного поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабеков, М. Г. Сборник материалов по итогам НИР механического ф-та Ташкентского института [Текст] / М. Г. Балабеков, М. И. Черноглазов, А. М. Усманов, С. В. Беликевич. - вып. 83. - Ташкент, 1982. - С. 4-6.
2. Воробьев, Д. В. Улучшение функциональных характеристик пары трения колесо-рельс за счет воздействия на контакт электрического тока и магнитного поля [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Брянск, 2005. - 21с.
3. Гаркунов, Д. Н. О природе повышения износостойкости деталей и инструмента магнитной обработкой. Трение и износ [Текст] / Д. Н. Гаркунов, Г. И. Суранов, Г. Б. Коптяева. - Том 3, №2, 1982. - С. 327-330.
4. Галей, М. Т. Некоторые особенности эксплуатации намагниченного режущего инструмента. Магнитная обработка режущего инструмента и перспективы дальнейшего развития этого метода [Текст] / М. Т. Галей. - М., 1978. - С.18-20
5. Галей, М. Т. Повышение стойкости режущих инструментов путем магнитной обработки [Текст] / М. Т. Галей // Станки и инструмент. - 1973. - № 5. - С. 31.
6. Кривоглаз, М. А. Физика металлов и металловедение [Текст] / М. А. Кривоглаз, В. Д. Садовский. - Вып. 4, 1964. - С. 18, 502.
7. Кузнецов, В. Д. Физика твердого тела [Текст] / В. Д. Кузнецов. - Т. 4. - Томск: Красное знамя, 1947. - 39 с.
8. Лужнов, Ю. М. Сцепление колес с рельсами (природа и закономерности) [Текст] / Ю. М. Лужнов. - М.: Интекст, 2003. - 144с.
9. Лужнов, Ю. М. Влияние магнитного поля на механизм взаимодействия колес и рельсов [Текст] / Ю. М. Лужнов, А. П. Прунцев // Труды МИИТ. - 1975. - вып.480.
10. Малыгин, Б. В. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин [Текст] / Б. В. Малыгин. - М.:Машиностроение, 1989. - 112 с.
11. Моргунов, Р. Б. Спиновая микромеханика в физике пластичности [Текст] / Р. Б. Моргунов // УФН, Т. 174, №2, 2004. - С. 131-151.
12. Мур Основы и применение триботехники [Текст] / Изд-во Мир, 1978. - 488 с.
13. Неразрушающий контроль металлов и изделий [Текст]: справочник / под ред. Г. С. Самойловича. - М.: Машиностроение, 1976. - 153 с.
14. Постников, С. Н. Некоторые физические аспекты магнитной обработки инструмента. В кн. Вопросы электрофизики трения и обработки резанием [Текст] / С. Н. Постников, А. Ф. Голдина, В. Н. Тараканов // Труды Горьковского политехнического института им. А.А.Жданова, Т. 30, вып.4, 1974, С. 27-35.
15. Постников, С. Н. Электрические явления при трении и резании [Текст] / С. Н. Постников. - Горький, Волго-Вятское книжное изд-во, 1975. - 280 с.
16. Постников, С. Н. Перестройка дефектных комплексов в кристаллических твердых телах под действием магнитных полей допороговых энергий. Прикладные проблемы прочности и пластичности. Статистика и динамика деформируемых систем [Текст] / С. Н. Постников и др. // Всесоюз. межвуз. сб. Горьк.ун-т, 1980, С. 138-143.
17. Протасов, А. В. Магнитная подача абразивного материала в зону контакта колеса-рельс [Текст] : автореф. дис. ... канд.техн.наук / А. В. Протасов. - Ворошиловоград: ВМИ, 1984. - 21 с.

18. Постников, С. Н. Направленное упорядочение дефектов твердых тел под воздействием электронов проводимости в магнитных полях. Прикладные проблемы прочности и пластичности. Статика и динамика деформируемых систем [Текст] / С. Н. Постников, В. П. Сидоров // Всесоюзный межвузовый сборник Горький у-т, 1979, - С. 155-160.
19. Рудяков, В. З. Резервы увеличения весовых норм Рудаков [Текст] / В. З. Рудяков // Железнодорожный транспорт №2, 1962. - С. 28-31.
20. Садовский, В. Д. Влияние магнитного поля на мартенситное превращение стали. Metallovedenie [Текст] / В. Д. Садовский. - Изд-во Наука. - М., 1971. - С. 47-53.
21. Физическое металловедение. Атомное строение металлов и сплавов [Текст] / Под ред. Р. Кана. - Из-во «Мир», Москва, 1967. - С. 334.
22. Chin, K.J. Tribological behavior and surface analysis of magnetized slicing contact XC48 steel/ XC48steel/ K.J. Chin, H. Zaidi, M.T Nguyen P 6 Renault, Wear 250(2001) p.470-476.
23. Hayashi, S./ S. Hayashi, S. Takahashi, M. Yamamoto// J. Phys. Soc. Japan (1971)30, 2, p.381.
24. Herbert, E. - „ g. of the Iron and Steel Institute,“ 1929, № 2, p.239.
25. Herbert, E. - „ Metallurgio “ 1931, № 3, p.219.

Бондаренко Денис Андреевич

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»
Адрес: 241035, Россия, г.Брянск, бул.50-летия Октября, 7
Студент группы 07-ЛК, кафедра "Подвижной состав железных дорог"
Тел.: +7(9532)748825
Email: dilekter@yandex.ru

Соколов Алексей Кириллович

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»
Адрес: 241035, Россия, г.Брянск, бул.50-летия Октября, 7
Студент группы 07-ЛК, "Подвижной состав железных дорог"
Тел.: +7(9529)610577
Email: sokolovchess90@yandex.ru

Чвала Андрей Николаевич

ОАО «Российский железные дороги»
Адрес: 107174, Москва, Новая Басманная ул., д. 2
Начальник сектора эксплуатации локомотивов дирекции тяги Московской железной дороги
Тел.: +7(4992)629901
E-mail: ticket@rzd.ru

D. A. BONDARENKO, A. K. SOKOLOV, A. N. CHVALA

INSTALLATION FOR STUDYING FRICTION IN PAIRS IMPACT MAGNETIC FIELD

Provides general information on the effect of magnetic field on the tribological characteristics of friction pairs. An experimental facility for their research.

Keywords: unit, the tribological characteristics, friction pair, the magnetic field.

BIBLIOGRAPHY

1. Balabekov, M. G. Sbornik materialov po itogam NIR mekhanicheskogo f-ta Tashkentskogo institu-ta [Текст] / M. G. Balabekov, M. I. Chernoglazov, A. M. Usmanov, S. V. Belikevich. - vyp. 83.- Tashkent, 1982. - S. 4-6.
2. Vorob`ev, D. V. Uluchshenie funktsional`nykh kharakteristik pary treniya koleso-rel`s za schet vozdeystviya na kontakt elektricheskogo toka i magnitnogo polya [Текст]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. -Bryansk, 2005. - 21s.
3. Garkunov, D. N. O prirode povysheniya iznosostoykosti detaley i instrumenta magnitnoy obra-botkoy. Trenie i iznos [Текст] / D. N. Garkunov, G. I. Suranov, G. B. Koptyaeva. - Tom 3, №2, 1982. - S. 327-330.
4. Galej, M. T. Nekotorye osobennosti ekspluatatsii namagnichennogo rezhushchego instrumenta. Magnitnaya obrabotka rezhushchego instrumenta i perspektivy dal`neyshego razvitiya etogo metoda [Текст] / M. T. Galej. - М., 1978. - S.18-20.
5. Galej, M. T. Povyshenie stoykosti rezhushchikh instrumentov putem magnitnoy obrabotki [Текст] / M. T. Galej // Stanki i instrument. - 1973. - № 5. - S. 31.
6. Krivoglaz, M. A. Fizika metallov i metallovedenie [Текст] / M. A. Krivoglaz, V. D. Sadovskiy. - Vyp. 4, 1964. - S. 18, 502.
7. Kuznetsov, V.D. Fizika tvjordogo tela [Текст] /V.D. Kuznetsov.-Т.4.-Томск: Krasnoe znamya,1947. - 39 s.

8. Luzhnov, YU. M. Stseplenie koles s rel'sami (priroda i zakonomernosti) [Tekst] / YU. M. Luzhnov.-M.: Intekst, 2003. - 144s.
9. Luzhnov, YU. M. Vliyanie magnitnogo polya na mekhanizm vzaimodeystviya koles i rel'sov [Tekst] / YU. M. Luzhnov, A. P. Pruntsev // Trudy MIIT. - 1975. - vyp.480.
10. Malygin, B. V. Magnitnoe uprochnenie instrumenta i detaley mashin [Tekst] / B. V. Malygin. - M.: Mashinostroenie, 1989. - 112 s.
11. Morgunov, R. B. Spinovaya mikromekhanika v fizike plastichnosti [Tekst] / R. B. Morgunov // UFN, T. 174, №2, 2004. - S. 131-151.
12. Mur Osnovy i primeneniye tribotekhniki [Tekst] / Izd-vo Mir, 1978. - 488 s.
13. Nerazrushayushchiy kontrol' metallov i izdeliy [Tekst]: spravochnik / pod red. G. S. Samoylovicha. - M.: Mashinostroenie, 1976. - 153 s.
14. Postnikov, C. H. Nekotorye fizicheskie aspekty magnitnoy obrabotki instrumenta. V kn. Vopro-sy elektro-fiziki treniya i obrabotki rezaniem [Tekst] / S. N. Postnikov, A. F. Goldina, V. N. Tarakanov // Trudy Gor'kovskogo politekhnicheskogo instituta im. A.A.Zhdanova, T. 30, vyp.4, 1974, S. 27-35.
15. Postnikov, S. N. Elektricheskie yavleniya pri trenii i rezanii [Tekst] / S. N. Postnikov. - Gor'kiy, Volgo-Vyatskoe knizhnoe izd-vo, 1975. - 280 s.
16. Postnikov, S. N. Perestroyka defektnykh kompleksov v kristallicheskiykh tverdykh telakh pod deystviem magnitnykh poley doporogovykh energiy. Prikladnye problemy prochnosti i plastichnosti. Statistika i dinamika deformiruemyykh sistem [Tekst] / S. N. Postnikov i dr. // Vsesoyuzn. mezhvuz. sb. Gor'k.un-t, 1980, S. 138-143.
17. Protasov, A. V. Magnitnaya podacha abrazivnogo materiala v zonu kontakta koleasa-rel's [Tekst] : avtoref. dis. ... kand.tekhn.nauk / A. V. Protasov. - Voroshilovograd: VMI, 1984. - 21 s.
18. Postnikov, S. N. Napravlennoe uporyadocheniye defektov tverdykh tel pod vozdeystviem elektronov provodimosti v magnitnykh polyakh. Prikladnye problemy prochnosti i plastichnosti. Statika i dinamika deformiruemyykh sistem [Tekst] / S. N. Postnikov, V. P. Sidorov // Vsesoyuznyy mezhvuzovyy sbornik Gor'kiy u-t, 1979, - S. 155-160.
19. Rudyakov, V. Z. Rezervy uvelicheniya vesovykh norm Rudyakov [Tekst] / V. Z. Rudyakov // ZHeleznodorozh-nyy transport №2, 1962. - S. 28-31.
20. Sadovskiy, V. D. Vliyanie magnitnogo polya na martensitnoe prevrashcheniye stali. Metallovedeniye [Tekst] / V. D. Sadovskiy. - Izd-vo Nauka. - M., 1971. - S. 47-53.
21. Fizicheskoye metallovedeniye. Atomnoye stroeniye metallov i splavov [Tekst] / Pod red. R. Kana. - Iz-vo "Mir", Moskva, 1967. - S. 334.
22. Chin, K.J. Tribological behavior and surface analysis of magnetized slicing contact XC48 steel/ XC48steel/ K.J. Chin, H. Zaidi, M.T Nguyen P 6 Renault, Wear 250(2001) p.470-476.
23. Hayashi, S./ S. Hayashi, S. Takahashi, M. Yamamoto// J. Phys. Soc. Japan (1971)30, 2, p.381.
24. Herbert, E. - " g. of the Iron and Steel Institute," 1929, № 2, p.239.
25. Herbert, E. - " Metallurgio " 1931, № 3, p.219.

Bondarenko Denis Andreevich

FGBOU VPO "Bryasky State Technical University"
Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7
The student group 07-LC, Department of "Rolling stock of railways"
Tel.: +7(9532)748825
E-mail: dilekter@yandex.ru

Sokolov Alexey Kirillovich

FGBOU VPO "Bryasky State Technical University"
Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7
The student group 07-LC, "The rolling stock of railways"
Tel.: +7(9529)610577
E-mail: sokolovchess90@yandex.ru

Chvala Andrey Nikolaevich

JSC "Russian Railways"
Address: 107174, Moscow, New Basmanaya Street., 2
Head of the Directorate-sector operation of locomotives traction Moscow railway
Tel.: +7(499)2629901
E-mail: ticket@rzd.ru

УДК 629.423.31

А. А. ПУГАЧЕВ

АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Приведены анализ и систематизация методов исследования теплового состояния асинхронных двигателей, включая тяговые, на основе обзора отечественных и зарубежных публикаций. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований. Показано, что для каждого типа двигателя необходима разработка собственной математической модели тепловых процессов.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, тепловая модель, эквивалентная тепловая схема, экспериментальные исследования, измерение температуры

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт является главным видом транспорта России, его технический уровень и состояние определяют экономическую эффективность и безопасность перевозок.

Тяговый электропривод с асинхронными двигателями принят в качестве основного при проектировании современных локомотивов. Применение асинхронных тяговых двигателей с короткозамкнутым ротором, обладающих рядом известных преимуществ по сравнению с традиционными тяговыми двигателями постоянного тока, позволяет повысить надежность, экономичность и тяговые качества локомотивов. Но вместе с тем, для реализации этих преимуществ требуется решение целого ряда проблем.

Выход из строя или неисправная работа асинхронного тягового двигателя может привести не только к его ремонту или замене, но также и к значительным финансовым потерям в связи с неопределенным временем простоя. Анализируя данные, приведенные в различных научных работах и научно-исследовательских отчетах, можно заключить, что большее количество повреждений прямо или косвенно вызвано или связано с повышенным нагревом тех или иных частей электрической машины.

Для обеспечения требуемого теплового режима работы тяговых электромашин на локомотивах необходимо применять автоматические системы плавного (непрерывного) регулирования температуры. Организацию работы автоматической системы регулирования температуры, работающей по отклонению, необходимо реализовывать с помощью обратной связи по регулируемому параметру (температуре лимитирующего по нагреву узла машины).

За годы развития электромашиностроения как в России, так и за ее пределами, выполнен большой объем теоретических и экспериментальных исследований электрических машин как тепловых объектов. Основные фундаментальные принципы расчетных исследований электрических машин при нагревании разработаны учеными Алексеевым А.Е., Винокуровым В.А., Иоффе А.Б., Костенко М.П., Находкиным М.Д., Некрасовым О.А., Постниковым И.М. и другими. Ценные данные по результатам экспериментальных исследований тяговых электрических машин как тепловых объектов получены учеными и специалистами НИИ завода "Электротяжмаш", ВНИИЖТ, ВЭЛНИИ, НЭВЗ, ВНИТИ, МГУПС (МИИТа) и ряда других организаций.

Известные исследования тепловых процессов, происходящих в электрических машинах, по своим целям условно можно разделить на три основных направления:

- определение превышений температуры активных элементов тяговых электрических машин в эксплуатационных условиях работы и сравнение их с допустимыми значениями;

- исследование и моделирование тепловых полей – определение распределения температуры по объему активных элементов тяговых электрических машин в установившихся температурных режимах;

- определение сетки кривых нагрева и охлаждения обмоток тяговых электрических машин. Определение значений тепловых параметров элементов электрических машин и расчет температуры (превышений температуры) элементов электрических машин в неустановившихся режимах.

Достижение этих целей возможно при проведении как экспериментальных, так и теоретических (расчетных) исследований.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При экспериментальных исследованиях в соответствии с ГОСТ 25000-81 применяют следующие четыре метода измерения температуры обмоток и других нагреваемых деталей электрических машин: метод термометра, метод сопротивления, методы заложенных датчиков и встраиваемых датчиков температуры. При использовании метода термометра температуру измеряют термометром расширения, термопарой, термометром сопротивления, прикладываемым к хорошо доступным поверхностям собранной электрической машины (обмотки, сталь статора и ротора, коллектор и др.). Результаты измерения представляют температуру поверхности в точке приложения термометра. Метод сопротивления (метод амперметра-вольтметра) позволяет определить среднее значение температуры неподвижных обмоток, питаемых постоянным током. Этот метод применим для большинства обмоток, за исключением обмоток, имеющих малое сопротивление (менее 10^{-3} Ом), в том числе короткозамкнутых. Превышение температуры обмотки электрической машины над температурой охлаждающей среды определяется в соответствии с выражением:

$$\Delta\Theta = \frac{R_z - R_x}{R_x} (k + \Theta_x) + \Theta_x - \Theta_0,$$

где: R_z, R_x – сопротивление обмотки в горячем и холодном состояниях соответственно;

Θ_0 – температура охлаждающей среды;

Θ_x – температура обмотки электрической машины в холодном состоянии;

k – величина, обратная температурному коэффициенту сопротивления при 0°C .

Метод заложенных датчиков температуры применяют для определения температуры обмоток или активной стали. При этом термоиндикаторы закладываются при изготовлении электрической машины в такие точки, которые после изготовления недоступны. Датчики располагаются в местах, в которых ожидают наибольшего значения температуры (на дно паза, между секциями в пазу и др.), при этом они соприкасаются непосредственно с поверхностью, температура которой подлежит измерению. В качестве средств измерения используют термопары, термометры сопротивления и другие приборы. Встраиваемыми датчиками температуры называют термоиндикаторы, встроенные в готовую электрическую машину на период испытаний. Метод встраиваемых датчиков температуры применяют для измерения поверхностей лобовых частей обмоток, пазовых частей обмоток (под клин), между листами активной стали и других доступных частей электрической машины.

При измерении температуры вращающихся частей электрических машин связь между датчиками температуры и измерительными устройствами осуществляется через скользящие электрические контакты или бесконтактным способом. В первом случае в зоне скользящего контакта возникает коммутационная ЭДС. Переходное сопротивление контакта зависит от многих факторов (температуры, влажности, частоты вращения и др.), поэтому при измерении температуры с использованием метода контактной связи с аппаратурой возникает дополнительная задача обеспечения необходимой точности измерений. Наименьшую погрешность измерений позволяют обеспечить жидкометаллические контакты (ртутные). Бесконтактная передача информации с датчика температуры на измерительное устройство может осуществ-

ляться с использованием методов индуктивной, емкостной, радио-телеметрической, а также оптической связи.

В работе [1] проводилось экспериментальное исследование распределения температуры в обмотках и сердечниках электродвигателей с радиальной системой вентиляции, которое показывает, что при такой системе вентиляции наблюдается значительная неравномерность нагрева в радиальном и осевом направлениях. Измерения различных активных частей машин были выполнены на асинхронных электродвигателях мощностью 95, 630 и 800 кВт.

Местоположение максимально нагретой точки обмотки статора при условии хорошо вентилируемых лобовых частей обмотки при различных типах вентиляции различно. В случае симметричной радиально-согласной системы с подачей воздуха одним вентилятором в ротор-статор максимально нагретое сечение обмотки находится посередине центрального пакета сердечника статора, а в остальных случаях максимально нагретое сечение обмотки расположено посередине двух-трех крайних (до ходу движения воздуха) пакетов сердечника статора.

На рисунке 1 приведено распределение температуры в крайнем со стороны выхода воздуха пакете статора при обдуве его воздухом, который имеет в радиальных каналах среднее превышение температуры, определяемое как среднее арифметическое из температуры воздуха в каналах ротора и статора.

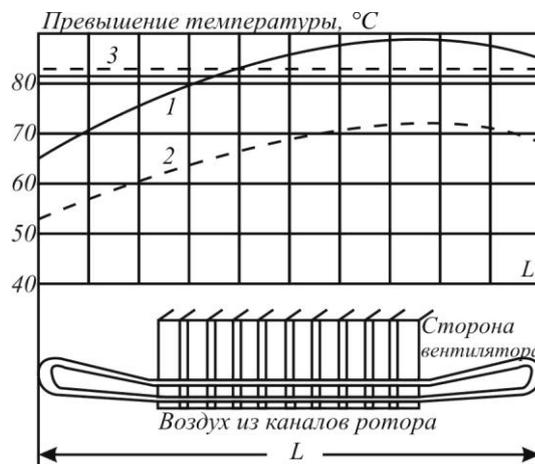


Рисунок 1 – Распределение температуры в активных частях статора двигателя с фазным ротором (630 кВт)

1 – температура меди обмотки статора, 2 – температура изоляции обмотки статора, 3 – среднее значение температуры обмотки статора, — — — — — расчет, - - - - - эксперимент

В работе [1] предположено, что в случае равномерного обдува пакета воздухом с одинаковой температурой максимум температуры в пакете будет в середине.

Экспериментальные значения, приведенные на рисунке 1, получены с помощью термомпар, установленных на изоляции, и поэтому к измеренным значениям температуры автором рекомендовано прибавить перепад температуры на изоляции, который для различных участков обмотки различен.

Проведенный анализ известных методов и средств измерения температуры нагреваемых деталей электрических машин [1 – 5] позволил сделать следующие выводы. Применение некоторых из известных устройств для измерения температуры вращающихся обмоток тяговых электрических машин в условиях эксплуатации локомотивов затруднено по ряду причин: сложность этих устройств; необходимость вмешательства в конструкцию электрических машин; ограниченные возможности в реализации основных требований, предъявляемых к этим измерительным устройствам, как функциональным элементам системы регулирования, и др.

Перспективу имеет направление разработки устройств для непосредственных измерений нагреваемых неподвижных элементов электрических машин, в том числе в сочетании

с расчетными методами. Разрабатываемые измерительные устройства должны удовлетворять следующим требованиям: универсальность (пригодность их для измерения температуры элементов электрических машин различных типов), простота, возможность применения серийных элементов.

Кроме того, к измерительному устройству, как функциональному элементу системы регулирования, предъявляются следующие требования: простота настройки и регулирования (в том числе изменение коэффициента передачи); возможность введения дополнительных сигналов по основным возмущающим воздействиям; возможность формирования статических характеристик требуемого вида и др.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Существующие методы теоретических (расчетных) исследований тепловых процессов, происходящих в электрических машинах, базируются либо на использовании дифференциальных уравнений теплопроводности для активных частей электрических машин (метод температурного поля), либо на методе эквивалентных тепловых схем.

Метод температурного поля является более строгим. Активные части машины – обмотки и магнитные сердечники – являются источниками потерь и рассматриваются как тела с внутренними распределенными источниками тепла, которые контактируют между собой, с другими деталями конструкции машины, с внешней охлаждающей средой или промежуточными охладителями при граничных условиях различного рода. В общем случае в установленном состоянии распределение температуры определяется уравнением вида:

$$\lambda_{xk} \frac{\partial^2 \Theta_k}{\partial x^2} + \lambda_{yk} \frac{\partial^2 \Theta_k}{\partial y^2} + \lambda_{zk} \frac{\partial^2 \Theta_k}{\partial z^2} + q_k = 0,$$

где: λ_{xk} , λ_{yk} , λ_{zk} - коэффициенты теплопроводности в направлениях x, y и z;

q_k - количество тепла, выделяющегося в единице объема за единицу времени.

Однако граничные условия для этого уравнения сложны и взаимосвязаны. Решения получаются громоздкими и часто неприемлемыми для инженерной практики. Поэтому при практических расчетах принимают ряд допущений, позволяющих существенно упростить решение задачи. Одним из самых существенных упрощений при решении задачи нагрева электрической машины является отказ от рассмотрения поля температур внутри отдельных его частей. Переход к средним температурам позволяет систему с распределенными потерями заменить системой тел с сосредоточенными источниками. Связи между узлами устанавливаются на основе анализа возможных путей тепловых потоков. Эти связи представляют собой тепловые сопротивления. Таким образом, в этом методе аналогично электрической цепи составляется тепловая цепь из тепловых сопротивлений, по которым протекает тепловой поток, и из источников тепла. Дифференциальные уравнения неустановившихся процессов нагревания электрической машины могут быть представлены в виде:

$$c_k \gamma_k \frac{d\Theta_k}{d\tau} + \sum_{i=1}^n \lambda_{ki} (\Theta_k - \Theta_i) = q_k,$$

где: c_k - удельная теплоемкость;

γ_k - плотность тела.

Эта система может быть представлена эквивалентной тепловой схемой, в которой реальную картину распределения потерь и тепловых потоков заменяют условной, представляющей собой взаимный нагрев системы однородных тел.

Для примера на рисунке 2 приведена эквивалентная тепловая схема асинхронного двигателя, синтезированная в работе [6]. Здесь приняты следующие обозначения индексов: 1 относится к лобовым частям обмотки статора, 2 – к пазовой части, 3 – к магнитопроводу ста-

тора, 4 – к воздуху внутри машины, 5 – к ротору, 6 – к корпусу машины. Как видно из рис. 2 модель содержит 8 тепловых сопротивлений.

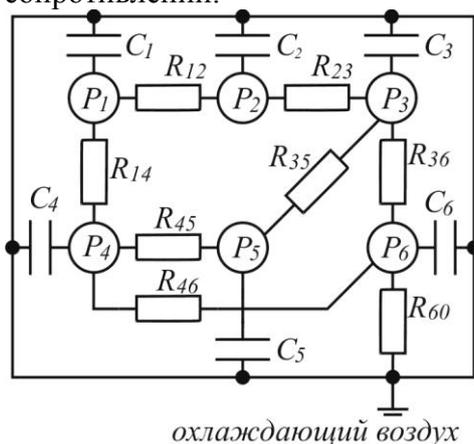


Рисунок 2 – Упрощенная эквивалентная тепловая схема

Метод эквивалентных тепловых схем положен в основу многих способов расчетных исследований теплового состояния электрических машин в нестационарных режимах. Универсальность этого метода позволила широко применять его в электромашиностроении при определении распределения температуры по объему элементов электрических машин, в том числе асинхронных тяговых машин, применяемых на подвижном составе железных дорог.

Основная проблема расчета установившихся температур по этому методу состоит в определении тепловых сопротивлений элементов системы. Тепловые сопротивления при теплоотдаче и теплопередаче выражаются соответственно формулами:

$$R_{TO} = 1/(\alpha_T S) \text{ и } R_{ТП} = 1/(\lambda S),$$

где: α_T – суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением;

S – площадь теплоотдающей поверхности.

На основании результатов экспериментальных исследований в ВЭЛНИИ получены соотношения, позволяющие рассчитать теплоотдачу от основных поверхностей электрических машин теплоносителю и окружающей среде, а также разработана методика расчета распределения температуры в основных элементах электрических машин [7]. Во ВНИИЖТ разработаны методики расчетных исследований теплового состояния электрических машин с учетом влияния потерь в активных узлах.

Установившееся значение превышения температуры узла определяется следующим образом:

$$\Theta_{уст} = \frac{\Delta P}{B} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta P_i k_i}{B},$$

где: ΔP – собственные потери в узле;

ΔP_i – потери в i -том активном узле машины;

k_i – безразмерный коэффициент подогрева узла, температура которого определяется;

B - результирующая теплопередача от узла теплоносителю.

В работах [8, 9] разработана тепловая модель, в которой двигатель представлен в виде нелинейного замкнутого теплового объекта, в котором тепловые потоки через пассивные (теплоотводящие) элементы – станина, вал и т.д. – могут перераспределяться между активными (тепловыделяющими) узлами машины, потери в которых зависят от их температуры. Теплоноситель (охлаждающий воздух) при этом является общим для всей машины, но имеет не среднюю, т.е. одинаковую для всех элементов, температуру, зависящую от суммарных потерь, а переменные значения температур в различных сечениях каналов машины, т.к. нагре-

вается от каждого узла по длине потока. Теплообмен станины с внешней средой в модели определяется условиями свободной конвекции и теплового излучения. В работе показано, что для расчета температур узлов машины с погрешностью менее 3 % во всем диапазоне изменения нагрузок ее эквивалентная тепловая схема должна содержать 21 узел. Поскольку тепловые узлы машины имеют конвективные связи с потоками охлаждающего воздуха, модель дополняется 17 уравнениями, описывающими изменение теплового состояния воздушных потоков. В итоге, разработанная тепловая модель асинхронного тягового двигателя представляет собой схему из 38 нелинейных дифференциальных уравнений, коэффициенты которых являются функциями искомых температур и нагрузок электрической машины.

К наиболее значимым результатам проведенных исследований следует отнести то, что в них установлено, что во всем диапазоне изменения скоростей движения электровоза обмотка статора нагревается интенсивнее обмотки ротора. Причем, с увеличением скорости движения электровоза разность между температурой обмотки статора и температурой стержней ротора возрастает: при скорости 10 км/ч разность температур наиболее нагретых узлов статорной и роторной обмотки составляет 23,5 °С, при скорости 80 км/ч – 63,7 °С. Исследования показали, что статорная обмотка наиболее интенсивно нагревается в пазовой части. Это объясняется авторами тем, что у обмотки статора наилучшая теплоотдача в лобовых частях.

В работе [10] предложена тепловая модель, первоначально рассчитанная на использование в конструкторских целях при проектировании новых машин. Эта модель предоставляет очень подробные результаты расчета температуры в различных точках и тепловых потоках. Она состоит из 104 узлов и 170 тепловых сопротивлений. Данная модель разработана для полностью закрытых обдуваемых вентилятором асинхронных машин с короткозамкнутым ротором. Благодаря конструктивной симметрии машина поделена на элементы, сконцентрированные вокруг вала. Каждый элемент поделен в осевом направлении на узлы, что делает возможным исследовать распределение температуры в осевом направлении.

Результаты исследований показали, что более интенсивный нагрев происходит в стержнях ротора, в то время как перегрев статора имеет меньшие значения (для машины мощностью 4 кВт превышение температуры стержней ротора над обмоткой статора достигает 18 °С; для машины мощностью 15 кВт – 44 °С при номинальных параметрах питающей сети и нагрузке, близкой к номинальной).

Результаты работы [11] (рассмотрена математическая модель закрытой обдуваемой вентилятором асинхронной машины, поделенной на 10 узлов, содержащая 37 тепловых сопротивлений, 4 источника тепла) достаточно близко совпадают с результатами работы [10] с точки зрения выявления лимитирующего по нагреву узла электродвигателя.

В работе [12] исследовалось тепловое состояние двигателя АИР100S4 мощностью 3 кВт в номинальном режиме. Установлено, что наибольшую температуру имеют лобовые части обмотки статора, несколько меньше температура пазовой части обмотки статора, что объясняется лучшими условиями отвода тепла.

Аналогичные результаты исследований были получены в работах [13, 14]: температура обмотки статора, уложенной в пазы, обычно на 5-10 °С ниже, чем в лобовых частях со стороны, противоположной вентиляционному люку. Авторами это объясняется хорошей тепловой проводимостью стали статора и ротора (осевая вентиляция через воздушный зазор отводит часть тепла от пазов и зубцов статора, в то время как в радиальном направлении тепло рассеивается через сталь статора и корпуса двигателя).

Кроме исследований установившихся распределений температуры значительный интерес представляют определения температурно-временных зависимостей отдельных элементов асинхронных машин при различных нагрузках.

В качестве примера на рисунке 3 показаны кривые изменения температуры отдельных элементов двигателя АИР100S4 в номинальном режиме из исходного отключенного состояния.

Как видно из рисунка 3, постоянные времена нагрева для различных частей двигателя разные. Чем напряженнее режим работы, чем интенсивнее выделение тепловых потерь, тем более отличаются друг от друга температуры расположенных рядом частей электрической машины, тем более необходим контроль и анализ реальных максимальных температур.

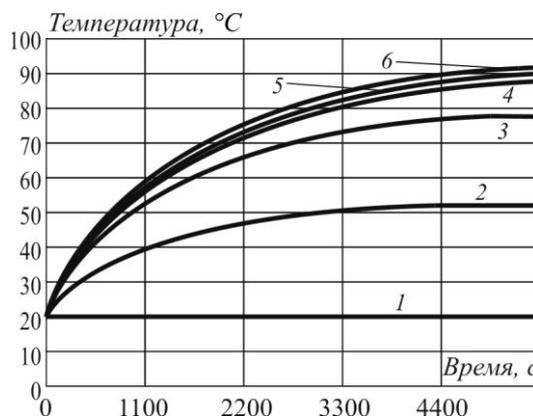


Рисунок 3 – Осциллограммы тепловых переходных процессов:

1 – воздух, 2 – корпус, 3 – ротор, 4 – сталь статора, 5 – пазовые части обмоток, 6 – лобовые части обмоток

В работе [16] показано, что в реальном переходном процессе тепловая постоянная времени $T \neq const$, причем скорость изменения T во времени по мере приближения текущего превышения температуры Θ к установившемуся значению $\Theta_{уст}$ уменьшается. Исследователи объясняют это тем, что реальный нестационарный тепловой процесс лучше описывается суммой экспонент.

В работе [6] для разработки упрощенных тепловых моделей нагрева и охлаждения рекомендуется учитывать две постоянные времени, относящиеся к стали магнитопровода (T_{max}) и меди обмотки (T_{min}) двигателя. С этой целью определяются наибольшая постоянная времени и коэффициент при этой экспоненте. В результате процесс нагрева обмотки асинхронного двигателя при нулевом начальном превышении температуры может быть представлен следующим выражением:

$$\Theta(t) = \Theta_{уст} \cdot \left(\frac{I_i}{I_{ном}} \right)^2 \cdot \left(K_H \cdot (1 - e^{-t/T_{max}}) + (1 - K_H) \cdot (1 - e^{-t/T_{min}}) \right), \quad (1)$$

где: I_i и $I_{ном}$ – текущее и номинальное значения тока в обмотке соответственно;

K_H – коэффициент нагрева, учитывающий составляющую превышения температуры стали в превышении температуры обмотки.

В выражении (1) принято, что текущее превышение температуры нагрева обмотки статора пропорционально квадрату протекающего через нее тока. Предположение о пропорциональности превышения температуры квадрату тока допустимо считать справедливым только для превышения температур обмотки относительно температуры магнитопровода статора. На самом деле реальное превышение температуры обмотки равно сумме превышения ее над температурой магнитопровода и самого магнитопровода над температурой окружающей среды. Превышение температуры стальных участков магнитопровода обусловлено как потерями в стали статора, так и теплом, передаваемым магнитопроводу обмоткой. Так как потери в стали зависят от индукции и не пропорциональны квадрату тока, то в общем случае коэффициент K_H должен быть зависимым от кратности тока, а превышение температуры обмотки не будет пропорционально квадрату тока.

Аналогичным образом в работе [6] получена зависимость температуры от времени при охлаждении.

В работе [15] предложена иная методика исследования нестационарных тепловых процессов и определения тепловых параметров. Зависимость текущего превышения темпера-

туры обмоток электрических машин во времени описывается одной экспонентой, но с постоянной времени, зависящей от текущего значения превышения температуры Θ_j

$$T = T_0(1 + \beta\Theta_j).$$

В этом случае

$$\Theta_j = \Theta_{уст} \left[1 - e^{-\frac{\Theta_j}{T_0(1 + \beta\Theta_j)}} \right], \quad (2)$$

где: β – температурный коэффициент сопротивления меди, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

T_0 – начальное значение постоянной времени, мин.

Оба выражения (1) и (2) является эмпирическим, однако выражение (2) несомненно лучше аппроксимирует реальные температурно-временные зависимости нагревания (остывания) обмоток электрических машин, чем (1).

ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ

В работе [12] было проведено сопоставление данных, полученных математически и физически, анализ которых показал, что разность температур, полученных расчетным путем на основе модели, учитывающей пять активных элементов, и измеренных с помощью датчиков, в установившемся режиме не более $1,5^{\circ}\text{C}$, что составляет $1,7\%$ действительного значения. Для однотельной тепловой модели отклонение значения температуры от действительного составляет $9,5^{\circ}\text{C}$ (более 10%). Для определения степени детализации тепловой модели на основе предложенного метода было проведено моделирование тепловых процессов для моделей с различным количеством элементов. При увеличении количества элементов (количества уравнений системы) увеличивается точность вычислений, но вместе с этим растёт время решения системы. Установлено, что оптимальное соотношение точности к времени вычисления обеспечивается при использовании модели, содержащей 5 элементов. Это число определяется количеством активных элементов асинхронного двигателя, параметры теплообмена которых постоянны по всему их объёму, что позволяет считать их (с приемлемыми для релейной защиты допущениями) однородными телами.

В работе [10] для экспериментальной оценки теплового состояния различных узлов машин 4 и 15 кВт были использованы 24 и 47 термопар соответственно. Показано, что наибольшее рассогласование между теоретическими и экспериментальными данными достигает $6,5\%$.

Разработанная тепловая модель в работе [17] состоит из 11 узлов и 15 тепловых сопротивлений. В этой модели статор поделен на сталь статора, пазовую часть обмотки статора и лобовую часть обмотки. Принято, что тепловой поток от обмотки ротора проходит через воздушный зазор непосредственно в обмотку статора, с пренебрежимо малым значением, передаваемым зубцам статора. Ротор машины поделен на сталь ротора, обмотку ротора и короткозамкнутые кольца.

Эксперимент проводился на установке, содержащей асинхронную машину мощностью $7,5$ кВт, номинальная частота вращения 1400 об/мин, номинальный ток $19,2$ А. Измерения температуры проводились для трех случаев: холостой ход, номинальная нагрузка и короткое замыкание (заторможенный ротор). В режиме заторможенного ротора замеры температуры осуществлялись по 20 и 12 медь-константовым термопарам, установленным соответственно в статоре и роторе. В остальных режимах работы измерения температуры на роторе не проводилось.

Проведенные исследования показали, что разработанная математическая модель тепловых процессов в асинхронном двигателе способна с приемлемой точностью описывать

тепловое состояние машины в трех рассмотренных режимах работы. Для режима холостого хода погрешность вычисления температуры не превышает 5 °С, под номинальной нагрузкой погрешность составляет порядка 9 °С, в режиме короткого замыкания – 10 °С.

Тепловая схема, состоящая из 20 узлов и описанная в работе [18] упрощена в работе [19] так, что на половину длина машины состоит из семи тел и описывается системой семи дифференциальных уравнений. В работе был проведен статистический анализ нагрева асинхронных двигателей.

Сравнение опытной дисперсии с расчетной по критерию Фишера показало, что различие между ними для уровня доверительной вероятности 0,95 весьма существенно. Это можно объяснить либо наличием погрешности расчета, которую вносят принятые допущения, либо превышением заложенных технологических параметров при изготовлении двигателей, в частности заменой отдельных материалов, качеством пропиточных лаков и пропитки обмоток и т.д. Допустимые пределы превышения температуры обмотки статора двигателей, полученные на основании опытных данных составляют 18,3 %. В эти пределы не попадают опытные значения превышений температуры обмотки статора 12 двигателей ВАО основного исполнения из 328, что составляет 3,7 %. Максимальные превышения температуры обмотки статора составили – 20... + 25 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая проведенный анализ, необходимо отметить, что, несмотря на относительно большое количество работ в области исследования теплового состояния асинхронного двигателя, это направление не утратило своей актуальности и своевременности в силу ряда причин.

Установившееся и неуставившееся тепловое состояние асинхронного двигателя напрямую зависит от конструктивных особенностей, геометрических размеров, а также применяемого способа охлаждения. Точность математических расчетов определяется корректностью используемых размеров, характеристик материалов, потерь и др. Поэтому итоги расчетов тепловых моделей для разных двигателей будут давать различные результаты, причем не только в количественном, но и в качественном отношении. Следовательно, подтверждение адекватности разработанной математической модели тепловых процессов в электрической машине на основании данных, полученных в других работах, будет являться некорректным и недостоверным.

Таким образом, для прогнозирования теплового состояния асинхронного двигателя в период его эксплуатации необходима разработка собственной, предназначенной для конкретного типа электродвигателя, математической модели. Проверка адекватности математической модели должна осуществляться данными, полученными во время экспериментальных испытаний на исследуемом двигателе, либо его физической модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев, А. И. Распределение температур в асинхронных электродвигателях с радиальной системой вентиляции [Текст] / А.И. Яковлев // *Электричество*. – 1969. - № 9. – С. 65 – 69.
2. Космодамианский, А. С. Теоретические основы и разработка систем регулирования температуры тяговых электрических машин локомотивов [Текст] : дисс. ... д-ра техн. наук / А.С. Космодамианский. – М., 2002. – 306 с.
3. Смирнов, В. П. Непрерывный контроль температуры предельно нагруженного оборудования электровоза / В.П. Смирнов // дисс... докт. техн. наук. – Иркутск, 2005. – 355 с.
4. Космодамианский, А. С. Экспериментальная установка для исследования и регулирования процессов нагрева и охлаждения асинхронного двигателя [Текст] / А. С. Космодамианский, В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения*. Новочеркасск. - 2011. № 2 (62). – С. 65 – 76.
5. Кузьмич, В. Д. Математическое моделирование температурного поля обмоток тягового электродвигателя тепловоза [Текст] / В. Д. Кузьмич, Е. Ю. Логинова // *Вестник ВНИИЖТ*. – 1999. - № 2. – С. 39 – 43.
6. Беспалов, В. Я. Упрощенная математическая модель нестационарного нагрева и охлаждения обмотки статора асинхронного двигателя / В. Я. Беспалов, Ю. А. Мощинский, В. И. Цуканов // *Электричество*. – 2003. - № 4. – С. 20 – 26.

7. Борисенко, А. И. Охлаждение электрических промышленных машин [Текст] / А. И. Борисенко, О. Н. Костиков, А. И. Яковлев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
8. Логинова, Е. Ю. Исследование неравномерности нагрева обмоток асинхронного тягового электродвигателя [Текст] / Е. Ю. Логинова, Ф. В. Тихонов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2007. – № 2. – С. 39 – 42.
9. Тихонов, Ф. В. Разработка методов выбора параметров асинхронного тягового двигателя с учетом теплового состояния обмоток [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ф. В. Тихонов. – М., 2008. – 135 с.
10. Kylander, G. Thermal modeling of small cage induction motors / G. Kylander // Technical report № 265, submitted to the School of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Goteborg, 1995. – P. 113
11. Popova, L. Combined electromagnetic and thermal design platform for totally enclosed induction machines / L. Popova. – Lappeenranta: Lappeenranta university of technology, 2010. – p. 76.
12. Булычёв, А. В. Тепловая модель асинхронного двигателя для цепей релейной защиты [Текст] / А. В. Булычёв [и др.] // Электротехника. – 2011. - № 3. – С. 26 – 30.
13. P. H. Mellor, D. Roberts, and D. R. Turner, “Lumped parameter thermal model for electrical machines of TEFC design,” IEE Proc. - Electr. Power Appl., vol. 138, pp. 205-218, 1991.
14. G. Champenois, D. Roze, and D. S. Zhu, “Electrical and thermal performance predictions in inverter-fed squirrel-cage induction motor drives,” Electr. Mach. Power Syst., vol. 22, no. 3, pp. 355-369, May/June 1994.
15. Rudolf Schulze. Ermittlung der mathematischen Abhängigkeiten bei der Erwärmung von Dahnmotoren. Sektion Fahrzeugtechnik, Hochschule für Verkehrswesen «Friedrich List» Dresden 30 (1983) H. 3, s. 581 – 585.
16. Определение характеристик нагревания и охлаждения обмоток генератора ГП300БУ тепловоза ТЭМ2 с массой 126 т и дизелем мощностью 1350 л.с. / Уральск. отд. ВНИИ ж.- д. трансп. (УО ВНИИЖТ); Рук. Л. С. Назаров. - Свердловск, 1986. – 270 с. - ДУ-05-84/85.
17. Dynamic and thermal modeling of induction machine with non-linear effect / Ogbonnaya Inya Okoro // kassel university press GmbH, Kassel. - 2002. – P. 140.
18. Бурковский, А. Н. Нагрев и охлаждение электродвигателей взрывонепроницаемого исполнения [Текст] / А. Н. Бурковский, Е. Б. Ковалев, В. К. Коробов. – М.: Энергия, 1970.
19. Ковалев, Е. Б. Статистический анализ и расчет нагрева асинхронных электродвигателей [Текст] / Е. Б. Ковалев, Ю. В. Расков, Б. С. Голянд // Электричество. – 1975. – № 11. – С. 38 – 40.

Пугачев Александр Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «ЭРЭиЭС»

Тел.: +7(4832)563602

E-mail: alexander-pugachev@rambler.ru

A. A. PUGACHEV

ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION METHODS AND RESULTS DETERMINATION OF THE TEMPERATURE UNITS THERMALLY LOADED ASYNCHRONOUS TRACTION MOTOR RAILWAY

By using survey of native and foreign proceeding, research methods analysis and systematization of the thermal states of induction motors, including tractive ones, are represented. Results of theoretical and experimental researches are presented. It is shown that the peculiar mathematical model of thermal behavior has to be developed for each of some types of induction motor.

Key words: *induction motor, thermal model, equivalent thermal network, experimental researches, temperature measures.*

BIBLIOGRAPHY

1. Yakovlev, A. I. Raspredelenie temperatur v asinkhronnykh elektrodvigatelyakh s radial'noy sistemoy ventilyatsii [Tekst] / A.I. YAKovlev // Elektrichestvo. - 1969. - № 9. - S. 65 - 69.
2. Kosmodamianskiy, A. S. Teoreticheskie osnovy i razrabotka sistem regulirovaniya temperatury tya-govykh elektricheskikh mashin lokomotivov [Tekst] : diss. ... d-ra tekhn. nauk / A.S. Kosmodamianskiy. - M., 2002. - 306 s.
3. Smirnov, V. P. Nепreryvnyy kontrol' temperatury predel'no nagruzhennogo oborudovaniya elek-trovoza / V.P. Smirnov // diss... dokt. tekhn. nauk. - Irkutsk, 2005. - 355 s.
4. Kosmodamianskiy, A. S. Eksperimental'naya ustanovka dlya issledovaniya i regulirovaniya protsessov nagreva i okhlazhdeniya asinkhronnogo dvigatelya [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy, V. I. Vorob'ev, A. A. Pugachev //

Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta elektrovozostroeniya. Novocherkassk. - 2011. № 2 (62). - S. 65 - 76.

5. Kuz'mich, V. D. Matematicheskoe modelirovanie temperaturnogo polya obmotok tyagovogo elektrodvigatelya teplovoza [Tekst] / V. D. Kuz'mich, E. YU. Loginova // Vestnik VNIIZHT. - 1999. - № 2. - S. 39 - 43.

6. Bespalov, V. YA. Uproshchennaya matematicheskaya model' nestatsionarnogo nagreva i okhlazhdeniya obmotki statora asinkhronnogo dvigatelya / V. YA. Bespalov, YU. A. Moshchinskiy, V. I. Tsukanov // Elektrichestvo. - 2003. - № 4. - S. 20 - 26.

7. Borisenko, A. I. Okhlazhdenie elektricheskikh promyshlennykh mashin [Tekst] / A. I. Borisenko, O. N. Kostikov, A. I. YAKovlev. - M.: Energoatomizdat, 1983. - 296 s.

8. Loginova, E. YU. Issledovanie neravnomernosti nagreva obmotok asinkhronnogo tyagovogo elektrodvigatelya [Tekst] / E. YU. Loginova, F. V. Tikhonov // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. - 2007. - № 2. - S. 39 - 42.

9. Tikhonov, F. V. Razrabotka metodov vybora parametrov asinkhronnogo tyagovogo dvigatelya s uchetom teplovogo sostoyaniya obmotok [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / F. V. Tikhonov. - M., 2008. - 135 s.

10. Kylander, G. Thermal modeling of small cage induction motors / G. Kylander // Technical report № 265, submitted to the School of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Goteborg, 1995. - P. 113

11. Popova, L. Combined electromagnetic and thermal design platform for totally enclosed induction machines / L. Popova. - Lappeenranta: Lappeenranta university of technology, 2010. - p. 76.

12. Bulychiyov, A. V. Teplovaya model' asinkhronnogo dvigatelya dlya tsepey releynoy zashchity [Tekst] / A. V. Bulychiyov [i dr.] // Elektrotehnika. - 2011. - № 3. - S. 26 - 30.

13. P. H. Mellor, D. Roberts, and D. R. Turner, "Lumped parameter thermal model for electrical machines of TEFC design," IEE Proc. - Electr. Power Appl., vol. 138, pp. 205-218, 1991.

14. G. Champenois, D. Roze, and D. S. Zhu, "Electrical and thermal performance predictions in inverter-fed squirrel-cage induction motor drives," Electr. Mach. Power Syst., vol. 22, no. 3, pp. 355-369, May/June 1994.

15. Rudolf Schulze. Ermittlung der mathematischen Abhangigkeiten bei der Erwarmung von Dahnmotoren. Sektion Fahrzeugtechnik, Hochschule fur Verkehrswesen "Friedrich List" Dresden 30 (1983) H. 3, s. 581 - 585.

16. Opredelenie kharakteristik nagrevaniya i okhlazhdeniya obmotok generatora GP300BU teplovoza TEM2 s massoy 126 t i dizelem moshchnost'yu 1350 l.s. / Ural'sk. otd. VNII zh.- d. transp. (UO VNIIZHT); Ruk. L. S. Nazarov. - Sverdlovsk, 1986. - 270 s. - DU-05-84/85.

17. Dynamic and thermal modeling of induction machine with non-linear effect / Ogbonnaya Inya Okoro // kassel university press GmbH, Kassel. - 2002. - P. 140.

18. Burkovskiy, A. N. Nagrev i okhlazhdenie elektrodvigateley vzryvonepronitsaemogo ispolneniya [Tekst] / A. N. Burkovskiy, E. B. Kovalev, V. K. Korobov. - M.: Energiya, 1970.

19. Kovalev, E. B. Statisticheskii analiz i raschet nagreva asinkhronnykh elektrodvigateley [Tekst] / E. B. Kovalev, YU. V. Raskov, B. S. Golyand // Elektrichestvo. - 1975. - № 11. - S. 38 - 40.

Pugachev Alexander Anatolyevich

FGBOU VPO "Bryansk State Technical University"

Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7

Candidate. Technical. , Associate Professor of the Department "EREiES"

Tel.: +7(4832)563602

E-mail: alexander-pugachev@rambler.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*

УДК 629.421.3

В. В. КОБИЩАНОВ, А. И. ИВАХИН, Д. И. ПЕТРАКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА СЦЕПЛЕНИЕ КОЛЕСА ЛОКОМОТИВА С РЕЛЬСОМ

Разработан и изготовлен натурный стенд, основой которого является трибологическая система, содержащая колесо локомотива и отрезок рельса. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния электрического тока на коэффициент сцепления локомотива.

Ключевые слова: локомотивы, коэффициент сцепления, электрический ток, натурный стенд, экспериментальные исследования.

Тяговые качества локомотива, отражающие эффективность его работы, во многом определяются коэффициентом сцепления колес с рельсами ψ , значение которого зависит от различных внутренних и внешних факторов. Для повышения касательной силы тяги тепловозов с электрической передачей мощности был предложен [1] способ управления величиной ψ путем подачи тока тягового генератора в зоны контакта колес локомотива с рельсами. С целью изучения сцепных свойств локомотивов на кафедре «Подвижной состав железных дорог» Брянского государственного технического университета был разработан и изготовлен натурный стенд [2], на котором проведен цикл экспериментов, направленных на исследование влияния электрического тока на коэффициент ψ .

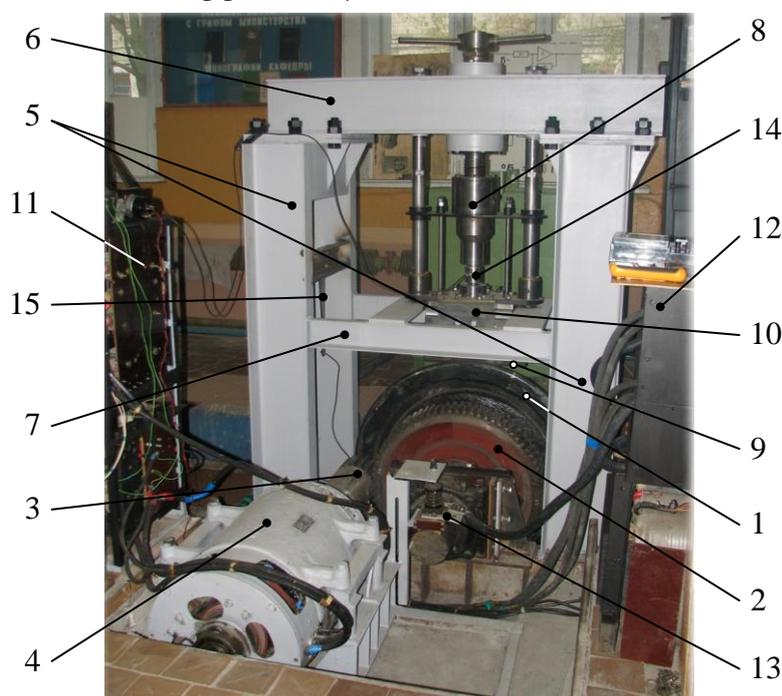


Рисунок 1 - Общий вид стенда

Стенд (рис. 1) содержит основание, на котором установлено колесо локомотива 1. Через тяговый редуктор 2 и промежуточный вал 3 колесо связано с электродвигателем 4. На стойках 5 посредством балок 6 и 7 смонтирован механизм 8 вертикального радиального нагружения колеса. Имитатор рельсового пути в виде отрезка рельса 9 жестко закреплен на подвижной направляющей роликовой опоры 10 и контактирует с колесом 1. Известно, что контакт колеса и рельса может быть как двухточечным, так и одноточечным и имеет различное расположение и форму в зависимости от поперечного смещения колесной пары и угла

набегания в процессе движения. Это приводит к различному разделению пятен контакта на зоны скольжения и сцепления и, следовательно, к разным условиям реализации тяговых качеств. По этой причине на стенде предусмотрено свободное перемещение колеса 1 по отношению к отрезку рельса 9, охватывающее все возможные случаи формирования контакта. Требуемый угол набегания колеса на отрезок рельса можно получить соответствующим поворотом роликовой опоры 10.

Для управления работой электродвигателя 4 стенд оборудован системой регулирования 11, которая позволяет изменять величину вращающего момента, а также число оборотов двигателя в широких пределах и установить требуемые режимы экспериментальных исследований.

С целью исследования влияния на сцепные и, следовательно, тяговые качества локомотивов электрического тока стенд снабжен специальным источником тока 12, который одним проводом через скользящие контакты 13 подключен к колесу 1 транспортного средства, а другим проводом соединен с отрезком рельса 9.

Измерение силы вертикального радиального нагружения колеса F_v осуществляется аналого-цифровым электронным динамометром 14 типа АЦДС-200И-2. Кроме того, стенд оборудован системой измерения касательной силы тяги F_k , в состав которой входят тензометрическая балка 15 и анализатор спектра А17-Т8 ТУ 6683-017-23516373-02.



Рисунок 2 - Устройство для обработки резанием поверхности катания колеса локомотива

Величина коэффициента ψ в значительной мере зависит от шероховатости контактирующих поверхностей колеса и рельса. Для получения требуемых значений шероховатости поверхности катания колеса на стенде установлено устройство для обработки резанием (рис. 2). Оно содержит опору 1, суппорт токарного станка 2, резцедержатель 3 с резцом 4 и винт 5, регулирующий поперечную подачу суппорта 2. Конструкция устройства позволяет производить обработку поверхности катания колеса 6 под требуемый профиль, чем обеспечивается проведение исследований сцепных качеств локомотива при различной степени износа колеса.

Наибольшая по сцеплению касательная сила тяги локомотива определяется [3] по известному закону $F_{кл} = \psi \eta_n G$, где: ψ – коэффициент сцепления колес с рельсами; η_n – статический коэффициент использования сцепного веса локомотива G . При этом величина коэффициента η_n определяется только конструктивными решениями в экипажной части, уменьшающими разгрузку колесных пар в тяговом режиме. На экспериментальном стенде установлено одно колесо локомотива, на которое воздействует сила вертикального радиального нагружения F_v , имитирующая часть сцепного веса G , а величина коэффициента η_n составляет ≈ 1 . Поэтому значения коэффициента сцепления можно определить по выражению

$$\psi = \frac{F_{\epsilon}}{F_a} \quad (1)$$

Таким образом, одним из основных факторов, влияющих на величину ψ при проведении экспериментальных исследований, является сила вертикального радиального нагружения колеса F_b .

В работах [4, 5] отмечено, что коэффициент ψ существенно зависит от плотности электрического тока, проходящего через пятно контакта колеса локомотива с рельсом. Современные тепловозы с электропередачей оборудованы тяговыми генераторами, токовая нагрузка которых позволяет обеспечить требуемую плотность тока в указанных пятнах контакта. На основании изложенного в качестве второго фактора исследований принята сила тока I , подаваемого в пятно контакта колеса и рельса.

На данном этапе исследований были проведены эксперименты в области факторного пространства, ограниченного значениями $F_b = (3730...7270)$ кгс и тока $I = (680...1520)$ А. Выбор этой области ориентирован на исследование коэффициента ψ маневровых тепловозов с электропередачей, а также необходим для проверки значимости нижних границ диапазонов варьирования исследуемых факторов.

Предварительные опыты выявили значительное влияние на коэффициент сцепления силы тока I , которая обуславливает нелинейный характер изменения ψ . Поэтому для исследования рассматриваемого процесса был использован ротатабельный план второго порядка [6], расчетная матрица которого при числе факторов $k = 2$ имеет восемь экспериментальных точек, расположенных на окружности радиусом 1,414 и пяти дополнительных опытов в нулевой точке (табл. 1).

Таблица 1 - Матрицы ротатабельного планирования эксперимента

№ опыта	Матрица планирования		Рабочая матрица	
	x_1	x_2	F_b , кгс	I , А
1	+	+	7270	1520
2	-	+	3730	1520
3	+	-	7270	680
4	-	-	3730	680
5	- 1,414	0	3000	1100
6	+1,414	0	8000	1100
7	0	-1,414	5500	500
8	0	+1,414	5500	1700
9	0	0	5500	1100
10	0	0	5500	1100
11	0	0	5500	1100
12	0	0	5500	1100
13	0	0	5500	1100

Испытания проведены для следующих условий: рельс был покрыт слоем моторного масла, в зону контакта колеса и рельса подавался выпрямленный двухполупериодный ток, шероховатость поверхности катания колеса соответствовала $R_a 2,5$, а рельса – $R_a 1,25$. Характерная осциллограмма экспериментальных исследований, выполненных по плану (табл. 1), приведена на рисунке 3. С целью проведения сравнительного анализа были выполнены дополнительные опыты во всех точках F_b плана при $I = 0$ А.

На вертикальной оси осциллограммы отражена шкала значений измеряемой касательной силы тяги F_k (кгс). Экспериментальные значения коэффициента сцепления, полученные в

результате анализа указанных осциллограмм и пересчета по зависимости (1), приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Экспериментальные значения коэффициента сцепления

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
$y_u = \psi$	0,34	0,36	0,19	0,20	0,25	0,22	0,17
№ опыта	8	9	10	11	12	13	$N = 13$
$y_u = \psi$	0,35	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	$\Sigma y_u = 3,26$

Основной задачей проведения экспериментальных исследований являлось получение математической модели коэффициента сцепления ψ . В общем случае неизвестная функция расчетного значения критерия планирования \bar{y}_u принималась в виде полинома n -ой степени [6]

$$\bar{y}_e = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (2)$$

где: b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициенты регрессии;

x_i, x_j – факторы, оказывающие влияние на величину \bar{y}_u ;

k – число управляющих факторов.

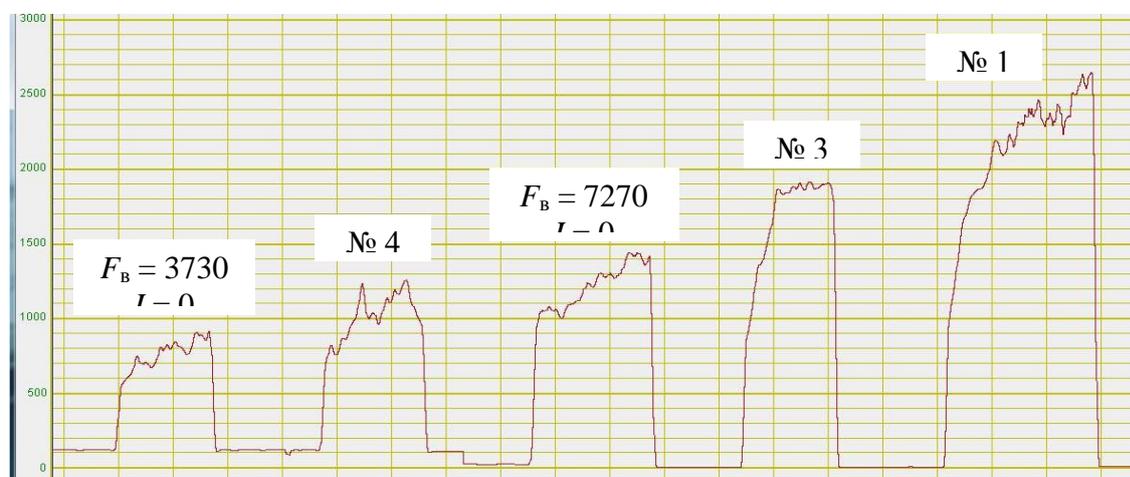


Рисунок 3 - Осциллограмма исследуемого процесса

Уравнение регрессии, соответствующее ротатбельному плану второго порядка, имеет вид

$$\bar{y}_e = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2. \quad (3)$$

После вычисления значений коэффициентов регрессии по известным зависимостям [6] была получена искомая математическая модель:

$$\bar{y}_u = 0,236 - 0,009 x_1 + 0,0706 x_2 - 0,0025 x_1 x_2 + 0,0055 x_1^2 + 0,018 x_2^2. \quad (4)$$

Значимость коэффициентов регрессии в уравнении (4) была проверена по стандартной методике [6]. Сравнение абсолютных величин коэффициентов регрессии и соответствующих погрешностей в их оценке показало, что с доверительной вероятностью 95 % в уравнении можно считать значимыми все коэффициенты, кроме b_{12} и b_{11} . В связи с этим рассматриваемое уравнение можно упростить:

$$\bar{y}_i = 0,236 - 0,009x_1 + 0,0706x_2 + 0,018x_2^2. \quad (5)$$

На основании регрессионной модели (5) построена зависимость $\psi = f(F_v, I)$, приведенная на рисунке 4.

Анализ осциллограмм (рис. 3) и зависимости (рис. 4) позволил сделать следующие выводы.

1. В условиях наличия моторного масла в контакте колеса и рельса, с изменением нагрузки от колеса на рельс F_v от 4000 до 7000 кгс и с ростом силы тока I , проходящего через пятно контакта, от 700 до 1500 А происходит значительное увеличение коэффициента сцепления ψ , который достигает значений 0,35...0,36.

2. Сила вертикального радиального нагружения колеса F_v не оказывает существенного влияния на величину коэффициента сцепления ψ .

3. При токах $I = 600...700$ А рост коэффициента ψ по отношению к опытам при $I = 0$ А составляет $\approx 15...20$ %, что представляет практический интерес. Таким образом, подтверждена обоснованность выбора нижней границы диапазона варьирования тока I .

4. Полученная математическая модель может быть использована при прогнозировании сцепных качеств маневровых тепловозов.

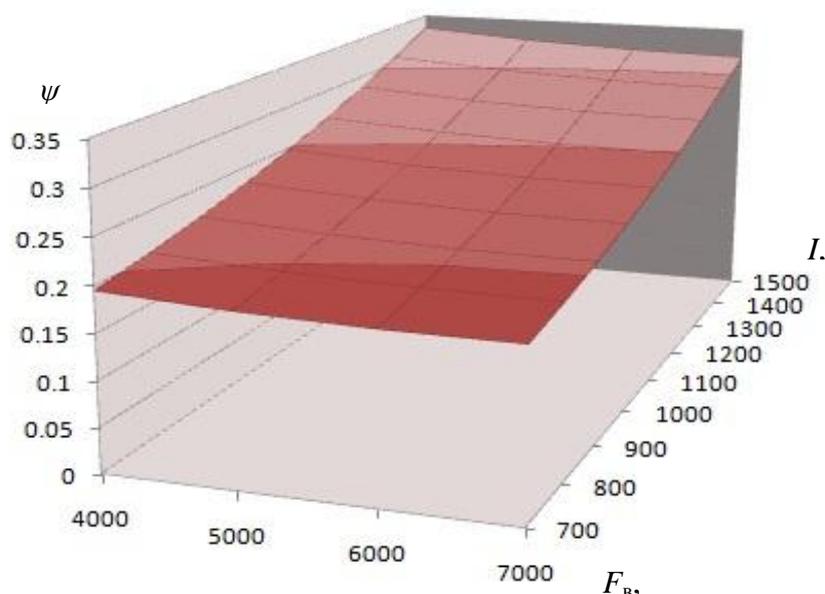


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента сцепления колеса локомотива с рельсом от силы вертикального радиального нагружения F и силы электрического тока I в

Программой испытаний предусмотрены дальнейшие исследования на натурном стенде. Эксперименты будут проведены при сухом обезжиренном контакте колеса и рельса, а также при наличии в зоне контакта воды и моторного масла. Кроме того, планируется внешнее воздействие на контакт электрическими токами различного рода и формы, а именно: переменным и постоянным токами, а также с выпрямленными двухполупериодным и однополупериодным токами требуемых величин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивахин, А. И. Управление тяговыми качествами тепловозов с электрической передачей мощности [Текст] / А. И. Ивахин, Д. И. Петраков // Тяжелое машиностроение. – 2011. – № 3. – С. 11 – 16.
2. Ивахин, А. И. Стенд для исследования тяговых свойств в системе колесо – рельс железнодорожных транспортных средств [Текст] / А. И. Ивахин, В. И. Травиничев, Д. И. Петраков // Тяжелое машиностроение. – 2011. – № 4. – С. 2 – 5.

3. Михальченко, Г. С. Теория и конструкция локомотивов [Текст]: учеб. Пособие для вузов ж.-д. трансп. / Г. С. Михальченко, В. Н. Кашников, В. С. Коссов, В. А. Симонов; под ред. Г. С. Михальченко. – М.: Маршрут, 2006. – 584 с.
4. Ткаченко, В. П. Кинематическое сопротивление движению рельсовых экипажей [Текст] / Монография. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1996. – 200 с.
5. Воробьев, Д. В., Тихомиров В.П., Ивахин А.И. Трибологические характеристики металл-металлических пар при воздействии на контакт электрического и магнитного полей [Текст] / Д. В. Воробьев, В. П. Тихомиров, А. И. Ивахин // Вестн. БГТУ. 2005. – № 2. – С. 33-36.
6. Тихомиров, В. Б. Планирование и анализ эксперимента [Текст] / В. Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

Кобищанов Владимир Владимирович

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

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

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Подвижной состав железных дорог»

Тел.: +7(4832)560466

E-mail: Wagon@tu-bryansk.ru

Ивахин Александр Иванович

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог»

Тел.: +7(4832)560261, +7(961)1038173

Петраков Дмитрий Иванович

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

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

Аспирант кафедры «Подвижной состав железных дорог»

Тел.: +7(4832)560261

E-mail: Petrakov.bstu@mail.ru

V. V. KOBISCHANOV, A. I. IVAKHIN, D. I. PETRAKOV

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ELECTRIC CURRENT ON THE COUPLING LOCOMOTIVES WHEELS WITH THE RAILS

Designed and manufactured full-scale stand, which is based on the tribological system that contains the wheel of the locomotive and the rail segment. The results of experimental studies of the effect of electric current on the friction coefficient of the locomotive.

Keywords: locomotives, traction coefficient, electrical current, full-scale stand, experimental studies

BIBLIOGRAFIYA

1. Ivakhin, A. I. Upravlenie tyagovymi kachestvami teplovozov s elektricheskoy peredachey moshchnosti [Текст] / А. И. Ивахин, Д. И. Петраков // Тяжелое машиностроение. - 2011. - № 3. - С. 11 - 16.
2. Ivakhin, A. I. Stend dlya issledovaniya tyagovykh svoystv v sisteme koleso - rel's zheleznodorozhnykh transportnykh sredstv [Текст] / А. И. Ивахин, В. И. Травничев, Д. И. Петраков // Тяжелое машиностроение. - 2011. - № 4. - С. 2 - 5.
3. Mikhal`chenko, G. S. Teoriya i konstruktsiya lokomotivov [Текст]: ucheb. Posobie dlya vuzov zh.-d. трансп. / G. S. Mikhal`chenko, V. N. Kashnikov, V. S. Kossov, V. A. Simonov; pod red. G. S. Mikhal`chenko. - M.: Marshrut, 2006. - 584 s.
4. Tkachenko, V. P. Kinemacheskoe soprotivlenie dvizheniyu rel'sovykh ekipazhey [Текст] / Monografiya. - Lugansk: Izd-vo VUGU, 1996. - 200 s.
5. Vorob`ev, D. V., Tikhomirov V.P., Ivakhin A.I. Tribologicheskie kharakteristiki metall-metallicheskih par pri vozdeystvii na kontakt elektricheskogo i magnitnogo poley [Текст] / D. V. Vorob`ev, V. P. Tikhomirov, A. I. Ivakhin // Vestn. BGTU. 2005. - № 2. - С. 33-36.
6. Tikhomirov, V. B. Planirovanie i analiz eksperimenta [Текст] / V. B. Tikhomirov. - M.: Legkaya industriya, 1974. - 262 s.

Kobischanov Vladimir Vladimirovich

FGBOU VPO "Bryansk State Technical University"

Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7

Dr. Sc. Sciences, professor, head of "Rolling stock of railways"

Tel.: +7(4832)560466

E-mail: Wagon@tu-bryansk.ru

Ivakhin Alexander Ivanovich

FGBOU VPO "Bryansk State Technical University"

Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7

Candidate. Technical. Sciences, Associate Professor of "Rolling stock of railways"

Tel.: +7(4832)560261, +7(961)1038173

Petrakov Dmitri Ivanovich

FGBOU VPO "Bryansk State Technical University"

Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7

Postgraduate of "Rolling stock of railways"

Tel.: +7(4832)560261

E-mail: Petrakov.bstu @ mail.ru

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

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел.: +7 (4862) 43-48-90

УДК 629.113.004

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В процессе диагностирования не решен вопрос по выявлению неисправностей на основе анализа осциллограмм повторяющихся процессов без значительного опыта оператора и использования инструкции по эксплуатации, что приводит к значительным затратам времени. Предлагается внести изменения в программу зависимости изменения давления топлива дизельных двигателей при различных неисправностях, что приведет к совершенствованию исполнительной программы компьютерного комплекса диагностирования и упростит процесс выявления отказов автомобилей.

Ключевые слова: автомобиль, неисправность, диагностирование, моделирование, осциллограмма.

Компьютеризация во всех сферах производства и обслуживания является одним из важнейших элементов улучшения условий труда, снижения трудозатрат и повышения производительности.

Развитие компьютерного диагностического оборудования позволяет существенно интенсифицировать процесс поиска неисправностей и облегчить постановку диагноза. Все основные нормативные значения параметров технического состояния автомобиля и его агрегатов, а также алгоритм контроля заложены в памяти и доступны пользователю в любой момент применения диагностического комплекса.

Наиболее значительные успехи, связанные с применением компьютерных технологий в автомобильном транспорте наблюдаются в области диагностирования автомобилей. В нашей стране одними из перспективных моделей являются комплексы автодиагностирования двигателей КАД-300, КАД-400. К основным преимуществам комплексов автодиагностирования можно отнести сравнительно быстрое диагностирование, как карбюраторных, дизельных, так и двигателей с впрыском топлива.

Наряду с этими положительными факторами в существующих комплексах, не полностью решен вопрос по выявлению неисправностей на основе анализа осциллограмм повторяющихся процессов, например, таких как изменение давления топлива. Выявить неисправность по виду осциллограммы может только высококвалифицированный, опытный диагност, постоянно использующий диагностический комплекс или возникает необходимость в использовании инструкции по эксплуатации диагностического комплекса [1,2]. Все это приводит к значительным затратам времени. Поэтому нами предлагается два пути решения проблемы:

1. Нанести неисправности на лист (табл. 1), которые разработчиками КАД проанализированы, как влияние различных неисправностей на характер пульсаций давления и закрепить перед дисплеем для сравнения с осциллограммами неисправного состояния дизельного двигателя.

2. Внести изменения в программу, т.е. на дисплее прибора должны высвечиваться две кривые – базовая (например, зеленым цветом) и рабочая (например, синим цветом), при совпадении кривых диагностируемый элемент двигателя считается исправным, в противном случае – неисправным. Такой способ эффективен и информативен, но сложность изменения программы и отдаленность завода-изготовителя не позволяют в короткое время внести изменения.

Известно, что ядром компьютерных мотор-тестеров являются исполнительные программы КАД-300.exe., КАД-400.exe. Добавив функцию вызова осциллограмм давления топлива с возможными неисправностями во время диагностирования двигателя, можно обеспечить визуальное сравнение реальной и базовой осциллограмм. Это позволит упростить процесс выявления отказов.

При запуске программа начинает работу с проверки наличия контакта с датчиком давления. Если контакт не установлен, то на экран прибора выводится надпись «Ошибка! Датчик недоступен». В этом случае программа прекращает свою работу.

Если контакт с датчиком установлен, то в программу вводятся начальные данные. Затем программа по показаниям датчика строит график и при наличии неисправностей выводит их на экран в текстовом режиме. Программа считывает значения с накладного датчика давления топлива, установленного на топливопровод высокого давления.

Существующие комплексы автодиагностики, к которым относится и комплексы КАД-300, КАД-400 позволяют оценивать техническое состояние не только бензиновых двигателей, но и дизельных. Для этого они снабжаются накладными пьезодатчиками давления для автомобильной диагностики дизельных двигателей с диаметром топливопровода 6, 7 мм САР 6600, САР 6700 (CAPELEC, Франция). Сигнал с датчиков обрабатывается исполнительной программой KAD-300.exe, KAD-400.exe и предоставляется диагносту в качестве осциллограмм давления в контуре высокого давления топливной системы дизеля, что является весьма информативным показателем технического состояния элементов системы питания.

Считанные значения автоматически записываются в базу данных программы, затем, на основании этих данных, строятся графики давления топлива. По давлению топлива в контрольных точках определяется наличие неисправности и её вид.

Изменение давления анализируется следующим образом [3] (рис. 1).

Здесь в точке 1 начинается повышение давления в результате движения плунжера насоса, в точке 2 срабатывает нагнетательный клапан, и при малой скорости движения плунжера рост давления на некоторое время замедляется. В точке 3 поднимается игла форсунки. При этом давление падает, поскольку высвободившийся объем не успевает заполниться топливом, а затем снова повышается до определённой величины.

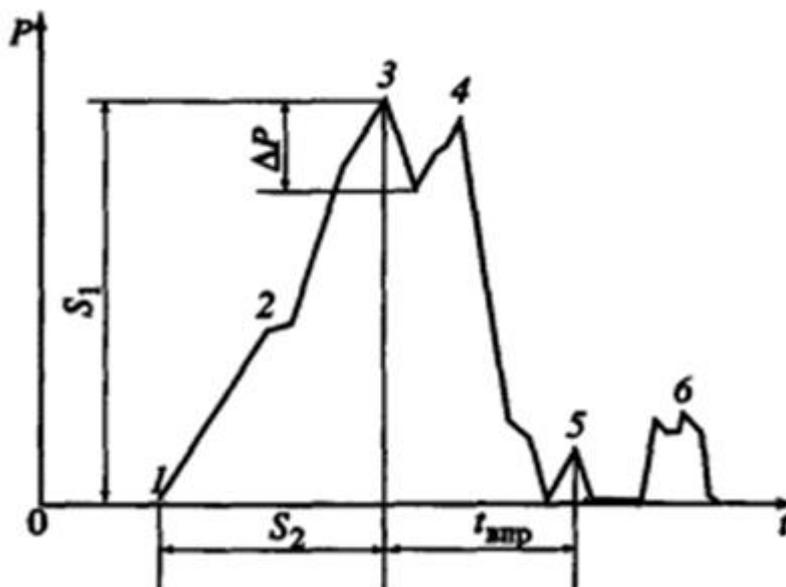


Рисунок 1 - Характерные точки на графике давления топлива

Точка 4 на большой частоте вращения коленчатого вала двигателя может характеризовать максимальное давление процесса впрыска. Однако для нормального процесса в режиме холостого хода это давление обычно фиксируется по характерному пику точки 3. В точке 5 происходит "посадка" иглы форсунки и впрыскивание заканчивается, после чего происходит "посадка" в седло нагнетательного клапана плунжера. Импульсы остаточного давления (6) появляются в результате недостаточной герметичности нагнетательного клапана. Величина сигнала S1 определяет затяжку пружины форсунки и статическое давление начала впрыска.

Перепад давления ΔP характеризует подвижность иглы форсунки. Путем интегрирования на периоде впрыска твпр можно оценить цикловую подачу топлива. Время задержки впрыска S2 характеризует зазор в плунжерной паре, вызывающий утечку топлива между гильзой и плунжером.

Как видно влияние различных неисправностей топливной системы дизеля на вид осциллограмм пульсации высокого давления весьма разнообразное и начинающему мастеру диагностику сложно по виду осциллограммы определить причину отказа.

Необходима предварительная подготовка, которая должна проходить в условиях приближенных к производственным, т.е. на экране компьютера должно воспроизводиться возможное изменение давления в топливной системе соответствующее заданной неисправности, а диагност должен правильно его идентифицировать.

С этой целью в комплексах KAD-300, KAD-400 предлагается ввести модуль, воспроизводящий осциллограммы давления при различных неисправностях элементов системы питания на основе чего создается база данных с осциллограммами давления при различных неисправностях топливной системы.

Так как описать осциллограммы аналитическими зависимостями не предоставляется возможным, то при создании базы осциллограмм использован метод оцифровки уже существующих осциллограмм, которая производилась с помощью программы Graph2Digit2. Оцифровка выполнялась по цвету линии графика (цвет линии - синий), который был предварительно подготовлен (рис. 2). Далее были заданы пределы и шаги оцифровки по координатным осям. Поскольку весь процесс изменения давления при впрыске топлива проходил за 20 мс, предел по абсциссе был принят равным 200. Шаг в нашем случае равен 1, что в переводе в мс составило 0,1 мс. Такие параметры позволили наиболее точно оцифровать исходный график и получить базу данных по данной зависимости, которая была трансформирована в файл системы управления базами данных Paradox.

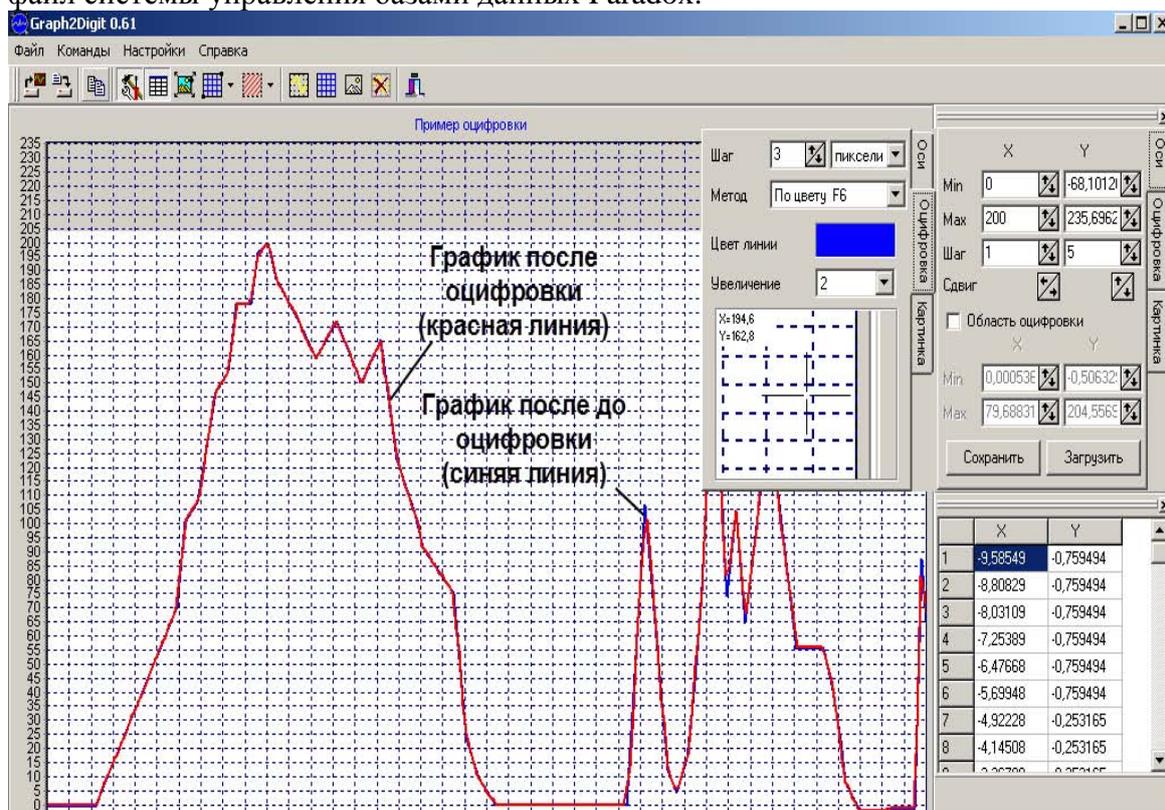


Рисунок 2 – Оцифровка графика давления топлива

В комплексах KAD-300, KAD-400 для выхода в режим диагностирования системы питания мастеру-диагносту предлагается выбрать диагностируемый автомобиль, подсоединить

датчик к контрольным точкам дизельного двигателя и перейти на режим «Опережение». Запустить двигатель и нажать кнопку F4 «Осциллограмма».

На экране появится осциллограмма синего цвета 1 (рис. 3), 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 3 - Окно с осциллограммами комплекса КАД-400

Перебирая имеющиеся в базе данных неисправности, начинающий диагност может найти визуально совпадающие осциллограммы синего цвета 1 (осциллограмма диагностируемого двигателя) и красного цвета 3 (осциллограмма из базы данных соответствующая известной неисправности), т.е. определить неисправность топливной системы дизеля.

Базы данных с осциллограммами различных неисправностей подготовлены по материалам разработчиков комплекса автодиагностики для двигателей КамАЗ для режимов работы двигателей на минимально устойчивых и повышенных оборотах (2000 мин⁻¹).

Данные базы могут быть использованы не только в виртуальном комплексе, но и в реальных комплексах КАД-300, КАД-400, а также встроенных системах диагностирования. В этом случае помощь в поиске осциллограмм будет иметь наибольший эффект, однако потребует от разработчиков комплекса некоторых изменений в исполнительных программах КАД-300.exe, КАД-400.exe.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Лянденбургский, В. В. Средства для диагностирования топливной аппаратуры автомобилей с дизельными двигателями [Текст]: моногр. / В. В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 208 с.
3. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Е.С. Кузнецова. – М.: Транспорт, 2003. – 413 с.

Лянденбургский Владимир Владимирович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Тел.: +7(8412)498330

E-mail: dekauto@pguas.ru

Иванов Александр Семенович

ФГБОУ ВПО «Пензенская сельскохозяйственная академия»

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

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Тел.: +7(8412)498330

E-mail: ias55@mail.ru

Кравченко Евгения Владимировна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Студент гр. ААХ-21

Тел.: +7(8412)498330

E-mail: dekauto@pguas.ru

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

IMPROVING DIAGNOSIS OF DIESEL FUEL SYSTEM

In the course of diagnosing the question on revealing of malfunctions on the basis of the analysis of oscillograms of repeating processes without considerable experience of the operator and maintenance instruction use that leads to considerable expenses of time isn't solved. It is offered to make changes to the program of dependence of change of pressure of fuel of diesel engines at various malfunctions that will lead to perfection of the executive program of a computer complex of diagnosing and will simplify process of revealing of refusals of cars.

Keywords: the Car, the process equipment, diagnosing, modeling, the oscillogram.

BIBLIOGRAPHY

1. Lyandenburskiy, V. V. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley. Diagnostirovanie avtomobiley. [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Lyandenburskiy, A. A. Kartashov, A. S. Iva-nov. - Penza: PGUAS, 2011. - 288 s.
2. Lyandenburskiy, V. V. Sredstva dlya diagnostirovaniya toplivnoy apparatury avto-mobiley s dizel'nyimi dvigatelyami [Tekst]: monogr. / V. V. Lyandenburskiy. - Penza: PGUAS, 2012. - 208 s.
3. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley / Pod red. d-ra tekhn. nauk, prof. E.S. Kuznetsova. - M.: Transport, 2003. - 413 s.

Ljandenbursky Vladimir Vladimirovich

The Penza state university of architecture and building

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Chair «Operation of motor transport»

Cand.Tech.Sci., the senior lecturer

Tel.: +7(8412)498330

E-mail: dekauto@pguas.ru

Ivanov Alexander Semenovich

Penza agricultural academy

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Cand.Tech.Sci., the senior lecturer

Tel.: +7(8412)498330

E-mail: ias55@mail.ru

Kravchenko Evgenie Vladimirovna

The Penza state university of architecture and building

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

The student gr. ААХ-21

Tel.: +7(8412)498330

E-mail: dekauto@pguas.ru

О. А. ПИВОВАРОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ВЫПУСКНЫХ КЛАПАНОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДИЗЕЛЯ 14Д40

В статье представлены материалы, отражающие экспериментальные исследования пропускной способности перфорированных клапанов газораспределительного механизма дизеля 14Д40.

Ключевые слова: пропускная способность, перфорированные клапаны, дизель 14Д40.

Подвижный состав железных дорог является важнейшей составной частью технических средств железного транспорта, характеристика, свойства и показатели, которого определяются ростом перевозок, связанным с развитием экономики, промышленности и торговли. Современные тепловозы имеют достаточно высокую секционную мощность, значительную силу тяги соответствующую экономичность и надежность, однако, несмотря на такие высокие показатели, все известные конструкции тепловозов еще далеки до совершенства.

Эффективность газораспределительного тракта в значительной мере зависит от степени гидравлического совершенства всех элементов выпускной системы. Для обеспечения работы тепловозного дизеля 14Д40 в каждой крышке цилиндра установлено по четыре выпускных клапана, выполненных из жаростойкой стали. Клапаны прижимаются к седлу пружинами и открываются траверсой взаимодействующей одновременно с двумя клапанами через гидротолкатели. К существенным недостатком газораспределительного механизма (ГРМ) такого дизеля можно отнести во-первых, высокую температурную напряженность выпускных клапанов порядка 470°C (743К) и во-вторых создание ими достаточной величины сопротивления потоку отработанных газов.

Учитывая выше изложенное, в Орловском государственном университете кафедрой мехатроники и международный инжиниринг совместно с кафедрой прикладной механики и инженерной графики Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина в течении 2005 - 2011 согласно договору с Управлением ЮВЖД филиал ОАО "РЖД" и Елецким отделением ЮВЖД филиала ОАО "РЖД" приводилась НИР на тему «Разработка рекомендаций по повышению качества эксплуатационной работы, а также надёжности и экономичности использования подвижного состава в грузовом и пассажирском движении на Юго-Восточной дороге», и по одному из ее разделов осуществлялись работы, связанные с модернизацией силовых установок, используемых в современных тепловозах. По результатам проведенного анализа библиографических и патентных источников университетом получен ряд патентов на изобретения: RU2397336, RU2316655, RU 2433283, направленных на модернизацию газораспределительных механизмов четырехтактных и двухтактных ДВС тепловозов и в частности дизеля 14Д40. При этом проведённые расчёты пропускной способности указанных технических решений в сравнении с серийными клапанами.

Для подтверждения правильности полученных расчётных данных предложенных конструкций клапанов (RU2397336, RU2316655, RU 2433283) были проведены стендовые экспериментальные исследования по оценке их пропускной способности в сравнении с серийным клапаном.

Стендовые экспериментальные исследования являются важнейшей частью научного исследования, позволяющие с помощью создания физических и математических моделей, а также теории вероятности определить число повторений опытов некоторого комплекса условий, допускающего неограниченное число повторений по изучению определенного вида нагружения клапана газораспределительного механизма в реальных эксплуатационных режимах его работы.

Математические методы планирования эксперимента в данном случае по изучению

пропускной способности газораспределительного клапана оказываются в большинстве случаев общими для моделей, используемых в конструкции рельсовых транспортных средств. Возможность планирования возникает в том случае, когда известно априори, что интересующий экспериментатора ответ может быть получен в результате постановки ряда повторностей эксперимента. Обычно эксперимент разбивается на этапы и на каждом из них можно решить экстремальную задачу определения оптимального для следующего этапа эксперимента.

С учетом вышеизложенного при проведении экспериментального исследования газораспределительного механизма в части пропускной способности отработанных газов установлено восемь этапов испытаний для каждого клапана имеющих различные конструкции (вышеуказанные номера патентов) с проведением пятикратной повторности эксперимента.

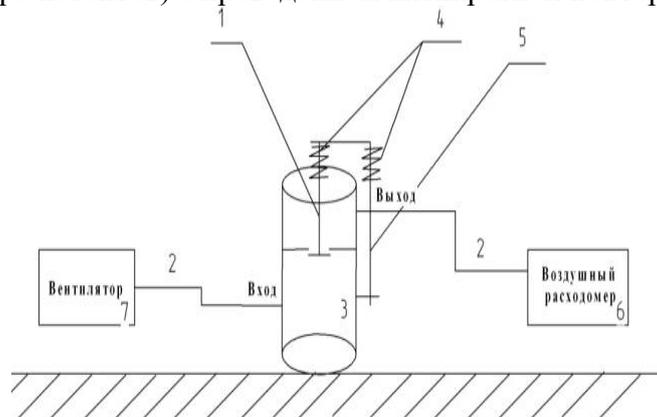


Рисунок 1- Принципиальная схема

Применение методов планирования эксперимента может дать определенные результаты по оценке работоспособности исследуемой конструкции клапана. Для этого планируемые опыты были поставлены на разработанном стенде, имитирующем ток отработанных газов, характерный для эксплуатационных условий дизеля 14Д40.

На рисунке 1 показана принципиальная схема такого стенда. Он представляет собой вентилятор 7, используемый для подачи потока воздуха в полость 3, воздушного расходомера 6, используемого для регистрации проходящего через цилиндр 3, соединительных шлангов 2, непосредственно самой установки, которая в свою очередь состоит из цилиндра 3, клапана 1, пружин 4 и толкателя 5. Согласно представленной принципиальной схеме стенда в период 2009-2011 гг. изготовлен натурный его образец и на рисунке 2 показан его общий вид и детализовка. Работа вышеуказанного стенда по испытанию как серийного, так и макетных образцов клапанов признанных изобретениями заключалась в пропуске воздушного потока создаваемого вентилятором через образованную при открытии клапанов с определенным шагом проходного сечения. Отличием опытных макетных образцов от серийного заключается в том, что их отверстия выполнены в головках газораспределительных клапанов участвуют в выпуске сжатого воздуха, имитирующего отработанные газы, создаваемые в реальной конструкции дизеля. На рисунке 2 показаны исследуемые конструкции клапанов, привязанные к ГРМ дизеля 14Д40, которые соответственно имеют следующие геометрические характеристики: серийный клапан (первый справа) диаметр штока 18 мм, диаметр тарелки клапана 75 мм, ширина посадочного пояса 8 мм, длина клапана 297 мм, угол бразующей фаски 450.

Макетные образцы клапанов выполненных по патентам RU2268373 RU2397336, RU2316655, RU2433283 имеют подобные размеры (на рисунке 2 два клапана расположенные слева) и отличаются тем, что, согласно перечисленным патентам, включают следующие конструктивные компоненты - количество отверстий в тарелке 18 шт., диаметр отверстий - 3 мм, диаметр канала в стержне клапана - 8 мм, ширину призматических каналов - 3 мм и их глубину - 4 мм.

Испытания по пропускной способности серийного и каждого из вышеуказанных опытных образцов, снабженных различными по форме каналами производились согласно известным методикам описанным в соответствующих литературных источниках и работам, посвященным изучению производительности потока газов характерного для эксплуатационных условий работы дизеля в следующей последовательности [1]. Для этого первоначально серийный клапан устанавливался в рабочий цилиндр 1, в котором размещена деталь характеризующая серийное седло клапана, и затем последний крепился своим стержнем на направляющей втулке и толкателе 4 с таким расчетом, что между седлом и тарелкой клапана находился зазор соответствующий перемещению клапана по высоте на 5 мм. После этого вентилятор и воздушный расходомер подключались к соответствующим разъемам и устанавливались исходные показания воздушного расходомера. Затем осуществлялась подача воздуха в цилиндр 1 и на протяжении одной минуты регистрировались показания расхода воздуха проходящего через воздушный расходомер. После этого вентилятор отключался и клапан перемещался по вертикали на следующую ступень также равную 5 мм. Подобным образом также с шагом равным 5 мм клапан открывался полностью на 40 мм, что эквивалентно рабочему ходу клапана в реальной конструкции дизеля 14Д40. В дальнейшем подобный эксперимент на серийном клапане ставился в пяти кратной последовательности и данные показания воздушного расходомера регистрировались в журнале испытаний. Вторым этапом испытаний являлась установка на стенд клапана выполненного по патенту RU2268373. При этом методика проведения эксперимента на указанной конструкции проводилась в той же последовательности что и для серийного клапана, а регистрация фиксированных параметров также отмечалась исследователем в соответствующем журнале. В последующем, аналогично выше описанному, были поставлены эксперименты на двух других клапанах также признанных изобретениями RU2397336, RU2397336 и RU2433283. В результате проведенных экспериментов, характеризующих пропускную способность как серийного, так и в сравнении с ним экспериментальных конструкций клапанов строились графики в координатах $Q\% = f(h)$, где: $Q\%$ - производительность потока проходящего воздуха через клапаны создаваемого вентилятором в процентном отношении к общему расходу при отсутствии в цилиндре 1 клапана, а h - ход клапан в мм.

Таблица 1- Результаты экспериментальных исследований серийного клапана

h, мм \ Q, %	5	10	15	20	25	30	35	40
1.	31,4	47,5	57,9	64,2	65,1	66	67,5	68,4
2.	31,6	47,8	57,8	63,9	64,9	65,9	67,8	68,9
3.	31,6	47,6	58	63,9	64,9	66,1	67,7	68,6
4.	31,3	47,5	58,1	64,1	65,2	66,2	67,7	68,6
5.	31,3	47,6	57,7	64,1	65	66,1	67,6	68,5
Среднее значение	31,44	47,6	57,9	64,04	65,02	66,06	67,66	68,6

Таблица 2- Результаты экспериментальных исследований модернизированного клапана выполненного по патенту RU2268373

h, мм \ Q, %	5	10	15	20	25	30	35	40
1.	35,2	52,4	62,2	66,5	67,8	68,9	69,8	71,8
2.	35,3	52,3	62,3	66,4	67,9	69	69,7	71,9
3.	35,2	54,4	62,1	66,4	67,9	69,1	70	71,8
4.	35,3	54,5	62,3	66,6	67,7	68,8	70,1	72
5.	35,3	54,5	62,3	66,4	67,7	68,8	69,9	72
Среднее значение	35,26	53,62	62,24	66,46	67,8	68,92	69,9	71,9

Таблица 3 - Результаты экспериментальных исследований модернизированного клапана выполненного по патенту RU2397336

h, мм \ Q, %	5	10	15	20	25	30	35	40
1.	33,5	50	62	67,5	68,4	69,6	71,2	72,6
2.	33,8	50,5	62	67,6	68,5	69,5	71,3	72,52
3.	33,9	50,4	61,9	67,6	68,5	69,5	71,3	72,6
4.	34	50,4	61,8	67,65	68,6	69,7	71,25	72,5
5.	34,1	50,4	61,8	67,5	68,6	69,7	71,2	72,7
Среднее значение	33,86	50,34	61,9	67,57	68,52	69,6	71,25	72,58



Рисунок 2 - Макетный образец газораспределительного механизма

Обработку полученных данных производили на основании известных методов обработки случайных величин с установлением среднего значения указанных параметров $Q\% = f(h)$, на основании чего были построены графики рисунке 3, позволяющие дать оценку эффективности использования предложенных технических решений в сравнении с серийной конструкции газораспределительного механизма дизеля 14Д40 и установить среднестатистическую величину их пропускной способности. В результате проведенные стендовые экспериментальные исследования пропускной способности элементной базы трех сравниваемых

конструкций таких как, серийный клапан и четыре перспективных позволили сделать следующие выводы и предложения.

Таблица 4 - Результаты экспериментальных исследований модернизированного клапана выполненного по патенту RU2397336 и RU2433283

h, мм \ Q, %	5	10	15	20	25	30	35	40
1.	44,6	63,1	72,1	79	82,2	83,2	84,5	85,1
2.	44,5	63,2	72,3	79,1	82,3	83,4	84,6	85,2
3.	44,4	63,2	72,1	79,1	82,3	83,4	84,7	85
4.	44,7	63,1	72,3	79	82,1	83,3	84,7	85,1
5.	44,5	63,1	72,1	79,2	82,1	83,3	84,6	85
Среднее значение	44,54	63,14	72,18	79,08	82,2	83,32	84,62	85,08

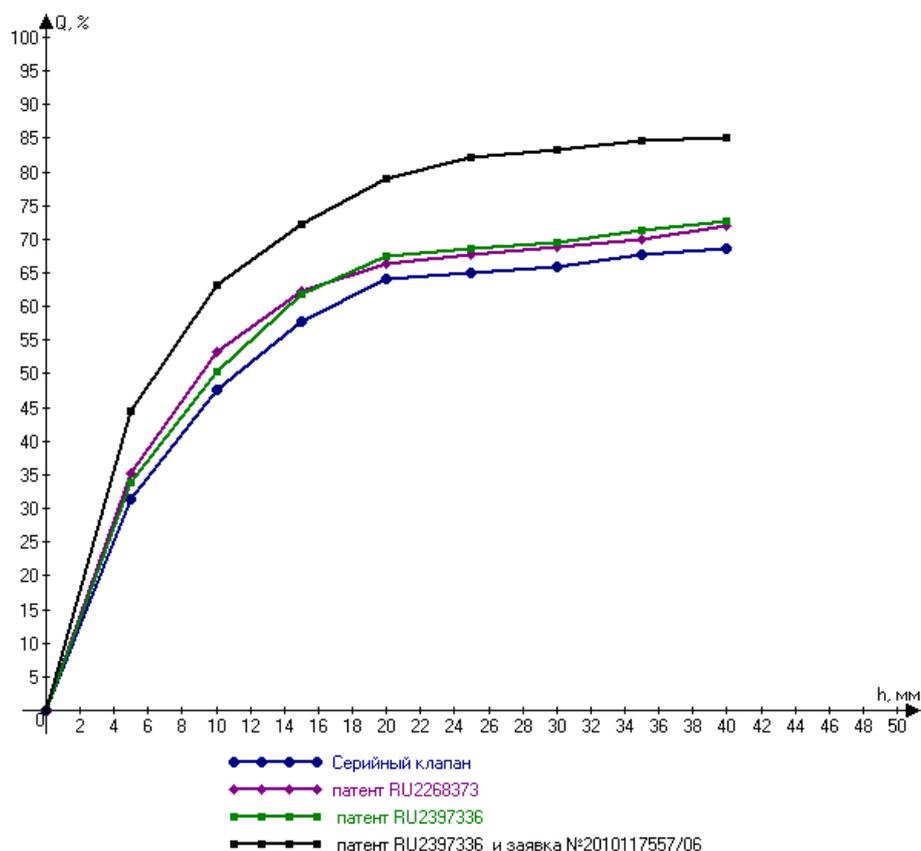


Рисунок 3 - График

Так, из таблицы 1 видно, что если у серийного образца объем проходящего потока воздуха в сравнении с тем, когда в системе отсутствует клапан, и для прохождения последнего не имеется препятствий, численные значения Q % составляют 100%, то после установки серийного клапана и при линейном перемещении в диапазоне от h = 5 мм до h = 10 мм, такой показатель лежит в пределах от 31,44% и 47,6%. Однако, для опытных образцов клапанов такой показатель Q% возрастает и для каждой конструкции в отдельности имеет соответствующие характеристики позволяющие установить эффективность их пропускной способности в сравнении с серийным образцом. Так для клапана, выполненного по патенту RU2268373 «таблица 2» величина Q% при полном открытом клапане до h = 40 мм в сравнении с серийным увеличивается на 4,8 %. Для конструкции выполненной по патенту RU2397736 «таблица 3» также отмечен при таком же ходе клапана рост пропускной способ-

ности на 5,8 %. Для технического решения включающего в себя две разработки, созданные на уровне изобретений RU2397736 и RU2433283 «таблица 4» рост пропускной способности клапана также в сравнении с серийным и соответствующим ходом $h=40$ мм составляет 19,4 %.

Проведенный анализ полученных результатов по расчету изменения площади каналов, предназначенных для прохождения потока газов, а также проведенных экспериментальных исследований в этом же направлении показал, что они удовлетворительно согласуются между собой и расхождения между ними составляет порядка около 21,1 %.

Анализируя полученные результаты видно, что из всех предложенных технических решений наиболее эффективной с точки зрения пропускной способности является последняя конструкция клапана, которая в сравнении, как с серийным образцом, так и двумя другими экспериментальными позволяет значительно увеличить пропускную способность газораспределительного механизма. Поэтому, такие конструкции предлагаются конструкторским и научно-исследовательским подразделениям, как отечественным, так и зарубежным, для рассмотрения и возможного испытания их в эксплуатационных условиях с целью проверки последних на работоспособность и дальнейшего возможного использования в конструкциях двухтактных и четырехтактных конструкциях дизелей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Драганов, Б. Х. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Б. Х. Драганов и др. – К.: Высшая школа. Главное изд., 1987. – 175 с.
2. Пивоваров, О. А. Функциональные элементы дизельных двигателей тепловозов [Текст]: монография / О. А. Пивоваров, Л. А. Савин, Е. В. Сливинский. – Орёл: Издательский дом «ОРЛИК» и К, 2010. – 124 с.
3. Ширяев, В. М. Повышение долговечности выхлопных клапанов форсированных двигателей [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ширяев В. М. - Коломна, 1983.- 194 с.

Пивоваров Олег Андреевич

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

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

Аспирант кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»

Тел.: +7(4862)432943

E-mail: ole8lud@rambler.ru

O. A. PIVOVAROV

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE BANDWIDTH OF A PERFORATED EXHAUST VALVE TIMING MECHANISM OF THE DIESEL 14Д40

The article presents the materials reflecting experimental studies of the bandwidth of a perforated valve timing mechanism of the diesel 14Д40

Keywords: *valve timing mechanism, the bandwidth of a perforated valve, the diesel 14Д40.*

BIBLIOGRAPHY

1. Draganov, B. H. Konstruirovaniye vpusknykh i vypusknnykh kanalov dvigateley vnut-rennego sgoraniya [Tekst] / B. H. Draganov i dr. - K.: Vysshaya shkola. Golovnoe izd., 1987. - 175 s.
2. Pivovarov, O. A. Funktsional`nye elementy dizel`nykh dvigateley teplovozoov [Tekst]: monografiya / O. A. Pivovarov, L. A. Savin, E. V. Slivinskiy. - Oriol: Izdatel`skiy dom "ORLIK" i K, 2010. - 124 s.
3. Shiryaev, V. M. Povysheniye dolgovechnosti vykhlopnnykh klapanov forsirovannykh dvigateley [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Shiryaev V. M. - Kolomna, 1983.- 194 s.

Brewers Oleg Andreevich

FGBOU VPO «State University – UNPK»

Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway, 29

Postgraduate of "Mechatronics and international engineering"

Tel.: +7(4862)432943

E-mail: ole8lud@rambler.ru

УДК 004.023

Ю. А. ЛУКЪЯНЧЕНКОВ

АКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Рассмотрен путь повышения активной безопасности дорожного движения с точки зрения изменения поведения водителей, переходящих границы безопасного управления, с помощью создания обратной связи.

Опираясь на социально-психологический аспект, предложена модель оптимального поведения водителя в дорожном движении. Обоснована необходимость создания многоэтапной системы подготовки и повышения квалификации водителей транспортных средств.

Ключевые слова: активная безопасность, безопасность дорожного движения, водитель, дорожно-транспортное происшествие, дистанция, качество управления, интервал, скорость, транспортное средство, обратная связь, повышение квалификации.

После того, как Готлиб Даймлер и Карл Бенс представили миру свои изобретения, трудно было себе представить, что спустя какое-то время, автомобиль превратится поистине в средство массового уничтожения. Конечно, дорожно-транспортные происшествия (ДТП) случались и на заре автомобилестроения, но масштабы настоящего, стихийного бедствия, они приобрели буквально за последние пятьдесят лет.

С каждым годом мировой автомобильный парк разрастается. Сегодня в мире ежегодно продается более двадцати миллионов новых автомобилей, это не считая подержанных. Автомобильный парк увеличивается ежегодно на треть. Машины становятся все более мощными, скоростными. Увы, но вместе с тем, увеличивается и число ДТП, причем с летальным исходом. Именно автомобильные аварии занимают первое место в печальном списке причин насильственной смерти на земле. Кроме того они находятся на десятом месте в перечне вообще всех причин смерти.

Необходимо подчеркнуть тот факт, что причины смертности и травматизма в результате ДТП, а также их последствия известны и могут быть предотвращены. В большинстве европейских стран основной причиной ДТП считается поведение водителей. Именно от их отношения к компонентам транспортной системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» во многом зависит безопасность дорожного движения (БДД).

Для целенаправленного решения вопроса повышения БДД, необходим всесторонний анализ. Одним из показателей БДД, является комплексный показатель, характеризующий вероятность гибели людей в дорожном движении, называемый социальным риском. Как правило, это число погибших на 100 тыс. или один млн. населения. Социальный риск равен произведению трех единичных показателей БДД:

$$P(r) = P(Y) P(\text{ДТПу}/Y) P(\Gamma/\text{ДТПу}), \quad (1)$$

где: $P(\Gamma)$ – социальный риск в пг/100 тыс. населения;

$P(Y)$ – вероятность участия жителя в дорожном движении – уровень автомобилизации в числе ТС/1000 жителей;

$P(\text{ДТПу}/Y)$ – вероятность учетного ДТП в случае участия жителя в дорожном движении в числе ДТП/10 тыс. ТС;

$P(\Gamma/\text{ДТПу})$ – вероятность гибели жителя в учетном ДТП в числе погибших /100 ДТПу.

Вероятность учетного ДТП является показателем активной БДД – надежности управления транспортного (ТС). Вероятность гибели в учетном ДТП – показателем пассивной и послеаварийной БДД. Как можно видеть из уравнения (1) социальный риск можно уменьшать следующими способами – уменьшением уровня автомобилизации, повышением актив-

ной, пассивной и послеаварийной БДД. Поскольку ограничивать и, тем более, снижать уровень автомобилизации никто не собирается, повышать БДД возможно только повышением активной, пассивной и послеаварийной ее составляющих. Целью нашей публикации является обоснование пути повышения БДД, с целью снижения числа ДТП.

Рассматривая пути возможного повышения активной БДД, важно понимать, соотношение безопасности дорожного движения (ДД) в России и в странах ЕС.

Прямое сравнение социальных рисков в странах с различными уровнями автомобилизации просто некорректно. Есть универсальный показатель - коэффициент БДД – $k_{бдд}$, который показывает, во сколько раз при одном и том же уровне автомобилизации, повысился (или понизился) социальный риск в рассматриваемом периоде времени, по сравнению с периодом, когда программ повышения БДД не было и величина социального риска определялась только уровнем автомобилизации.

На рисунке 1 представлена зависимость изменения по годам $k_{бдд}$ в России в сравнении со странами ЕС за период с 50-х по 2010 гг.

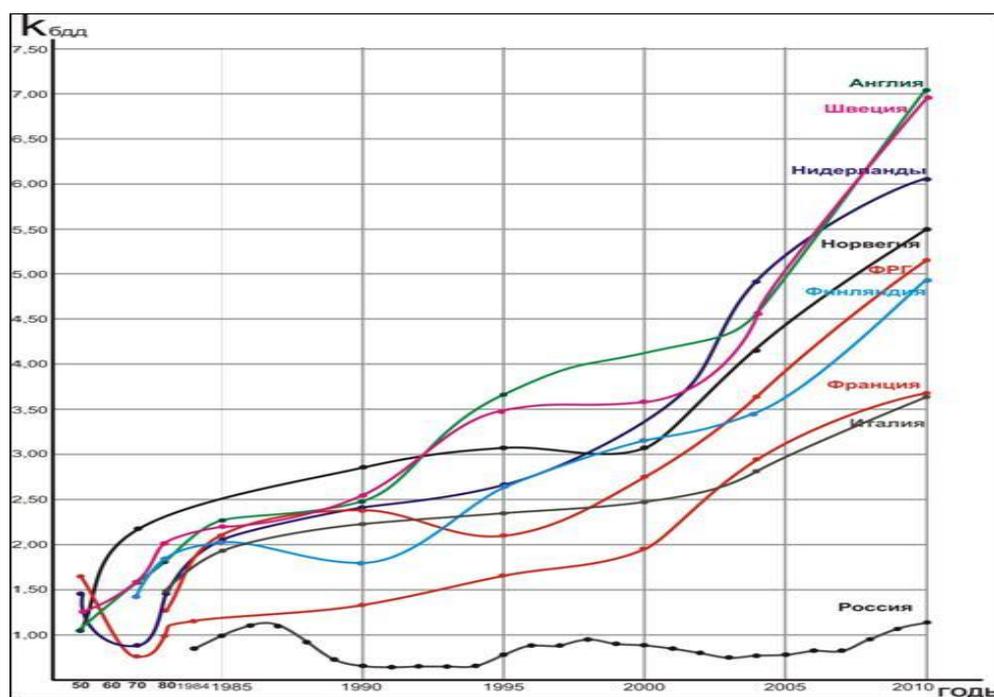


Рисунок 1 - Изменение по годам величины $k_{бдд}$ в России в сравнении со странами ЕС

Для анализа нами выбрано три группы стран:

- первая - с наиболее высокой БДД (Англия, Швеция, Нидерланды);
- вторая - со средним уровнем БДД (Норвегия, Германия, Финляндия);
- третья - с относительно низким уровнем БДД (Франция и Италия).

Вторым универсальным показателем безопасности управления ТС является среднее квадратичное отклонение продольного ускорения (СКОПУ) от среднего значения. Он характеризует неравномерность движения ТС. Его увеличение приводит к снижению надежности управления ТС. По этой причине в теории транспортных потоков СКОПУ было названо шумом ускорения. Из приведенных на рисунке 1 графиков хорошо видно, что в странах ЕС за последние 10 лет наблюдается устойчивое повышение БДД. На фоне успехов ЕС результаты ФЦП по повышению БДД в 2006-2012 гг. выглядят очень скромными.

В 2004 г разница между наиболее высоким в ЕС значением $k_{бдд}$ и в России составляла 4,13, а в 2010 она увеличилась до 5,9. Это произошло потому, что интенсивность повышения $k_{бдд}$ в России в период с 2006 по 2010 гг. была равна 0,072 1/год. А в странах ЕС в период с 2004 по 2010 гг. прирост $k_{бдд}$ составлял от 0,12 до 0,25 1/год. Чтобы лучше ощутить степень

нашего отставания заметим, что если бы БДД в России в 2010 г. была на уровне Англии, то у нас погибло бы 5 тыс. вместо 26,5 тыс. человек.

«Трудности порождают в человеке способности, необходимые для их преодоления» Эти слова принадлежат американскому политическому деятелю XIX века У.Филлису. Перефразируя их можно сказать, что осознание стоящих перед нами трудностей является первым шагом на пути к их преодолению.

Чтобы выработать меры, направленные на повышение активной БДД, необходимо понять причины возникновения ДТП. Однако лучше поставить вопрос по-другому: «При каких условиях ДТП по вине водителя никогда не произойдет?» Чтобы не допустить ДТП водитель должен регулировать скорость, дистанцию и поперечный интервал (траекторию) таким образом, чтобы в любой ситуации, при любых состояниях транспортного потока и любых погодных условиях:

- скорость была не больше, а дистанция и поперечный интервал – не меньше безопасных значений;
- при этом скорость не должна быть меньше, а поперечный интервал больше значений, при которых автомобиль начинает создавать помехи другим автомобилям.

Эти условия обобщают требования ПДД к выбору водителем скорости, дистанции и поперечного интервала, изложенные в пп.9.1, 9.4, 9.7, 10.1 и 10.2. Их безопасные значения определяют положение границ безопасного управления.

При переходе границ безопасного управления вероятность выполнения маневра становится меньше единицы – водитель включается в опасную игру под названием автомобильная рулетка – быть или не быть ДТП становится делом случая.

Из приведенного выше положения можно предположить, что одним из путей повышения БДД является повышение активной безопасности ДД за счет уменьшения числа водителей, переходящих границы безопасного управления, т. е. речь идет о «человеческом факторе»[2].

Другими словами, проблема повышения активной БДД является комплексной, в том числе - социально-психологической (изменение поведения водителей в ДД) и технической – (улучшения конструкции ТС). Общеизвестно, совершенствование ТС расширяет границы безопасного управления, позволяя безопасно ездить с более высокой скоростью в свободном транспортном потоке, сокращать дистанцию при снижении уровня удобства движения в транспортном потоке – повышая эффективность управления ТС.

Рассмотрим ее первую составляющую. Для повышения активной части БДД, необходимо поднять средний уровень профессионального мастерства водителей, участвующих в ДД. Чтоб ответить на вопрос – «Как это можно сделать?» – рассмотрим представленную на рисунке 2 зависимость надежности управления ТС от опыта, приобретаемого водителем при управлении автомобилем.

Из представленного на рисунке 2 графика видно, что самая совершенная система подготовки не может обеспечить включение в дорожное движение водителей высокой квалификации. Процесс обучения водителей продолжается на дороге и заканчивается примерно после наката 100 тыс. км. Средний уровень профессионального мастерства водителей, участвующих в дорожном движении, показан нижней горизонтальной прямой. Чтобы повысить активную часть БДД, необходимо опустить вниз всю кривую изменения надежности управления ТС в зависимости от опыта водителя. Что для этого необходимо сделать.

Положение начальной точки этой кривой (первый пик аварийности) определяется качеством подготовки водителей. Уровень этой подготовки, в свою очередь, определяется требованиями, которые предъявляются к кандидату в водители на квалификационном экзамене. Чтобы повысить качество подготовки необходимо поднять эти требования. Опыт ЕС подтверждает это.

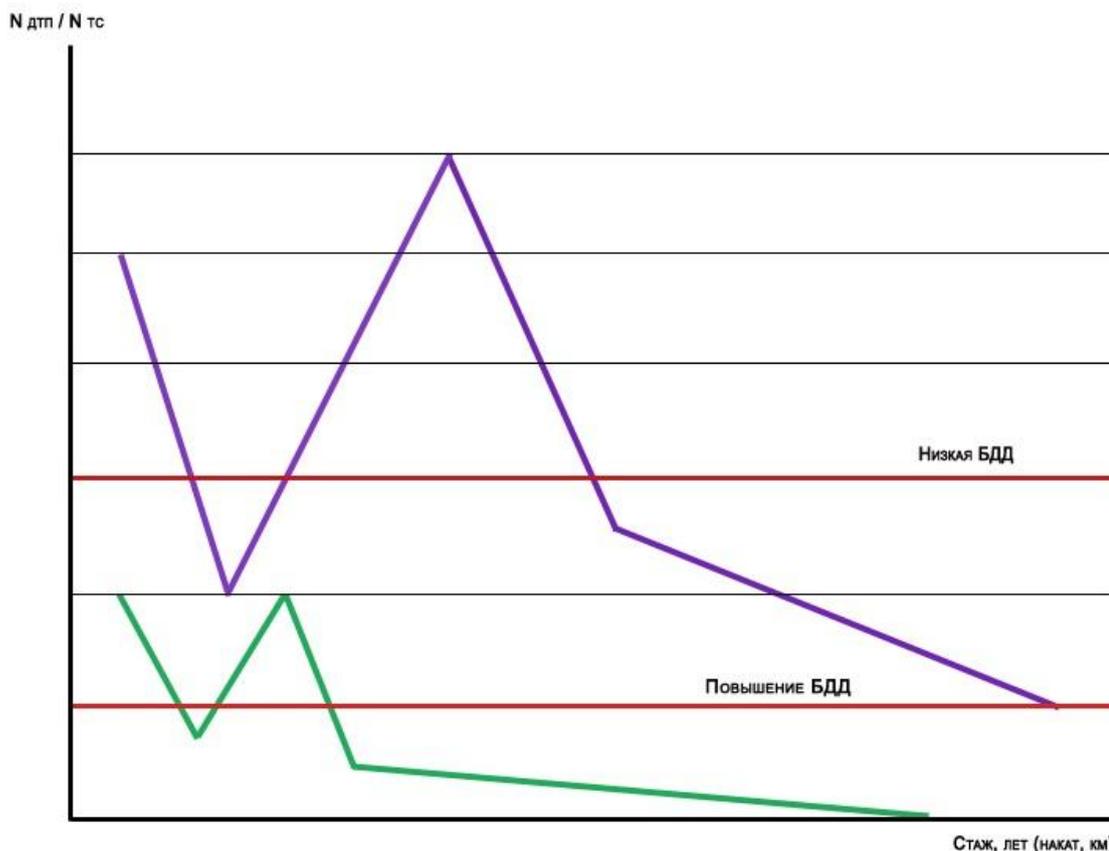


Рисунок 2 - Зависимость числа ДТП на 10 тыс. транспортных средств от стажа (наката км) водителя

В ЕС подробно прописаны требования к знаниям навыкам и умению водителя. Чтобы проверить их в различных условиях, с которыми может встретиться будущий водитель, экзамен на категорию «В» продолжается не менее 45 мин, а на категории «С» и «D» – не менее 90 мин. Существует профессия «экзаменатор», для получения которой необходимо учиться более 6 месяцев. После сдачи экзаменов требуется пройти стажировку. Оценки, выставляемые стажером в процессе стажировки не должны отличаться от оценок экзаменатора. Только после успешного завершения стажировки можно получить лицензию на право проведения экзаменов.

Рассмотрим, как изменяется надежность управления ТС по мере приобретения опыта. Пока водитель чувствует себя за рулем неуверенно, он проявляет разумную осторожность. Поэтому с накоплением опыта надежность управления ТС повышается. Этот процесс заканчивается в момент завершения формирования навыков управления автомобилем. Водитель приобретает уверенность, которая быстро перерастает в самоуверенность. Результат – второй пик аварийности.

Чтобы срезать его необходимо создавать систему повышения квалификации водителей, перешедших из стадии неуверенного управления, в самоуверенное. Логичным элементом такой системы должна стать двухэтапная выдача водительских удостоверений, которая существовала в СССР. Причиной неудачи применения такой системы в СССР стало то, что это был чисто формальный акт замены временного водительского удостоверения, на постоянное. Никакой системы повышения квалификации создано не было. В ЕС такая система успешно развивается, потому, что принимаются меры, побуждающие начинающих водителей проходить курсы повышения квалификации.

Они также необходимы и для водителей, проехавших свои 100 тыс. км, т. к. это единственный способ уменьшить число тех, кто переходит границы безопасного управления.

Поэтому мы также считаем, что для повышения среднего уровня профессионального мастерства водителей, участвующих в дорожном движении, необходимо создавать и развивать многоэтапную систему подготовки и повышения квалификации водителей.

Давайте задумаемся вместе. Почему такое большое количество водителей переходит границы безопасного управления? Все очень просто. Водитель не может без ошибок определять положение границ безопасного управления – «человеку свойственно ошибаться». Чтобы исправлять свои ошибки, ему нужна обратная связь - информация об их знаке и величине, периодичности и др.

Для оценки качества управления ТС можно провести аналогию с прыжками в высоту без планки. Водитель поймет о том, что он «прыгает низко», только тогда, когда появится реальная «планка», т. е. произойдет ДТП по его вине. Поэтому, мы предлагаем, прислушаться к мнению межрегиональной ассоциации автошкол (МААШ) России, а также ведущих специалистов в данной области, которые уже давно предлагают создать двухуровневую систему выдачи водительских удостоверений, существовавшую в СССР, но не формально, а реально действующую. При этом, подвести такую законодательную базу, которая оказывала бы побуждающее и стимулирующее действие не только на начинающих водителей, но и с большим стажем управления проходить курсы повышения квалификации как это делают наши коллеги в Европе [5,6].

Очень важно для повышения надежности управления ТС, предоставить водителям информацию о качестве управления, чтобы он мог задуматься и внести корректировку в свое поведение за рулем, а органам дорожного надзора эта информация позволит контролировать водителя на дороге.

Тяжелые социальные последствия, вызываемые ДТП, привели к тому, что в борьбе за безопасность мы позабыли о цели управления ТС и это снижает эффект мероприятий по повышению активной БДД.

«Наименее эффективны прямые призывы к безопасности потому, что никто не вступает в дорожное движение, чтобы бороться с опасностями, а только для того, чтобы попасть из пункта «А» в пункт «В». Поэтому полезнее показать низкую эффективность попыток повысить среднюю скорость путем реализации модели поведения гонщика при движении в транспортном потоке» (Д. Клеббельсберг 1982 г.) [5,6].

Автор книги «Автотранспортная психология» написал это, имея в виду следующее. Целью деятельности водителя является перемещение в пространстве [1].

Деятельность водителя (как и любой другой вид деятельности человека) можно оптимизировать только по критерию эффективности достижения цели. Безопасность управления ТС является условием ее достижения.

Если бы мы поставили задачу оптимизировать управление ТС по критерию безопасности, то ее можно было бы решить очень быстро – остановив дорожное движение. Абсурдность такой оптимизации подсознательно понимают все, поэтому борьба за безопасность до этого не доходит. Однако попытки делаются. Так в Примерных программах подготовки водителей ТС предмет «Основы управления автомобилем и безопасность движения» заменен предметом «Основы безопасного управления автомобилем».

Эта игра словами не так безобидна, как это может показаться на первый взгляд. Авторы поправки явно забыли восточную пословицу: «Сколько не повторяй «халва» во рту слаще не станет». Когда мы вместо пропаганды эффективного и безопасного управления говорим только о безопасности, то добиваемся одного – водитель сам определяет эффективную, с его точки зрения, модель поведения в транспортном потоке. Естественно он выбирает наиболее ему понятную – модель поведения. Он не знает (поскольку мы его не научили), что это неэффективная и опасная модель. Чтобы убедиться в ее неэффективности, рассмотрим приведенный на рисунке 3 график изменения средней скорости в зависимости от максимальной скорости при движении легкового автомобиля с конструктивной скоростью 160 км/ч по двухполосной дороге для различных уровней удобства движения в транспортном потоке.

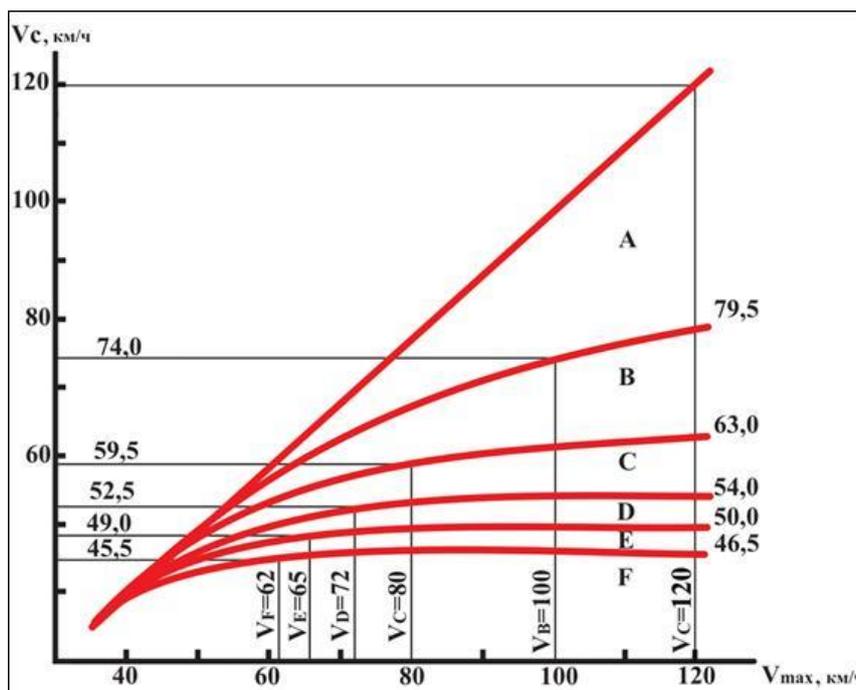


Рисунок 3 - Зависимость средней скорости от максимальной при различных уровнях удобства движения в транспортном потоке:

A – свободный поток; B – частично связанный поток; C – связанный стационарный поток; D – связанный нестационарный поток; E – насыщенный поток; F – неустойчивый поток

Приведенный на рисунке 3 график хорошо иллюстрирует слова Клебельсберга. Только в свободном транспортном потоке, когда средняя дистанция между ТС равна 20 с и более, средняя скорость зависит от водителя. В частично связанном транспортном потоке при уменьшении средней дистанции до 20-10 с. средняя скорость быстро снижается, несмотря на все усилия водителя, поскольку выполнение обгонов возможно только с ожиданием. При дальнейшем снижении уровня удобства движения редкие обгоны, не повышающие среднюю скорость ТС, можно совершать только с нарушением условий безопасного управления. Поэтому при движении в транспортном потоке мастерство водителя проявляется в его умении ехать со скоростью потока, минимизируя расход топлива и обеспечивая высокий уровень безопасности управления ТС. Попытки повысить среднюю скорость приводят только к увеличению расхода топлива и снижению безопасности.

Изменения риска ДТП при отклонении скорости ТС от средней скорости транспортного потока показывают данные, приведенные в таблице 1. Анализ показывает, как быстро увеличивается риск ДТП при отклонении скорости ТС от скорости транспортного потока в любую сторону. Водители «выпадающие» из транспортного потока так же опасны, как и те, кто пытается их обогнать, т. е. необходимо снижение (по крайней мере, до 30 км/ч) порога превышения разрешенной скорости, превышение которого приводит к лишению водительского удостоверения.

Еще одним показателем безопасности управления ТС является среднее квадратичное отклонение продольного ускорения от среднего значения (СКО ускорения). Он характеризует неравномерность движения ТС. Его увеличение приводит к снижению надежности управления ТС. По этой причине в теории транспортных потоков СКО ускорения было названо шумом ускорения.

Таблица 1 - Изменение риска ДТП в зависимости от отклонения скорости ТС от средней скорости транспортного потока

ΔV км/ч	-60	-45	-30	-25	-20	-15	-10	0	10	15	20	25	30	45	60
$\frac{N_{\text{ДТП}}}{10^4 N_{\text{ТС}}}$	7620	420	90	71	42	22	14	10	14	22	42	71	90	420	762
$K_{\text{ав}}$	762	42	9	7,1	4,2	2,2	1,4	1	1,4	2,2	4,2	7,1	9,0	42	762

Такое название было дано, чтобы подчеркнуть вредное влияние неравномерности движения ТС на безопасность по аналогии с помехами в радиоканалах, называемых шумами.

На рисунке 4 приведен график изменения средней наработки на ДТП в зависимости от величины шума ускорения.

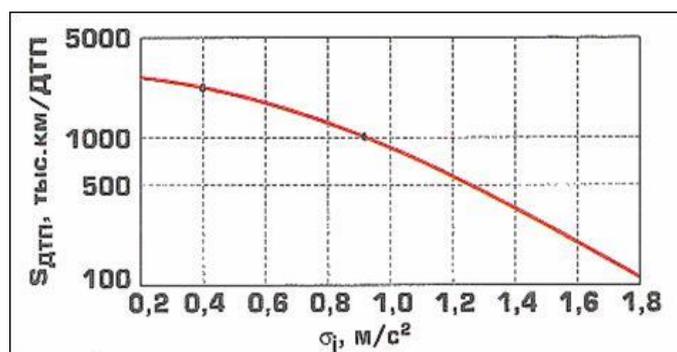


Рисунок 4 - График зависимости средней наработки на ДТП - $S_{\text{ДТП}}$ от величины шума ускорения σ_j

Очень важно то, что модель поведения водителя в транспортном потоке, обеспечивающая эффективное вождение (с оптимальной средней скоростью и уменьшением расхода топлива), одновременно является и безопасной и экологичной. Реализация экономичного алгоритма управления ТС в сравнении с применением модели гонщика повышает надежность управления в 5-10 раз.

Для эффективного и безопасного управления водителю необходима информация обратной связи о качестве управления ТС: эффективности и безопасности. Показателями качества управления являются:

Эффективности управления:

- средняя скорость сообщения V_c , км/ч;
- путевой расход топлива q , л/100 км.

Безопасности управления:

- максимальная скорость V_{max} , км/ч;
- шум ускорения σ_j , м/с².

Экологичности управления:

- путевой расход топлива q , л/100 км.

Вопрос о необходимости повышения экологичности управления ТС возник недавно. Сегодня ЕЭК ООН по внутреннему транспорту ставит эту проблему в один ряд с проблемой БДД. Это связано с тем, что ограничить выбросы углекислого газа, вызывающего парниковый эффект, можно только уменьшив расход топлива. При этом пропорционально снижению расхода топлива уменьшаются вредные выбросы с отработавшими газами, загрязнение среды движения продуктами износа шин и фрикционных материалов.

Чтобы обеспечить водителя информацией обратной связи, необходимо измерить перечисленные выше показатели качества управления ТС и сопоставить их с оптимальными значениями, которые зависят от уровня удобства движения в транспортном потоке, типа ТС и погодных условий. Однако этого недостаточно. Чтобы водитель мог воспользоваться этой информацией, ему нужна модель оптимального поведения в транспортном потоке. Реализуя

ее, и получая информацию обратной связи, он сможет уточнять свои оценки безопасных значений скорости, дистанции и поперечного интервала и исправлять ошибки.

Мы считаем, что безопасный, законопослушный водитель это: **водитель** - который на дороге никому не мешает, которому никто не мешает, способный прогнозировать и исправлять ошибки других участников ДД. Эта некая формула выведенная нами. Такого водителя как бы нет на дороге, он незаметен и оптимален для всех участников дорожного движения.

Исходя из этого, нами предлагается следующая модель оптимального поведения водителя в ДД:

- ⇒ разгон при встраивании в транспортный поток и его пересечении, обгоне автомобилей – с необходимой интенсивностью;
- ⇒ крейсерская скорость – по возможности равномерное движение со скоростью транспортного потока;
- ⇒ максимальная скорость в свободном транспортном потоке – разрешенная скорость плюс 10 км/ч;
- ⇒ ограничение максимальной скорости по сравнению с разрешенной на участках свободного движения, при снижении уровня удобства движения в транспортном потоке;
- ⇒ плавное снижение скорости путем применения наката и торможения двигателем;
- ⇒ дистанция – не менее 3...4 с, когда лидер относится к той же категории ТС, 4...5 с, когда лидер более низкой категории ТС;
- ⇒ обгон – только тихоходных ТС, «выпадающих» из транспортного потока;
- ⇒ смена полосы движения только при необходимости совершить поворот, опередить «тихоходный» автомобиль;
- ⇒ алгоритм управления – экономичный (экологичный и безопасный).

Чтобы создать обратную связь о качестве управления, каждое ТС должно иметь маршрутный компьютер (МК). Большинство современных ТС их имеют в качестве штатного оборудования, и он может и должен быть установлен на любой автомобиль, при этом необходимо изменить программу его работы.

Создание обратной связи позволяет водителю исправлять свои ошибки и повышать качество управления ТС. При этом все случаи перехода границ безопасного управления будут фиксироваться и органы дорожного надзора получают возможность решить главную задачу – сделать неотвратимым наказание за нарушение условий безопасного управления. В связи с этим переход границ безопасного управления, на наш взгляд, будет редким и кратковременным событием, что позволит управлять уровнем активной БДД.

Наличие измеряемых критериев безопасности управления позволит допускать к участию в дорожном движении только тех кандидатов в водители, которые научились управлять ТС с заданными уровнями безопасности и эффективности, что позволит управлять величиной первого пика аварийности (рис. 2).

Возможность ранжирования водителей по уровню мастерства позволит создать систему многоуровневого повышения их квалификации.

Зафиксированные данные МК случаи перехода границ безопасного управления так же могут быть использованы сотрудниками ДПС, как для реализации неотвратимости наказания, так и для ведения профилактической работы.

Здесь возможны самые различные схемы доведения до ДПС сведений о переходе границ безопасного управления: при проверке документов; подача сигнала МК - «я - нарушитель», который может восприниматься на стационарных постах и патрульных автомобилях ДПС; при наличии навигационной системы - сигнал о нарушении и положении нарушителя может сразу же передаваться в центр управления движением, который, проведя анализ в автоматическом режиме, сможет поставить задачу о задержании нарушителя или будет направлением письма «счастья», в зависимости от степени угрозы БДД.

Обобщая вышеизложенное, мы считаем, что повысить активную безопасность ДД возможно, в т. ч. путем уменьшения количества водителей, переходящих границы безопасного управления, создав систему обратной связи. Это позволит организовать управление ДД, способствующим целенаправленно повышать уровень надежности и эффективности управления ТС до возможного максимума.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов, А. Н. Автотранспортная психология [Текст]: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений // А. Н. Романов. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 224 с.
2. Козлов, В. В. Психологические правила безопасного управления [Текст] / В. В. Козлов. – М.: Высш.шк., 2004. – 616 с.
3. Курганов, В. М. Психология управления. Автотранспортная психология [Текст]: Учеб. Пособие /В. М. Курганов; под ред. А. Ф. Шикуну. – М.: «Приор-издат», 2004. – 144 с.
4. Кузнецов, В. А. Ментальная подготовка кандидатов в водители: новая философия обучения [Текст]: Практическая методика / В. А. Кузнецов. – Ижевск, 2010. – 114 с.
5. Материалы 13-й международной конференции, "Автошкола – 2011" «Перспективы развития системы подготовки водителей транспортных средств. Стратегические задачи и инновационные технологии», г. Сочи, 4 октября 2011г.
6. Материалы IX Всероссийского семинара-совещания руководящих работников автошкол «Актуальные вопросы реформирования системы подготовки водителей транспортных средств. Проблемы и перспективы развития», г. Коломна, 28-30 марта 2012 года.
7. Материалы международной научно-практической конференции «Управление деятельностью по безопасности дорожного движения (состояние, проблемы, пути совершенствования)», г. Орел, 20 апреля 2012 года.

Лукьянченков Юрий Алексеевич
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»
Адрес: 302030, г. Орел, ул. Московская, 77
Преподаватель кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел.: +7(4862)734360
E-mail: fso_5765@mail.ru

YU. A. LUKYANCHENKOV

ACTIVE SAFETY AS A PRIMARY FACTOR IMPROVING ROAD SAFETY

It is considered the way of raising active road traffic safety from the social and psychological point of view, having changed behaviour and having reduced the number of drivers crossing frontiers of safe driving by creating reverse relations concerning quality of travel facilities driving. The model of optimum driver behaviour in the road traffic is offered and the necessity of establishing the multistage training system is stressed. Raising drivers' qualifications is also analysed in the article.

Keywords: *active safety, road traffic safety, traffic accident, distance, quality of driving, interval, travel facility speed, reverse relations, raising qualifications.*

BIBLIOGRAPHY

1. Romanov, A. N. Avtotransportnaya psikhologiya [Tekst]: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. Zavedeniy // A. N. Romanov. - M.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2002. - 224 s.
2. Kozlov, V. V. Psikhologicheskie pravila bezopasnogo uproavleniya [Tekst] / V. V. Kozlov. - M.: Vyssh.shk., 2004. - 616 s.
3. Kurganov, V. M. Psikhologiya upravleniya. Avtotransportnaya psikhologiya [Tekst]: Ucheb. Posobie /V. M. Kurganov; pod red. A. F. Shikuna. - M.: "Prior-izdat", 2004. - 144 s.
4. Kuznetsov, V. A. Mental'naya podgotovka kandidatov v voditeli: novaya filosofiya obucheniya [Tekst]: Prakticheskaya metodika / V. A. Kuznetsov. - Izhevsk, 2010. - 114 s.
5. Materialy 13-y mezhduнародnoy konferentsii, "Avtoshkola - 2011" "Perspektivy razvitiya sistemy podgotovki voditeley transportnykh sredstv. Strategicheskie zadachi i innovatsionnye tekhnologii", g. Sochi, 4 oktyabrya 2011g.

6. Materialy IX Vserossiyskogo seminar-soveshchaniya rukovodyashchikh rabotnikov avtoshkol "Aktual`nye voprosy reformirovaniya sistemy podgotovki voditeley transportnykh sredstv. Problemy i perspektivy razvitiya", g. Kolomna, 28-30 marta 2012 goda.

7. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Upravlenie deyatel`nost`yu po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (sostoyanie, problemy, puti sovershenstvovaniya)", g. Orel, 20 aprelya 2012 goda.

Luk'yanchenkov Yuriy Alekseevich
FGBOU VPO "State University-UNPK"
Address: 302030, Orel, ul. Moscow, 77
Lecturer in "Service and repair of machinery"
Tel.: +7(4862)734360
E-mail: fso_5765@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*

О. В. СОРОКИНА, Ю. В. СОРОКИНА, В. В. САЛМИН

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В статье даётся уточнённая классификация, существующих методов управления транспортными потоками, предложенная д.т.н., профессором Михеевым С. В., на основе трудов учёных - Поспелов Д.А., Брегеда С.Ю. и др.

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

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Из основ научных исследований известно, что метод (от греч. *methodos* - путь исследования) это способ достижения какой-либо цели, решение конкретной задачи; совокупность приёмов или операций практического или теоретического освоения (познания) действительности [1].

Под управлением понимается воздействие на тот или иной объект с целью улучшения его функционирования [1]. Система управления может рассматриваться как совокупность двух систем – объекта управления и управляющей системы [2]. Применительно к дорожному движению в роли объектов управления выступают транспортные и пешеходные потоки.

Традиционно все методы управления дорожного движения делятся на два способа [3]:

- регулирование движения (связанные с работой светофорной сигнализацией);
- организация движения (все остальные мероприятия).

Остановимся более подробно на регулировании дорожного движения с помощью светофорной сигнализации. Регулирование - это частный метод управления дорожного движения (от лат. «*regulare*» - подчинять определённому порядку, правилу, упорядочивать), заключающийся в поддержание параметров движения в заданных пределах [1, 3].

Проведение исследований, направленных на совершенствование методов регулирования дорожным движением с целью повышения эффективности управления транспортными потоками, заключающегося в принятии решений в реальном времени, обусловило актуальность настоящего исследования. Эта актуальная задача решена путём продолжения и уточнения существующей классификации методов управления транспортными потоками, предложенной д.т.н., профессором Михеевым С.В., с помощью анализа, существующих методов управления транспортными потоками и последних разработок в области кибернетики.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПРЕДЛОЖЕННАЯ Д.Т.Н., ПРОФЕССОРОМ МИХЕЕВЫМ С.В.

В настоящее время существует несколько классификаций методов управления транспортными потоками в зависимости от признака, лежащего в основе классификации. Рассмотрим классификацию методов управления транспортными потоками [4,5] предложенную д.т.н., профессором Михеевым С.В. см. рисунок 1 [6].

Данная классификация методов управления транспортными потоками отражает, как методы, так и способ достижения управления транспортными потоками. В работе д.т.н., профессор Михеев С.В. даёт определение каждому методу управления транспортным потоком и обосновывает данную классификацию, но не осуществляет классификацию адаптивных методов управления транспортными потоками. Остановимся более подробно на адаптивных методах управления транспортными потоками.

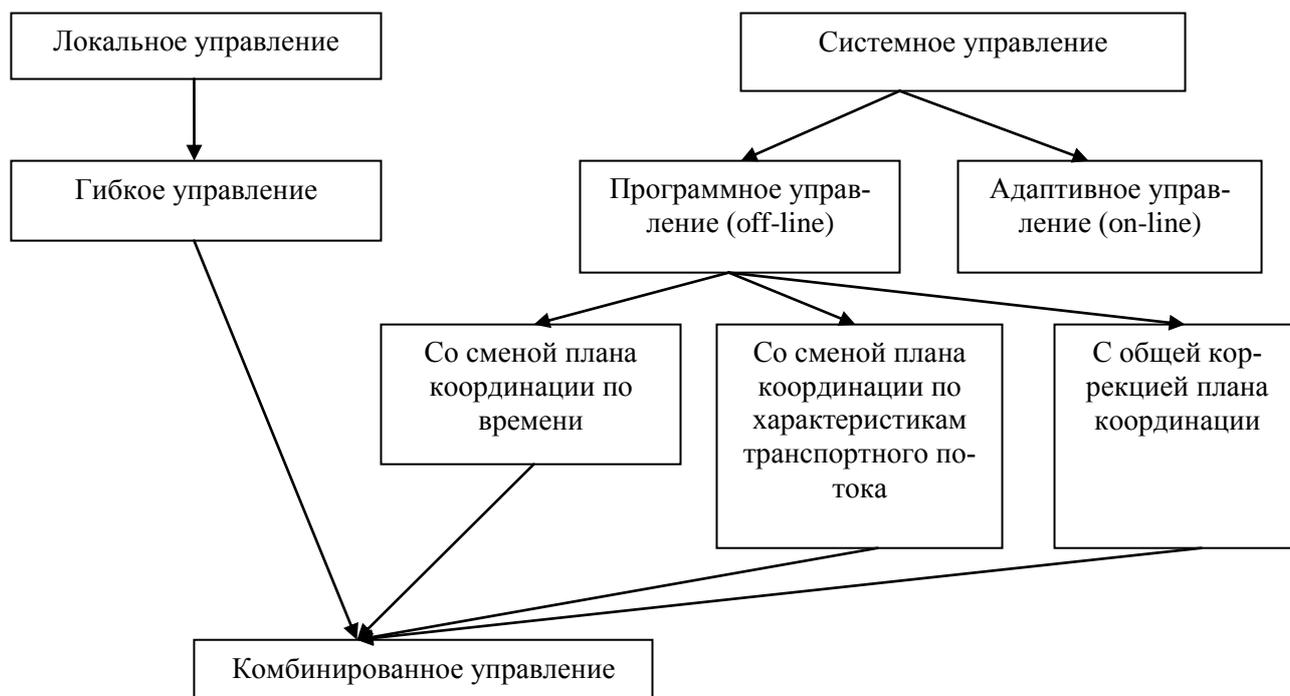


Рисунок 1 - Классификация методов управления транспортными потоками по Михееву С.В.[6]

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Суть адаптивного управления заключается в оперативном расчёте или коррекции управляющих сигналов (в реальном масштабе времени) в соответствии с результатами измерения и анализа характеристик транспортного потока [6].

Для дальнейшего развития этого вопроса научно обоснуем классификацию адаптивного управления транспортными потоками с помощью кибернетики. Кибернетика это научное направление, изучающее общие свойства управления [2].

Существующую в кибернетике классификацию управления [2, 3] разделяют на три вида (рис. 3):

- автоматическое управление, которое осуществляется без участия человека по заранее заданной программе;
- автоматизированное управление, которое происходит с участием человека – оператора. Оператор, используя комплекс технических средств для сбора необходимой информации и поиска оптимального решения, может корректировать программу работы автоматических устройств;
- ручное управление, в котором оператор, оценивая транспортную ситуацию визуально, оказывает управляющее воздействие на основе имеющегося опыта и интуиции.

В работе Брегеда С.Ю. даётся классификация АСУДД (США), в зависимости от поколения автоматического управления [7] (рис. 3).

В свою очередь автоматическое управление может быть по данным ряда авторов [2,3]:

- замкнутым (в нем существует обратная связь между средствами и объектом управления (транспортным потоком)) – гибкое и адаптивное управление;
- разомкнутым (обратная связь отсутствует) – программное управление.

Таким образом, адаптивное управление - автоматическое с замкнутым контуром управления, обработка информации происходит в реально времени.

Выделяют следующие научные направления, основанные на принципах кибернетики [2]:

-теоретическая кибернетика, занимается общими проблемами теории управления, теории информации, вопросами передачи, защиты, хранения и использования информации в системах управления. Математический фундамент этого направления - дискретная математика;

-техническая кибернетика, исследует и проектирует различные технические управляющие системы, от простых систем автоматического регулирования и управления до сложных автоматизированных систем управления – АСУ. Использует модели алгебры и логики, многозначных логик и теории автоматов. Сложные объекты управления требуют от специалистов в области управления специальных приёмов и методов, которые опираются на идеи распознавания образов, ситуационного управления, коллективного поведения автоматов;

- биологическая кибернетика, применяет идеи и методы кибернетики в биологии и медицине (нейрокибернетика, бионика, гомеостатика) и т.д.

В работах таких учёных как: Григорьев Д.А.[8], Голиков А.А. [9], Врублевская С.С. [10], Капитанов Д.В. [11] и др. рассматривались по отдельности все выше перечисленные средства управления транспортными потоками.

В развитие этих исследований рассмотрим структуру основных направлений, существующих в искусственном интеллекте в виде схемы приведенной на рисунке 2 [12].



Рисунок 2 - Схема классификации искусственного разума[12]

Из приведенной схемы (рис. 2) видим, что адаптивное управление транспортными потоками на основе искусственного разума делится на: технические и биологические системы, которые можно проиллюстрировать рисунком 3. Адаптивное управление при этом достигается по принципу[13] (точно также, когда объектом управления является транспортный поток):

-регулирования по отклонениям (по характеру изменений - самонастраивающиеся и самоорганизующиеся);

- комбинированное регулирование.

Адаптивное управление транспортными потоками осуществляется в различных трудах с помощью различных средств, таких, как: ГИС, GPS, ГЛОНАС и др.

При уточнении классификации, предложенной Михеевым С.В. , мы исходим из того, что адаптивное, программное, программно-адаптивное управление транспортными потоками может быть реализовано, как в системном, так и в локальном управлении. В предлагаемой нами уточнённой классификации за основу берутся 2 классификации методов управления транспортными потоками: по структуре модели лежащей в основе (локальные и системные) и в зависимости от введения в действия (программные, адаптивные и программно-адаптивные) (рис. 3).

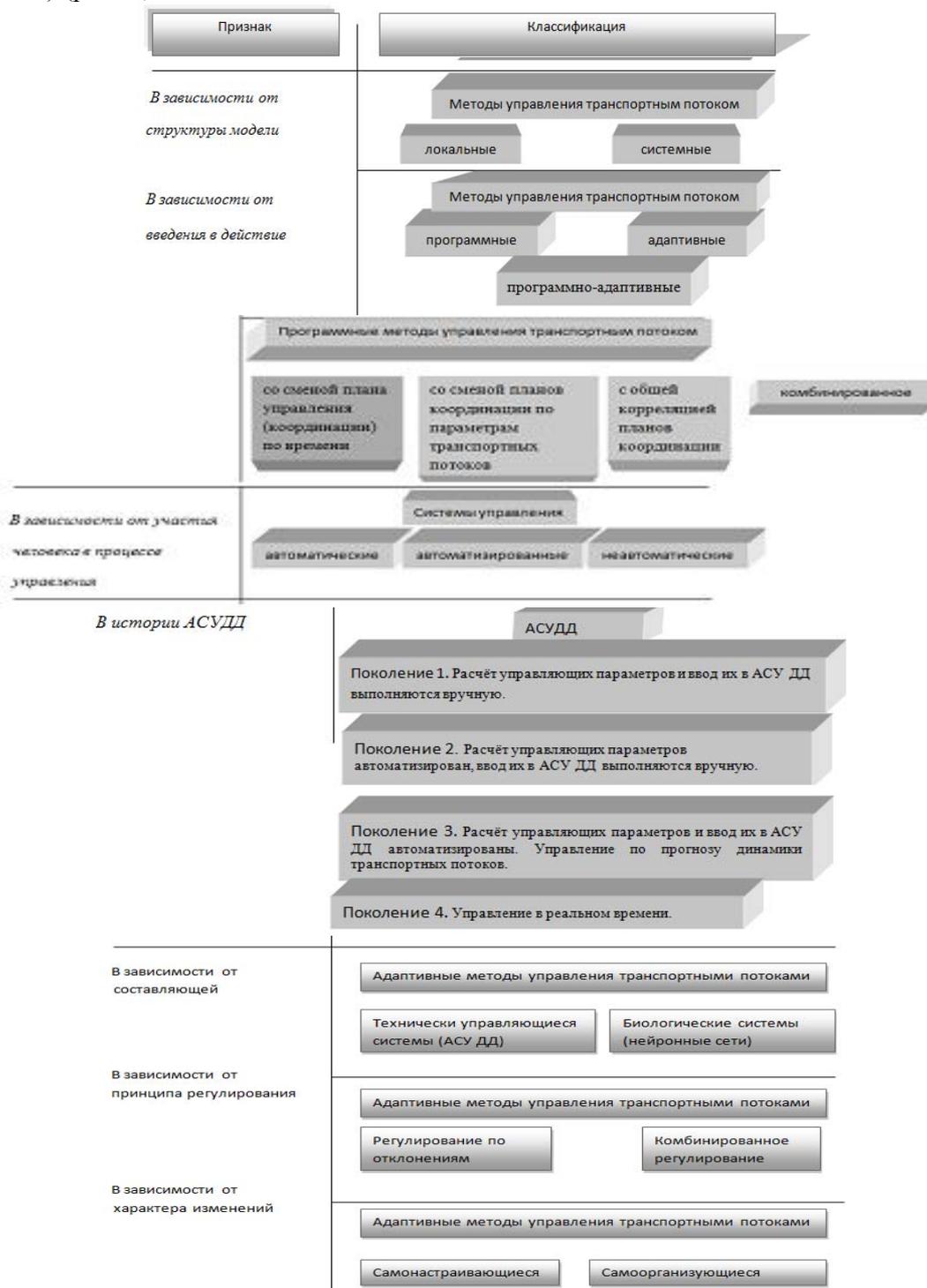


Рисунок 3 - Уточнённая классификация методов управления транспортными потоками

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Классификация методов управления транспортными потоками, предложенная д.т.н., профессором Михеевым С.В. и накопленные научные знания ряда учёных [1-13] по данной тематике и кибернетики позволило (проанализировать, обобщить и систематизировать):

- продолжить существующую классификацию путём подразделения адаптивных методов управления транспортными потоками на: технически и биологические управляющиеся системы (по составляющей [12]), регулируемые по отклонениям и комбинированные (по принципу регулирования [13]) и самонастраивающиеся и самоорганизующиеся (по характеру изменений [13]);

- уточнить существующую классификацию взяв за основу 2 классификации методов управления транспортными потоками: по структуре модели лежащей в основе (локальные и системные) и в зависимости от введения в действия (программные, адаптивные и программно-адаптивные).

Предлагаемая классификация помогает уяснить знания о предмете, способах контроля и методах управления транспортными потоками.

Разработка научно-обоснованных методов совершенствования управления светофорной сигнализацией и повышение качества управляющей системы позволит увеличить эффективность светофорной сигнализации на перекрёстках (перегонах), повысить системную безопасность: уменьшить потери времени, перерасход топлива, преждевременный износ двигателя, уровень загрязнения воздуха и количество ДТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Советский энциклопедический словарь [Текст] / А. М. Прохоров. 4-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 1600 с.
2. Информатика [Текст]: Энциклопедический словарь для начинающих / Д. А. Поспелов. – М.: Педагогика – Пресс, 1994. – 352 с.
3. 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.
4. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю. - М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
5. Иносе, Х. Управление дорожным движением [Текст] / Х. Иносе, Т. Хамада., пер. с англ. М: Транспорт, 1983. – 248 с.
6. Михеев, С. В. Методы и средства проектирования систем управления дорожным движением [Текст]: дис. ... канд.техн.наук / С. В. Михеев. – Самара, 2003. – 204 с.
7. Брегада, С. Ю. Управление безопасностью дорожного движения на основе моделей регулирования транспортными потоками [Текст]: дис. ... канд.техн.наук. – Воронеж, 2010. - 139 с.
8. Григорьев, Д. А. Инструментальные средства для нейросетевого моделирования транспортных потоков на перекрёстках [Текст]: дис. ... канд.техн.наук. – УФА, 2004. – 112 с.
9. Голиков, А. А. Математическое и программное обеспечение распределённых информационных систем реального времени управления транспортными потоками [Текст]: дис. ...канд.техн.наук. – Воронеж, 2010. – 172 с.
10. Врублевская, С. С. Интеллектуальная система управления транспортным потоком на основе светофорных объектов [Текст]: дис. ... канд.техн.энаук. – Воронеж, 2007. –149 с.
11. Капитанов, Д. В. Совершенствование локального модельного обеспечения компьютерных систем управления транспортными потоками [Текст]: дис. ... канд.техн.наук. – М., 1999. – 114 с.
12. Аносов Нейро-компьютеры и интеллектуальные работы [Текст] / под. ред. Аносова. – Киев: Наукова думка, 1991. – 272 с.
13. Петров, Б. Н. Автоматизированные системы управления [Текст] / Б. Н. Петров. – М., 1958.

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 кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Тел.: +7(937)4138236

E-mail: olya.sorokin@yandex.ru

Салмин Владимир Васильевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

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

Тел.: +7(937)4138236

E-mail: olya.sorokin@yandex.ru

O. V. SOROKIN, YU. V. SOROKIN, V. V. SALMIN

CLASSIFICATION OF METHODS OF MANAGEMENT BY TRANSPORT STREAMS AT TRAFFIC REGULATION

The article gives a more precise classification of existing methods of traffic control, proposed by Prof. S. Mikheyev, based on the work of scientists - Pospelov, D.A, S.J. Bregeda and others.

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

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

Salmin Vladimir Vasilevich

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Dr. Sc. , Professor, Head. Chair of "Operation Road Transport"

Tel.: +7(937) 4138236

E-mail: olya.sorokin @ yandex.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*

А. В. ЛИПЕНКОВ, О. А. МАСЛОВА, М. Е. ЕЛИСЕЕВ

О ПОДХОДАХ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ АВТОБУСОВ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

В статье приводятся результаты исследования времени простоя автобусов под посадкой и высадкой пассажиров на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта. Рассматриваются существующие подходы к анализу времени простоя автобусов. Выявлены новые факторы, влияющие на время простоя. Результаты исследования служат для определения пропускных способностей остановочных пунктов, а также для разработки имитационных моделей пассажирских перевозок.

Ключевые слова: время простоя, посадка и высадка пассажиров, остановочный пункт, пассажирские перевозки, имитационное моделирование.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В Нижнем Новгороде актуален вопрос оптимизации маршрутной сети городского пассажирского транспорта в связи со скорым пуском новой станции метро. Существенного результата в разработке изменений схемы движения общественного транспорта можно добиться применением имитационного моделирования.

В работах [1, 2, 3] рассматривалось создание имитационной модели городских пассажирских перевозок для Нижнего Новгорода. При разработке такой модели перед исследователями встал ряд вопросов, один из которых – моделирование времени простоя автобусов на остановочных пунктах рассмотрен в данной статье.

Под простоем в работе будет пониматься время, затрачиваемое на посадку и высадку пассажиров, т.е. время от начала открытия дверей до их закрытия.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

При исследовании закономерностей изменения продолжительности простоев транспортных средств на остановочных пунктах специалисты в области пассажирских перевозок использовали различные подходы.

Волгоградские специалисты предлагали использовать распределение Эрланга второго порядка для описания продолжительности простоя транспортных средств на остановках или определять его как функцию от пассажирообмена остановочного пункта [4]. Были также предложения использовать показательный закон распределения [5, 6] и нормальный закон распределения [7]. Другие исследователи выявили, что на время простоя влияет количество дверей транспортного средства и тип подвижного состава. В исследованиях зарубежных авторов приводятся данные, из которых видно, что время посадки зависит от формы организации оплаты за поездку, наличия и количества багажа у пассажиров. Есть результаты исследований, подтверждающие, что время простоя зависит от наполнения транспортных средств и от времени открытия (закрытия) дверей. Другие авторы выявили и описали зависимость времени простоя на остановках от номинальной вместимости транспортных средств, длины перегона, коэффициента использования пассажироместности, среднего удельного времени на посадку и высадку пассажира и среднего расстояния его поездки [8]. Также исследователи сделали заключение о линейной зависимости между продолжительностью выхода и количеством сошедших пассажиров при обратно пропорциональном влиянии количества дверей. В работе [9] вообще предлагалось пренебречь временем простоя автобуса, сделав допущение, что посадка и высадка носит мгновенный характер.

Как видно из проведенного обзора, существует достаточно много подходов к описанию времени простоя автобусов на остановочных пунктах. Важно также и то, что ни один из них не является утвержденным и повсеместно используемым. Это вытекает из случайной

природы времени простоя автобусов, т.к. на него оказывает влияние большое количество факторов. Все эти факторы можно условно разделить на следующие группы:

1. факторы, характеризующие технические характеристики транспортных средств (количество дверей, уровень пола, ширина дверей, тип механизма, используемого для открытия и закрытия дверей, наличие поручня в дверях);

2. факторы, характеризующие пассажиропоток на остановочных пунктах (количество входящих и выходящих пассажиров, неравномерность входящих и выходящих пассажиров по дверям);

3. факторы, связанные с организацией перевозочного процесса (способ оплаты за проезд, наполняемость транспортного средства, загруженность остановочного пункта другими автобусами, неравномерная наполняемость салона транспортного средства, отставание автобуса от расписания и др.);

4. "человеческий фактор" (возрастная категория пассажиров, наличие у пассажиров багажа, желание или нежелание водителями подождать подбегающего к остановке пассажира и т.д.)

5. Природно-климатические факторы (время года, время суток, гололедица, лужи возле остановочных пунктов).

Из огромного количества факторов, оказывающих влияние на время простоя, и вытекает столь же большое количество подходов к его описанию. Но, несмотря на многообразие, все подходы к моделированию времени простоя автобусов на остановочных пунктах можно условно разделить на две большие группы:

1. подходы, основанные на описании времени простоя автобусов одним из вероятностных распределений [4,5,6,7,11,14];

2. подходы, основанные на регрессионных моделях, связывающих время простоя автобусов и влияющих на него факторов [4,8,10].

Гораздо реже предлагается третий подход, основанный на аналитических зависимостях, связывающих время простоя и влияющие на него факторы [12,13]. Наиболее известно аналитическое выражение, полученное Ефремовым И.С.[13]:

$$t_{оп} = t_{пасс} (A_{вх} + A_{вых} k_{нд} / n), \quad (2)$$

где: $t_{оп}$ – время простоя автобуса (время обслуживания пассажиров);

$t_{пасс}$ – затраты времени на посадку и высадку одного пассажира (с);

$A_{вх}, A_{вых}$ – число входящих и, соответственно, выходящих пассажиров;

$k_{нд}$ – коэффициент неравномерности входа и выхода пассажиров через разные двери;

n – количество дверей в транспортном средстве.

Из двух вышеописанных способов моделирования времени простоя автобуса наиболее простым и удобным является выявление закона распределения и использование соответствующего генератора случайных чисел. Например, такой подход используется в современном пакете транспортного планирования и моделирования PTV Vision VISSIM [15] в случае, когда пассажиропоток конкретного остановочного пункта неизвестен. Такой же подход был применен в работе [6], где: для описания времени простоя автобусов, был использован экспоненциальный закон распределения, а также в работе [14], где: было использовано треугольное распределение (задается по умолчанию в Anylogic).

Преимуществом такого подхода является учет стохастичности перевозочного процесса. Однако он обладает тем недостатком, что получаемое с помощью генератора случайных чисел время простоя, никак не связано с количеством вошедших и вышедших пассажиров. Может оказаться так, что выдаваемое генератором значение времени простоя автобуса будет незначительным для остановки с большим пассажирообменом и значительным для остановки, например, "По требованию". Поэтому моделировать время простоя автобуса с помощью

вероятностного распределения стоит в том случае, если пассажиропоток моделируемого остановочного пункта не известен или зависимость времени простоя автобуса от количества вошедших и вышедших пассажиров в модели не является важной.

Подход, основанный на регрессионных моделях, напротив, более точно учитывает пассажирообмен остановочного пункта, но исключает стохастичность перевозочного процесса, т.е. является детерминированным.

Учитывая многообразие предлагаемых исследователями вариантов описания времени простоя автобусов, а также тот факт, что практически все они проводились давно и для уже не существующих транспортных средств, было решено провести исследование остановочных пунктов в городе Нижнем Новгороде. Цель исследования – описать время простоя двумя указанными выше способами, сравнить их с результатами, полученными другими авторами.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Обследование проводилось на остановочных пунктах с помощью цифровых видеокамер с фиксацией моментов прибытий транспортных средств, моментов открытия и закрытия дверей, учетом количества вошедших и вышедших пассажиров. В большинстве случаев обследование проводилось в "час пик". В дальнейшем данные обрабатывались и заносились в таблицы формата Excel. Для последующих расчетов был использован пакет Statistika 6.0. Бланк обследования представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Пример бланка для обследования остановочных пунктов

№ ТС	Тип ТС	№ марш	Время прибытия	Откр. двер.	Закр. двер.	Отъезд	Первая дв.		Вторая дв.		Третья дв.	
							ВЫХ	ВХ	ВЫХ	ВХ	ВЫХ	ВХ
1	ЛиАЗ	48	0:01:20	0:01:20	0:01:36	0:01:36	4	1	12	2	1	2
2	ЛиАЗ	3	0:01:32	0:01:43	0:01:53	0:01:53	0	0	5	1	4	1

Всего было проанализировано 15 остановочных пунктов с разным пассажирообменом, средним временем простоя транспортных средств на них и качественным составом самих ТС. Данные, характеризующие объем исследования представлены в таблице 2. В основном, подвижной состав в Нижнем Новгороде представлен автобусами: большого класса (ЛиАЗ-5256, ЛиАЗ-5293, МАЗ-103), малого класса (ПАЗ-3205, крайне редко микроавтобусами Hyundai County Long), особо малого класса (ГАЗ-322132 «Газель», Iveco Daily, Ford Transit).

Таблица 2 – Показатели, характеризующие объем исследования

Объем видеоматериала	107 Гб
Количество часов видеозаписи	25ч 24 мин
Проанализировано Транспортных средств	2488
Процент отбраковки данных	7,5%

Анализ экспериментальных данных показал, что время простоя транспортного средства сильно зависит от его типа, что подтверждают ранее проведенные исследования [10]. Поэтому экспериментальные данные анализировались как суммарно по всем типам транспортных средств, так и отдельно.

Наилучшее приближение для описания времени простоя автобусов всех классов на всех остановочных пунктах показали Гамма-распределение (рис. 1) и логарифмически-нормальное распределение (рис. 2). При этом частая близость параметра формы Гамма-распределения к целому числу (на остановочных пунктах «Московский Вокзал», «пл. Минина», «Университет им. Лобачевского», «Московское шоссе», «Станция метро Автозаводская»), дает основания говорить именно о законе Эрланга.

В таблицах 3,4,5 представлены результаты обработки экспериментальных данных для двух наиболее крупных групп: автобусы большого класса ЛиАЗ-5256 и малого ПАЗ-3205 (автобусы особо малого класса в Нижнем Новгороде работают только на ограниченном числе маршрутов и в небольшом количестве). Отметим, что эти два класса транспортных средств относятся к различным операторам транспортного процесса (муниципальные и коммерческие), что отразилось на итоговых результатах.

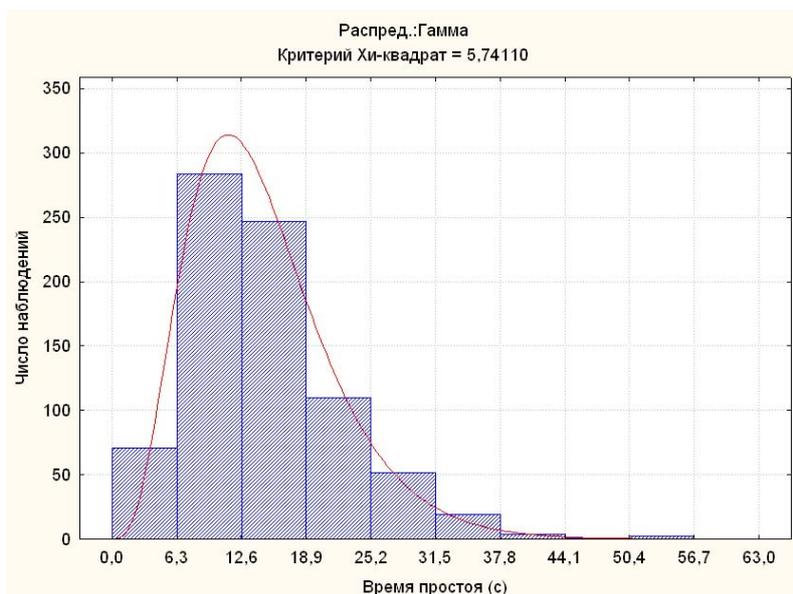


Рисунок 1 - Проверка данных по автобусам большого класса Гамма-распределением

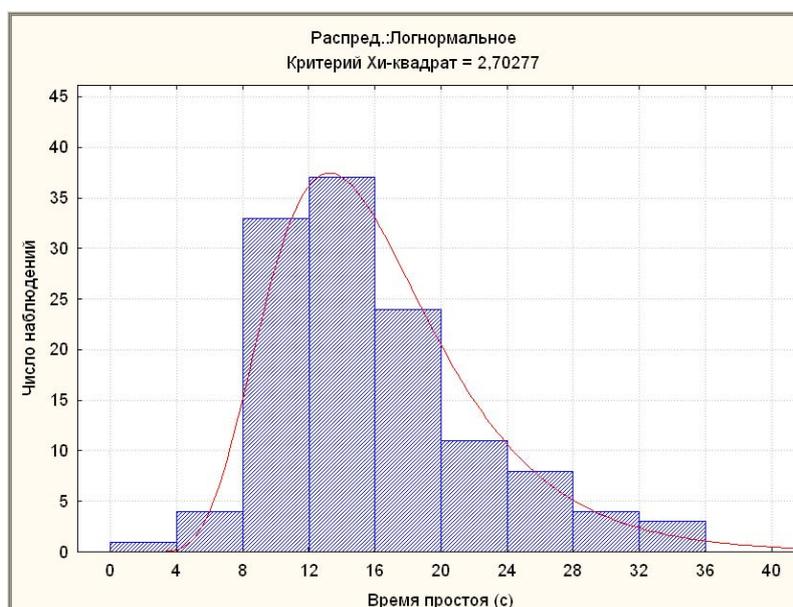


Рисунок 2 - Проверка данных Логарифмически-нормальным законом распределения на ост. пункте Красные зори

В столбцах таблицы указаны: часовой пассажиропоток исследуемого ОП, средний пассажирообмен транспортного средства, параметры выборки экспериментальных данных (математическое ожидание, дисперсия, коэффициент вариации), параметры логарифмически-нормального закона (σ , μ), параметры Гамма-распределения (α , λ).

Важным моментом стало то, что параметры выбираемых законов варьировались в очень широких пределах. Чтобы проанализировать эту вариацию значений параметров рассмотрим более детально параметры Гамма-распределения.

Математическое ожидание, дисперсия и коэффициент вариации:

$$M \llbracket \llbracket \frac{\alpha}{\lambda}, D \llbracket \llbracket \frac{\alpha}{\lambda^2}, v \llbracket \llbracket \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \quad (1)$$

Таблица 3 – Параметры законов распределения для смешанного потока (тип транспортного средства не учтен)

ОП	пасс/час	пасс/тс	пар-ры выборки			Лог-норм.		Гамма	
			М	D	v	σ	μ	α	λ
Красные Зори	977,68	12,07	15,21	76,83	0,58	0,54	2,99	3,01	0,20
Серая Лошадь	682,86	7,47	20,33	232,40	0,75	0,67	3,35	1,78	0,09
б. Семашко	720,00	6,68	18,34	316,36	0,97	0,81	3,32	1,06	0,06
Ст.М. Комсомольская	258,86	2,75	7,44	10,70	0,44	0,42	2,22	5,17	0,69
Ст.М. Автозаводская	330,37	3,04	8,12	23,28	0,59	0,55	2,37	2,83	0,35
Средной рынок	390,77	6,68	15,57	36,57	0,39	0,37	2,93	6,63	0,43
пл. Лядова	1396,53	9,30	13,22	78,13	0,67	0,61	2,89	2,24	0,17
Речной Вокзал	445,00	5,24	11,72	114,52	0,91	0,78	2,85	1,20	0,10
пл. Минина	751,45	11,86	36,47	888,42	0,82	0,72	3,95	1,50	0,04
Казанское шоссе	324,00	4,29	11,03	32,92	0,52	0,49	2,65	3,70	0,34
Московское шоссе	372,00	3,50	9,44	22,83	0,51	0,48	2,48	3,90	0,41
универ. им. Лобачевского	379,69	4,05	10,77	41,28	0,60	0,55	2,65	2,81	0,26
Технический университет	352,91	6,34	11,85	30,01	0,46	0,44	2,69	4,68	0,39
Московский Вокзал	1575,00	12,73	41,42	1338,27	0,88	0,76	4,10	1,28	0,03
Актюбинская	536,47	8,74	14,94	145,79	0,81	0,71	3,06	1,53	0,10
"Среднестатистический" ОП	650,20	6,98	14,01	80,51	0,64	0,59	2,35	2,44	0,17

Таблица 4 – Параметры законов распределения для автобусов большого класса

ОП	пасс/час	пасс/тс	пар-ры выборки			Лог-норм.		Гамма	
			М	D	v	σ	μ	α	λ
Красные Зори	977,68	17,9	16,49	50,89	0,43	0,41	3,01	5,34	0,32
Серая Лошадь	682,86	14,0	16,72	38,98	0,37	0,36	3,00	7,17	0,43
б. Семашко	720,00	8,5	14,06	57,04	0,54	0,50	2,90	3,47	0,25
Ст.М. Комсомольская	258,86	3,5	8,26	10,51	0,39	0,38	2,30	6,49	0,79
Ст.М. Автозаводская	330,37	3,9	10,11	33,67	0,57	0,53	2,58	3,03	0,30
пл. Лядова	1396,53	17,6	16,49	99,49	0,60	0,56	3,08	2,73	0,17
Речной Вокзал	445,00	10,1	13,58	53,51	0,54	0,50	2,86	3,45	0,25
пл. Минина	751,45	21	27,03	240,72	0,57	0,53	3,56	3,04	0,11
Казанское шоссе	324,00	6,2	11,97	29,38	0,45	0,43	2,70	4,88	0,41
Московское шоссе	372,00	4,9	10,81	29,50	0,50	0,47	2,62	3,96	0,37
универ. им. Лобачевского	379,69	5,9	10,00	19,71	0,44	0,42	2,51	5,07	0,51
Технический университет	352,91	8,3	11,74	32,86	0,49	0,46	2,69	4,19	0,36
Московский Вокзал	1575,00	20,3	31,36	485,52	0,70	0,63	3,76	2,03	0,06
Актюбинская	536,47	12,1	15,75	79,02	0,56	0,53	3,02	3,14	0,20
"Среднестатистический" ОП	650,20	11,01	14,67	54,64	0,50	0,48	2,45	3,94	0,27

Таблица 5 – Параметры законов распределения для автобусов малого класса

ОП	пасс/час	пасс/тс	пар-ры выборки			Лог-норм.		Гамма	
			М	D	v	σ	μ	α	λ
Красные Зори	977,68	7,24	14,54	91,59	0,66	0,60	2,98	2,31	0,16
Серая Лошадь	682,86	4,11	23,20	353,90	0,81	0,71	3,50	1,52	0,07
б. Семашко	720,00	5,98	24,97	615,97	0,99	0,83	3,63	1,01	0,04
Ст.М. Комсомольская	258,86	2,05	6,43	6,98	0,41	0,39	2,06	5,93	0,92
Ст.М. Автозаводская	330,37	2,83	7,51	20,36	0,60	0,56	2,29	2,77	0,37
пл. Лядова	1396,53	5,04	14,40	35,20	0,41	0,40	2,87	5,89	0,41
Речной Вокзал	445,00	4,60	10,73	40,39	0,59	0,55	2,65	2,85	0,27
пл. Минина	751,45	4,38	10,25	43,45	0,64	0,59	2,62	2,42	0,24
Казанское шоссе	324,00	9,10	40,55	1095,25	0,82	0,71	4,06	1,50	0,04
Московское шоссе	372,00	2,20	9,82	32,31	0,58	0,54	2,55	2,98	0,30
универ. им. Лобачевского	379,69	2,04	7,25	11,02	0,46	0,44	2,20	4,77	0,66
Технический университет	352,91	2,81	10,57	53,79	0,69	0,63	2,67	2,08	0,20
Московский Вокзал	1575,00	4,60	11,43	16,97	0,36	0,35	2,61	7,69	0,67
Актюбинская	536,47	13,54	46,00	2115,66	1,00	0,83	4,24	1,00	0,02
"Среднестатистический" ОП	650,20	5,04	13,53	98,63	0,73	0,66	2,28	1,86	0,14

Как видно из формулы (1), параметр формы Гамма-распределения (порядок закона Эрланга) α обратно пропорционально зависит от коэффициента вариации собранных экспериментальных данных.

Когда все автобусы простаивают на остановочном пункте примерно одинаковое время, коэффициент вариации будет небольшим, а порядок закона Эрланга, наоборот, высоким. Данную ситуацию можно было наблюдать на остановочном пункте «Серая Лошадь» (табл. 4). Напротив, когда время простоя автобусов, приходящих на остановочный пункт заметно отличается, коэффициент вариации будет большим, а параметр закона низким. Примером может служить остановочный пункт «Актюбинская» (табл. 5), где: можно наблюдать, как автобусы популярных маршрутов с огромным пассажирообменом и, как следствие, с большим временем простоя, так и автобусы, для которых пассажирообмен очень низкий. Этим и объясняется большой разброс значений параметров выбираемых законов.

При исследовании времени простоя автобусов с помощью регрессионных моделей предварительно необходимо установить наиболее значимые факторы, влияющие на время простоя автобусов. Большинство современных исследователей в качестве такого фактора признают суммарное количество вошедших и вышедших пассажиров [4,10]. Результаты исследования в Нижнем Новгороде это подтверждают.

Как правило, при построении регрессионной модели, связывающей время простоя автобуса и его пассажирообмен, выбирается линейная зависимость. Такие зависимости были получены в работах [4] и [10]. Однако и эти результаты были отклонены для Нижнего Новгорода, т.к. исследование [4] проводилось давно, а Иркутские исследователи в работе [10] оперировали в своей модели средневзвешенным показателем, таким как удельный пассажирообмен p (пасс/ед):

$$p = \frac{P}{N_{ГПТ}}, \quad (2)$$

где: p – среднее число выходящих и входящих пассажиров на одно транспортное средство (удельный пассажирообмен), пасс/ед;

$N_{ГПТ}$ – интенсивность городского пассажирского транспорта, ед/ч;

P – общий пассажирообмен остановочного пункта, пасс/ч.

Полученные в работе [6] регрессионные модели имели вид (табл. 6):

Таблица 6 – Регрессионные модели, полученные в работе [6]

Уравнения регрессии	Класс транспортного средства
$t_d = 11,44 + 3,22 \cdot p$	Особо малый
$t_d = 4,79 + 2,9 \cdot p$	Средний с одной дверью
$t_d = 8,84 + 2,2 \cdot p$	Средний с двумя дверьми
$t_d = 7,75 + 2,45 \cdot p$	Средний с одной и двумя дверьми совместно
$t_d = 4,12 + 2,18 \cdot p$	Большой

Использование средневзвешенных показателей приведет к снижению точности полученной модели, так как для всех автобусов время простоя будет одинаковым.

Ниже приведены результаты регрессионного анализа для транспортных средств большого (рис. 3) и малого класса (рис. 4).

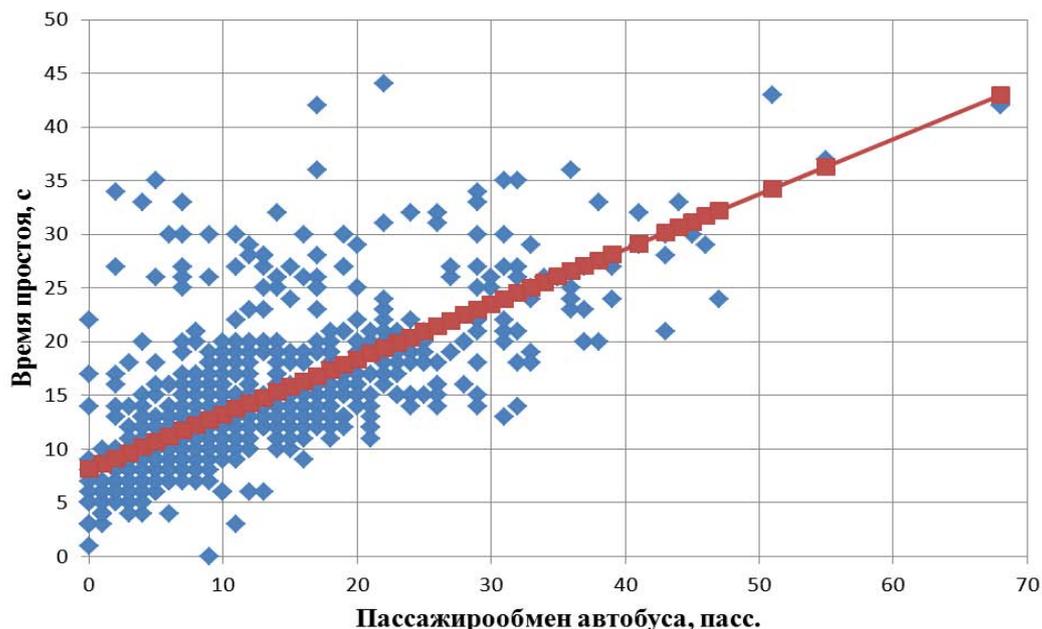


Рисунок 3 - Проведение регрессионного анализа для автобусов большого класса

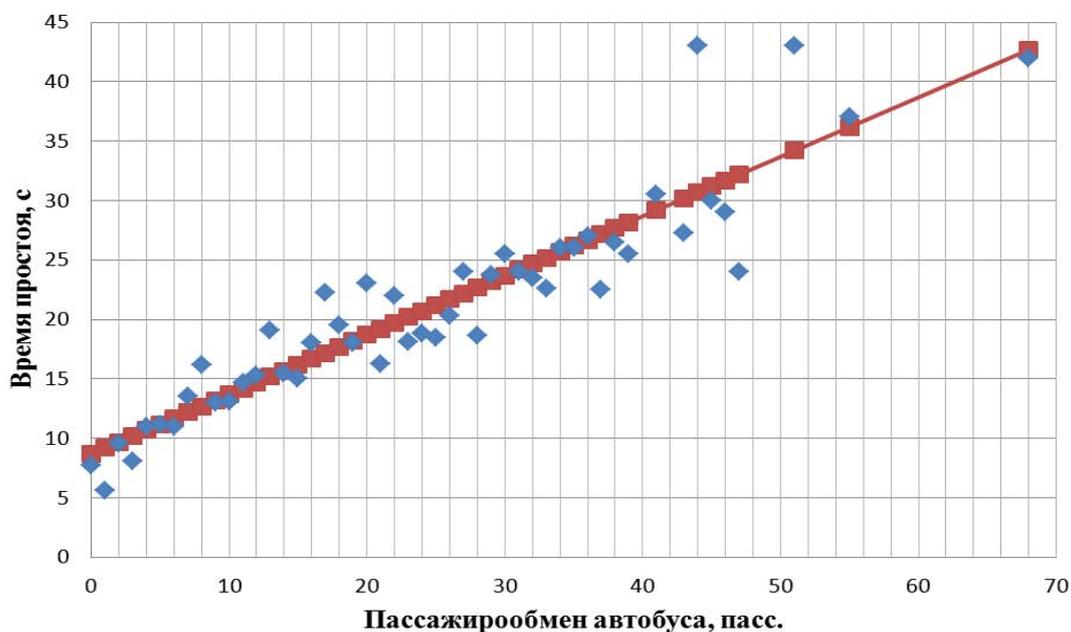


Рисунок 4 - Проведение регрессионного анализа для автобусов большого класса (усредненные данные)

Из рисунка 3 видно, что присутствует большая вариация значений времени простоя, особенно в области наиболее вероятных его значений. Поэтому для построения регрессионной модели в дальнейшем данные для одного и того же пассажирообмена усреднялись (рис. 4).

Полученные в результате регрессионного анализа модели имеют вид:

Таблица 7 – Регрессионные модели времени простоя автобусов

Класс транспортного средства	Уравнения регрессии	Коэфф-т корреляции
Малый класс с 1 дверью (Газель)	$y = 9,03 + 1,49 \cdot x$	0,93
Средний (ПАЗ-3205)	$y = 11,74 + 1,55 \cdot x$	0,81
Большой низкопольный (МАЗ-103)	$y = 6,18 + 0,62 \cdot x$	0,86
Большой (ЛИАЗ-5256)	$y = 8,67 + 0,5 \cdot x$	0,93

Как можно видеть из рисунка 4 и таблицы 7, существует сильная связь между временем простоя автобуса и количеством вошедших и вышедших пассажиров. Особенно видна эта связь для автобусов большого класса и в меньшей степени для маршрутных транспортных средств. Объясняется это тем, что маршрутные такси обслуживаются коммерческими операторами, в результате, можно наблюдать явление «ожидание наполнения» маршруток, когда они простаивают с открытыми дверями на остановочных пунктах. Это явление требует дальнейшего изучения и будет рассмотрено в следующих работах авторов.

ВЫВОДЫ ПО ДАННОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

1. Время простоя автобусов на остановочных пунктах хорошо описывается Логарифмически-нормальным законом и Гамма-распределением (в ряде случаев законом Эрланга). Причем, до настоящего времени не было упоминаний о применимости первого к описанию времени простоя автобусов. Данные законы распределения хорошо подходят для описания времени простоя транспортных средств всех классов.

2. Большой разброс значений параметров законов затрудняет выработку четких рекомендаций по применению того или иного закона для моделирования времени простоя автобусов. В будущих работах авторы планируют ответить на вопрос: какие параметры двух предлагаемых законов необходимо использовать для моделирования времени простоя на разных типах остановочных пунктов.

3. Зависимость времени простоя автобусов от количества вошедших и вышедших пассажиров хорошо описывается линейной зависимостью. Несмотря на это, в процессе проведения эксперимента было отмечено: линейная зависимость нарушается при высокой наполняемости транспортных средств; посадка пассажиров занимает немногим большее время, чем высадка для автобусов со ступенями (ЛИА3-5256).

В настоящее время также ведется разработка аналитического выражения, связывающего время простоя и действующие на него факторы и сравнение двух описанных в статье методов моделирования и их комбинации.

Результаты исследования предлагается использовать при моделировании простоев транспортных средств при посадке и высадке пассажиров в имитационных моделях городских пассажирских перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Липенков, А. В. О разработке имитационной модели городских пассажирских перевозок в Нижнем Новгороде [Текст] / А. В. Липенков, Н. А. Кузьмин, О. А. Маслова // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса». - 2011. - Том 2. – С. 50-54.
3. Липенков, А. В. Моделирование пассажирского автобусного маршрута в Anylogic [Текст] / А. В. Липенков, О. А. Маслова, М. Е. Елисеев // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011. – 2011. - Том 2. - С. 137-141.
4. Гудков, В. А. Пассажирские автомобильные перевозки [Текст] / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев. - М.: Горячая линия — Телеком, 2004. – 448 с.
5. Аникст, М. Т. Моделирование работы городского пассажирского транспорта [Текст] / М. Т. Аникст, А. П. Артынов, В. В. Скалецкий // Управление и информация.–Владивосток: ИАПУ ДВНЦ АН СССР. – 1974. – Вып. 13. - С. 84 – 94.
6. Матвеева, М. В. Имитационная модель маршрута городского пассажирского транспорта [Текст] / М. В. Матвеева, С. С. Стоянченко, Г. Л. Мозжухина // Тезисы докладов II Международной научно-практической конференции "Технология, материалы, транспорт и логистика: перспективы развития". - 2011 г.
7. Воронков, С. А. Метод определения эксплуатационных нормативов движения маршрутных автобусов в крупных городах [Текст]: Автореф. дисс. канд. техн. наук. - М.: НИИАТ, - 1990. - 20 с.

8. Калюжный, М. В. Моделирование продолжительности простоя транспортных средств на остановочных пунктах маршрута городского пассажирского транспорта [Текст] / М. В. Калюжный // Вестник Донецкого института автомобильного транспорта. - №2. - 2009. - С. 14-18.

9. Шульга, Ю. Н. Объемные стохастические сети и их приложения к моделированию транспортных процессов [Текст] / Ю. Н. Шульга. - К.: АН УССР. - 1986. - 37 с. - (Препринт / Н УССР; 86 – 10).

10. Зедгенизов, А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А. В. Зедгенизов. - Иркутск, 2008.

11. Липенков, А. В. О законе распределения времени простоя автобусов на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта [Текст] / А. В. Липенков, О. А. Маслова, Н. А. Кузьмин // Материалы XIV межд. науч.-практ. конф. "Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств". - 2011. - С. 144-147.

12. Aashtiani H.Z. and N. Iravani "Application of Dwell Time Function in Transit Assignment Model" , Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2002, pp. 88-92

13. 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.

14. Турпищева, М. С. Разработка логистической модели пассажирских перевозок методами имитационного моделирования [Текст] / М. С. Турпищева // «Вестник Астраханского государственного технического университета». - 2011. - №2. - С.83-87.

15. <http://www.ptv-vision.ru/> [Электронный ресурс].

Липенков Александр Владимирович

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт»

Адрес: г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Тел.: +7(831)2210026

E-mail: alexl@nntu.nnov.ru; _alexl_@mail.ru

Маслова Ольга Андреевна

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Магистр второго года обучения

Адрес: г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Тел.: +7(831)2705779

E-mail: feiolie@mail.ru

Елисеев Михаил Евгеньевич

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Высшая математика»

Адрес: г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

Тел.: +7(904)0400583

E-mail: eliseevmic@mail.ru

A.V. LIPENKOV, O. A. MASLOVA, M. E. ELISEEV

APPROACHES OF SIMULATION OF BUSES' DWELL TIMES AT THE STOPS OF THE CITY TRANSPORT

The article presents the results of a study of buses' dwell times at the stops of the city transport during the process of boarding and deplaning. Existing approaches of the analysis of buses' dwell times are described. New factors that are influenced on the idle time are determined. The results of the study could be used for estimation of bus stops' traffic capacity as well as for developing of passenger traffic's simulation models.

Keywords: *dwell time, alighting and boarding passengers, bus stop, passengers transportation, simulation modeling.*

BIBLIOGRAPHY

1. Eliseev, M. E. O provedenii obsledovaniy gorodskikh avtobusnykh marshrutov s tsel'yu ikh posleduyushchego modelirovaniya [Текст] / М. Е. Eliseev, А. V. Lipenkov, О. А. Maslova // "Avtotransportnoe predpriyatie". - 2012. - №1. - с. 42-44.

2. Lipenkov, A. V. O razrabotke imitatsionnoy modeli gorodskikh passazhirskikh perevozk v Nizhnem Novgorode [Текст] / А. V. Lipenkov, N. А. Kuz'min, О. А. Maslova // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa". - 2011. - Tom 2. - S. 50-54.

3. Lipenkov, A. V. Modelirovanie passazhirskogo avtobusnogo marshruta v Anylogic [Tekst] / A. V. Lipenkov, O. A. Maslova, M. E. Eliseev // *Materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii IMMOD-2011*. - 2011. - Tom 2. - S. 137-141.
4. Gudkov, V. A. Passazhirskie avtomobil`nye perevozki [Tekst] / V. A. Gudkov, L. B. Mirotin, A. V. Veľmozhin, S. A. Shiryayev. - M.: Goryachaya liniya - Telekom, 2004. - 448 s.
5. Anikst, M. T. Modelirovanie raboty gorodskogo passazhirskogo transporta [Tekst] / M. T. Anikst, A. P. Artynov, V. V. Skaletskiy // *Upravlenie i informatsiya*. - Vladivostok: IAPU DVNTS AN SSSR. - 1974. - Vyp. 13. - С. 84 - 94.
6. Matveeva, M. V. Imitatsionnaya model` marshruta gorodskogo passazhirskogo transporta [Tekst] / M. V. Matveeva, S. S. Stoyanchenko, G. L. Mozzhukhina // *Tezisy dokladov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Tekhnologiya, materialy, transport i logistika: perspektivy razvitiya"*. - 2011 g.
7. Voronkov, S. A. Metod opredeleniya ekspluatatsionnykh normativov dvizheniya marshrutnykh avtobusov v krupnykh gorodakh [Tekst]: Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. - M.: NIIAT, - 1990. - 20 s.
8. Kalyuzhnyy, M. V. Modelirovanie prodolzhitel`nosti prostoya transportnykh sredstv na ostanovochnykh punktakh marshruta gorodskogo passazhirskogo transporta [Tekst] / M. V. Kalyuzhnyy // *Vestnik Donetskogo instituta avtomobil`nogo transporta*. - №2. - 2009. - S. 14-18.
9. Shul`ga, YU. N. Ob`emnye stokhasticheskie seti i ikh prilozheniya k modelirovaniyu transportnykh protsessov [Tekst] / YU. N. Shul`ga. - K.: AN USSR. - 1986. - 37 s. - (Preprint / N USSR; 86 - 10).
10. Zedgenizov, A. V. Povyshenie effektivnosti dorozhnogo dvizheniya na ostanovochnykh punktakh gorodskogo passazhirskogo transporta [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / A. V. Zedgenizov. - Irkutsk, 2008.
11. Lipenkov, A. V. O zakone raspredeleniya vremeni prostoya avtobusov na ostanovochnykh punktakh gorodskogo passazhirskogo transporta [Tekst] / A. V. Lipenkov, O. A. Maslova, N. A. Kuz`min // *Materialy XIV mezhd. nauch.-prakt. konf. "Aktual`nye problemy ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv"*. - 2011. - S. 144-147.
12. Aashtiani H.Z. and H. Iravani "Application of Dwell Time Function in Transit Assignment Model" , Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2002, pp. 88-92
13. Efremov, I. S. Teoriya gorodskikh passazhirskikh perevozk [Tekst]: ucheb. posobie dlya vuzov / I. S. Efremov, V. M. Kobozev, V. A. Yudin. - M.: Vyssh. SHkola, 1980. - 535 s.
14. Turpishcheva, M. S. Razrabotka logisticheskoy modeli passazhirskikh perevozk metodami imitatsionnogo modelirovaniya [Tekst] / M. S. Turpishcheva // "*Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*". - 2011. - №2. - S.83-87.
15. <http://www.ptv-vision.ru/> [Elektronnyy resurs].

Lipenkov Alexander Vladimirovich

Nizhny Novgorod State Technical University. RE Alekseeva
Senior lecturer in "Road transport"
Address: Nizhni Novgorod, ul. Minin, 24
Tel.: +7(831)2210026
E-mail: alex1@nntu.nnov.ru; _alex1_@mail.ru

Maslova Olga Andreyevna

Nizhny Novgorod State Technical University. RE Alekseeva
Master of the second year
Address: Nizhni Novgorod, ul. Minin, 24
Tel.: +7(831)2705779
E-mail: feiolie@mail.ru

Eliseev Michael Evgenjevich

Nizhny Novgorod State Technical University. RE Alekseeva
Candidate. Sci. Sciences, Associate Professor of "Higher Mathematics"
Address: Nizhni Novgorod, ul. Minin, 24
Tel.: +7(904)0400583
E-mail: eliseevmic@mail.ru

Э. Р. ДОМКЕ, С. А. ЖЕСТКОВА

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАЗВОЗКИ ГРУЗОВ

Разработана модель функционирования интегрированной системы развозки грузов автомобильным транспортом, учитывающая дискретный характер транспортной работы. Учитывается возможность использования остаточного ресурса времени на одном маршруте, для перевозки груза на другом маршруте.

Ключевые слова: *груз, модель, маршрут, автомобиль.*

В условиях рыночной экономики неизбежный тренд дальнейшего развития бизнеса заключается в интеграции производства. Этот объективный закон рынка обусловлен действием синергетического эффекта [1]. Он означает превышение совокупных результатов деятельности интегрированной системы от суммы результатов деятельности предприятий до их объединения. Затраты на производство единицы продукции уменьшаются, а прибыль возрастает. Следует отметить, что синергетический эффект может иметь и обратный результат при неправильном управлении. За последние 20 лет процесс укрупнения производственных фирм и их капитализация постоянно увеличивается. Крупные компании имеют значительно большие ресурсы и влияния на рынки сбыта своей продукции.

Интеграция производства неизбежно привела к интеграции торговых сетей, созданию крупных супермаркетов с несколькими десятками тысяч наименований товаров различных видов. Возникает потребность в создании крупных АТП обслуживающих крупных производителей и потребителей товаров, которые применяют интегрированную систему доставки грузов (ИСРГ), позволяющую доставлять товары от нескольких производителей (баз, терминалов, центров) к нескольким потребителям. Наиболее быстро процесс интегрирования крупных АТП, происходит при контейнерной перевозке груза. Однако теория функционирования ИСРГ отстает от практики.

Следует отметить, что при создании системы перевозок высокого уровня, которой является ИСРГ проявляется эффект синергетического расширения, когда создается возможность использования остаточного ресурса времени имеющегося на одном маршруте для перевозки дополнительного груза на другом маршруте. В результате создается возможность увеличения количество ездки с грузом, повышение производительности автомобиля и эффективности интегрированной системы развозки грузов в целом.

Существующие модели [2,3,4,5] не вполне адекватно отражают особенности функционирования ИСРГ. Одна из причин заключается в том, что в их основе лежит циклическая замкнутая схема передвижения автомобиля [2,3]. В рассматриваемой системе ее может и не быть. С другой стороны транспортная работа представляется в виде монотонно изменяющейся функции [4,5]. В действительности она носит дискретный характер [2].

Таким образом, необходимо усовершенствовать математическую модель функционирования ИСРГ.

Интегрированная система развозки грузов включает в себя несколько грузообразующих и грузопоглащающих пунктов движение, между которыми происходит по двум типам схем: замкнутой и разомкнутой (радиальной), например рисунок 1. Здесь, в квадратах расположены пункты погрузки (базы, терминалы, центры и т.д.), а кругом обозначены пункты разгрузки груза.

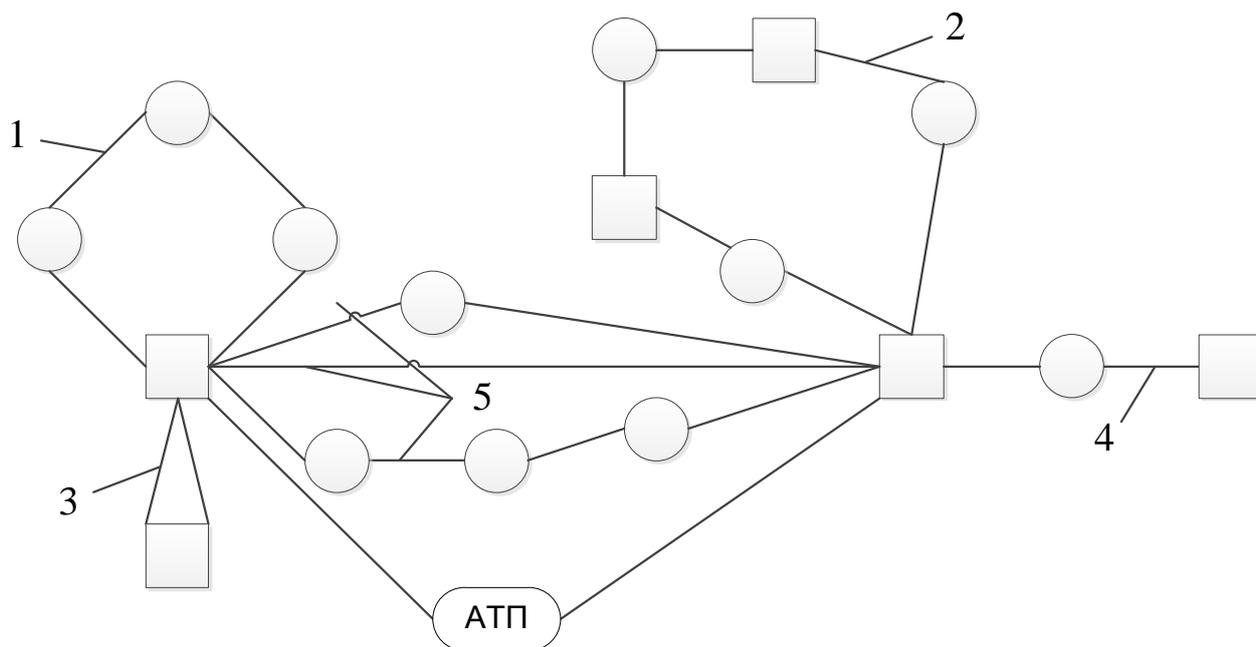


Рисунок 1 - Граф ИСРГ

При движении по замкнутой схеме автомобиль обязательно возвращается в исходную точку погрузки, где: может снова загружаться. К ней относятся кольцевые маршруты мелкопартионной – 1 и помашинной – 2 развозки грузов, а так же маятниковые маршруты без – 3 и с грузом частично или полностью обратным пробегом – 4. Радиальная схема передвижения в них реализуется только, когда автомобиль, минуя исходную базу погрузки, возвращается в АТП, совершая при этом нулевой (порожний) пробег. Следовательно, она тоже присутствует, но не является основной характерной чертой схемы перемещения груза. В ИСРГ радиальные маршруты – 5 являются составной частью схемы доставки грузов между базами в течение запланированного времени работы.

Характерной особенностью радиального маршрута является отсутствие оборота, используемого при описании технологического процесса перевозки при помашинной отправка грузов из одного центра [1]. Кроме того, в отличие от [1], рассматривается не только помашинная, но и мелкопартионная развозка грузов автомобилями разной грузоподъемности.

Необходимость моделирования процесса функционирования интегрированной системы развозки грузов появляется в результате не кратности времени ездки по маршруту с продолжительностью погрузки, когда влиянием работы автомобилей друг на друга пренебречь нельзя. Возникают две организационные проблемы, которые необходимо решить для повышения производительности перевозочного процесса:

- минимизировать затраты времени в очередях под разгрузкой и погрузкой;
- рационально распределить автомобили по маршрутам.

Эти две проблемы взаимосвязаны. Для решения первой из них требуется увеличить количество постов погрузки и организовать четкую работу диспетчерской службы. В работе основное внимание уделяется решению второй проблемы.

В модели приняты следующие условия и допущения:

- пункты и базы начинают и заканчивают работу одновременно;
- время ездки с грузом не превышает времени работы системы;
- известна грузоподъемность и количество автомобилей, а так же масса перевозимого однородного груза;
- решена транспортная задача;
- известна продолжительность всех операций транспортного процесса;

- количество ездки, необходимое для перевозки груза, меньше максимального их числа, которое могут обслужить базы;
- ритм работы автомобиля на периферийных пунктах разгрузки больше, чем в центральной базе погрузки.

Создаем массив затрат времени на каждую ездку. Время нахождения i -го автомобиля на j -ом маршруте вычисляем по формуле:

$$t_{ij} = \sum_1^{\Gamma} \frac{\rho_{\xi}^{re}}{V_{\xi}^T} + \sum_1^X \frac{\rho_{\omega}^x}{V_{\omega}^T} + \sum_1^B t_v^p + \sum_1^B t_v^{op} + \sum_1^N t_{\varphi}^n + \sum_1^N t_{\varphi}^{on}, \quad (1)$$

- где: $\xi = 1, 2, 3 \dots \Gamma$ – количество участков груженого пробега;
 $\omega = 1, 2, 3 \dots X$ – количество участков холостого пробега;
 $v = 1, 2, 3 \dots B$ – количество пунктов разгрузки;
 $\varphi = 1, 2, 3 \dots N$ – количество пунктов погрузки;
 ρ_{ξ}^{re} – длина ξ -го участка груженой ездки;
 ρ_{ω}^x – длина ω -го участка холостого пробега;
 t_v^p – время разгрузки груза в v -ом пункте;
 t_v^{op} – время ожидания в v -ом пункте;
 t_{φ}^n – время погрузки груза на φ -ой базе;
 t_{φ}^{on} – время ожидания на φ -ой базе;
 V_{ξ}^T – техническая скорость на ξ -ом звене груженого пробега;
 V_{ω}^T – техническая скорость на ω -ом звене холостого пробега.

Так как ритм обслуживания автомобиля на периферийных больше, чем на центральном пункте, то первая ездка автомобилей осуществляется по разным маршрутам, чтобы не создавать очередь при разгрузке на периферийных пунктах. При этом необходимо руководствоваться принятым приоритетом обслуживания на центральных пунктах. В первую очередь выбирается маршрут, имеющий наибольшую протяженность и массу заявленного груза. После первой поездки у автомобиля будет остаток времени, за которое он может совершить дополнительную ездку по этому же или другому маршруту:

$$\Delta T_{ij} = T_{ie} - t_{ij}. \quad (2)$$

В формуле (2) величина T_{ie} – время работы i -го автомобиля в ИСРГ с учетом приоритета его подачи под погрузку. Значение t_{ij} вычисляем по выражению (1). Найденный остаток времени сравниваем со множеством величин времени поездок по всем маршрутам по формуле:

$$\Delta T_{ij} \geq \in \left(\begin{matrix} t_{ij} + \Delta t^{nep}; \\ t_{ij}^{re} + \Delta t^{nep} \end{matrix} \right). \quad (3)$$

Здесь время ездки с грузом вычисляем по выражению:

$$t_{ij}^{re} = \sum_1^{\Gamma} \frac{\rho_{\xi}^{re}}{V_{\xi}^T} + \sum_1^B t_v^p + \sum_1^B t_v^{op} + \sum_1^N t_{\varphi}^n + \sum_1^N t_{\varphi}^{on}. \quad (4)$$

В формуле (3) добавка времени на переезд с одного маршрута на другой составляет (рис.2):

$$\Delta t^{\text{пер}} = \frac{\ell_{ijk}^{\text{пер}}}{v_{ijk}^T} - \frac{\ell_{ij}^x}{v_{ij}^T} \quad (5)$$

где: $\ell_{ijk}^{\text{пер}}$ – порожний пробег при переезде с конечного пункта разгрузки j -го маршрута одной на другую базу погрузки k -го маршрута;

ℓ_{ij}^x – холостой пробег i -го автомобиля от конечного пункта разгрузки j -го маршрута до базы его погрузки.

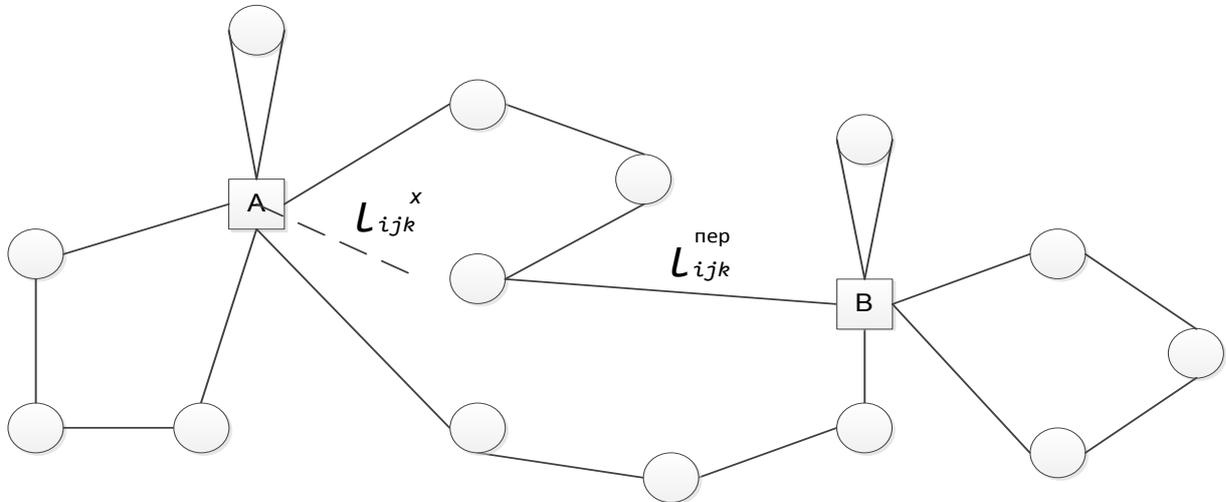


Рисунок 2 - Определение $\Delta t^{\text{пер}}$

На рисунке 2 переезд осуществляется между базами А и В.

Заметим, что $\Delta t^{\text{пер}} = 0$, если переезд осуществляется на маршрут, отправляющийся с этой же базы. Если условие (3) выполняется, то в план предыдущей поездки добавляется найденный маршрут, а его массив корректируется. В результате расчетов может получиться несколько вариантов поездок за остаток времени ΔT_{ij} . Тогда из них выбирается маршрут наибольшей протяженности. Однако на езду, с приоритетным обслуживанием второй автомобиль может быть отправлен не ранее интервала времени на j -ом участке:

$$\Delta t_{\xi} = \max \left(\frac{\ell_{\xi}^{\text{ге}}}{v_{\xi}^T} + t_{\xi}^p + t_{\xi}^{\text{оп}} \right). \quad (6)$$

Представленная процедура должна выполняться для всех автомобилей до тех пор, пока не будет выполняться условие (3). Следует подчеркнуть, что поскольку есть приоритет подачи автомобилей под погрузку, то время их работы на линии будет различным. Поэтому на последнем маршруте, перед возвратом автомобиля в АТП, остаток времени ΔT_{ij} сравнивается, только с последним выражением $t_{ij}^{\text{ге}} + \Delta t^{\text{пер}}$ в условии (3). Если оно выполняется, то полученная таким образом поездка включается в план работы i -го автомобиля. При этом должно выполняться дополнительное условие, чтобы время нахождения автомобиля на всех маршрутах с учетом первого и второго нулевых пробогов, а также порожних пробегов при переездах T_{ijk} не превышало нормированного времени нахождения его в наряде – $T_{\text{нар}}$:

$$T_{\text{нар}} \geq T_{ijk}. \quad (7)$$

Количество груза перевозимого i -ым автомобилем и его транспортную работу на j -ом маршруте находим по выражениям:

$$Q_{ij} = \sum_1^{\Gamma} M_{\xi j}, \quad P_{ij} = \sum_1^{\Gamma} M_{\xi j} \cdot \ell_{\xi j}^{ге}, \quad (8)$$

где: $M_{\xi j}$ – масса груза в кузове автомобиля на j -ом участке грузовой ездки;
 $\ell_{\xi j}^{ге}$ – длина участка ездки с грузом.

Длину j -го маршрута без нулевых пробегов определяем по формуле:

$$L_{ij} = \sum_1^{\Gamma} \ell_{\xi j}^{ге} + \sum_1^{\chi} \ell_{\omega j}^x + \sum_1^{\Pi} \ell_{ijk}^{пер}, \quad (9)$$

где: Π – количество переездов с одного на другой маршрут.

Время перевозки груза планового объема на j -ом маршруте составит:

$$T_{ij} = \sum_{i=1}^A t_{ij}, \quad (10)$$

где: A – количество автомобилей направленных на маршрут.

Количество груза, транспортную работу и общий пробег по j -ому маршруту для всех автомобилей определяем по выражениям:

$$Q_j = \sum_{i=1}^A Q_{ij}, \quad P_j = \sum_{i=1}^A P_{ij}, \quad L_j = \sum_{i=1}^A L_{ij}. \quad (11)$$

Количество груза, транспортную работу и общий пробег i -го автомобиля по маршрутам в ИСРГ определяем по формулам, соответственно:

$$Q_i = \sum_{j=1}^C Q_{ij}, \quad P_i = \sum_{j=1}^C P_{ij}, \quad L_i = \sum_{j=1}^C L_{ij}. \quad (12)$$

где: C – количество маршрутов в системе.

Общее количество груза, транспортную работу и общий пробег в интегрированной системе развозки находим по формулам:

$$Q_{ис} = \sum_{i=1}^A Q_i, \quad P_{ис} = \sum_{i=1}^A P_i, \quad L_{ис} = \sum_{i=1}^A L_i \quad (13)$$

Таким образом, предложена модель, описывающая процесс функционирования интегрированной системы развозки грузов, учитывающая дискретный характер транспортной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климентович, Н. Ю. Без формул о синергетике [Текст] / Н. Ю. Климентович. - Минск: Высшая школа, 1986. – 458 с.
2. Николин, В. И. Грузовые автомобильные перевозки. [Текст] / В. И. Николин, Е. Е. Витвицкий, С. М. Мочалин. – Омск: Вариант – Сибирь, 2004. – 480 с.

3. Горев, А. Э. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: Учеб.пособие для студ. высш.учеб.заведений / А. Э. Горев. – 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

4. Воркут, А. И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А. И. Воркут. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1986. - 447 с.

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 кафедры «Организация и безопасность движения»

Тел.: +7(937)4062010

E-mail: grey-woolf@yandex.ru

E. R. DOMKE, S. A. ZHESTKOVA

FEATURES OF MODEL OF FUNCTIONING OF THE INTEGRATED SYSTEM OF RAZVOZKA OF CARGOES

The model of functioning of the integrated system razvozki cargoes by the motor transport, considering discrete nature of transport work is developed. Possibility of use of a residual resource on about one times a route, for cargo transportation on other route is considered.

Keywords: cargo, model, route, car.

BIBLIOGRAPHY

1. Klimentovich, N. YU. Bez formul o sinergetike [Tekst] / N. YU. Klimentovich. - Minsk: Vysshaya shkola, 1986. - 458 s.

2. Nikolin, V. I. Gruzovye avtomobil`nye perevozki. [Tekst] / V. I. Nikolin, E. E. Vitvitskiy, S. M. Mochalin. - Omsk: Variant - Sibir`, 2004. - 480 s.

3. Gorev, A. E. Gruzovye avtomobil`nye perevozki [Tekst]: Ucheb.posobie dlya stud. vyssh.ucheb.zavedeniy / A. E. Gorev. - 2-e izd., ster. - M.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2004. - 288 s.

4. Vorkut, A. I. Gruzovye avtomobil`nye perevozki [Tekst] / A. I. Vorkut. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Transport, 1986. - 447 s.

Domke Edward Rajngoldovich

FGBOU VPO «Penza state university of architecture and building»

Cand.Tech.Sci., the professor, зав.кафедрой the traffic safety organizations

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Tel.: +7(927)3764946

E-mail: obd@pguas.ru

Zhestkova Svetlana Anatolevna

FGBOU VPO «Penza state university of architecture and building»

Post-graduate student

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Tel.: +7(937)4062010

E-mail: grey-woolf@yandex.ru

УДК 74.584.31

А. Н. НОВИКОВ, Г. В. БУКАЛОВА

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ МЫШЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КАК ЭЛЕМЕНТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО НОРМИРОВАНИЯ

Авторами анализируется проблема научной обоснованности содержания образовательных нормативов (компетенций выпускника вуза), отражающих полноту формирования профессионального мышления технического профиля.

Ключевые слова: функции и уровни профессионального мышления, компетенции выпускника вуза, образовательные нормативы, образовательная норма.

Проблема адекватного отражения образовательной нормой результата профессиональной подготовки, отличающаяся широтой и сложностью, требует соответствующего научного обоснования. Традиционное рассмотрение нормы результата профессионального образования лишь как образовательного феномена без учета того, что ее обоснование как образовательного регулятива неизбежно связано с нормами, регулируемыми результат производственной деятельности представляется неоправданным. Полнота содержания нормы результата профессионального образования автотранспортного профиля связана с раскрытием ее сложной зависимости от релевантных технологических и социальных процессов данной сферы производства [1]. Основной аспект рассмотрения данной проблемы – это выявление условий соответствия содержания образовательной нормы объективным социально-экономическим задачам нормативного регулирования качественных характеристик трудовых ресурсов автотранспортной сферы производства. Другой аспект – это задачи, связанные с обеспечением реализации нормы результата профессионального образования в педагогической практике.

В системе профессионального образования технического профиля традиционно декларируется ориентация на подготовку будущего работника как инициативного субъекта производственной деятельности. Однако в ходе образовательного процесса студенту зачастую отводится роль объекта педагогических воздействий со стороны преподавателей, участвующих в его профессиональной подготовке. Соответственно этому образовательный процесс строится на основании объяснительно-иллюстративного метода обучения, с необходимостью предполагающего трансляцию готовой информации. В силу этого профессиональное обучение в основном складывается из таких видов учебной деятельности студента, как дословное восприятие, смысловое повторение, репродуктивное воспроизведение упражнений по готовым образцам действий. Формирование образования на основе таких методов обучения фиксирует стереотип профессионального мышления исполнителя, что необходимо, но не достаточно для эффективной производственной деятельности технического профиля, предполагающей постоянное развитие и совершенствование техники и технологий. Работник со стереотипным профессиональным мышлением эффективен только в условиях стабильного производственного процесса [2]. Отрицательным свойством его профессиональной деятельности может быть уклонение от необходимого участия в инновационных проектах и даже противостояние их реализации. Поэтому актуальным представляется освоение обучающимися позиции активного субъекта профессиональной деятельности уже в период обучения в вузе. С этой целью представляется необходимым выявление совокупности компетенций, которые с достаточной степенью гарантированности обеспечили бы формирование соответствующего типа профессионального мышления выпускника вуза.

Профессиональное мышление технического профиля можно представить как многоуровневое, интегральное отражение и преобразование характеристик проблем, свойственных производственным процессам данной сферы производства и детерминируемым его целями и задачами [3]. Выявление компетенций выпускника вуза в качестве образовательных нормативов, отражающих актуальный тип профессионального мышления, возможно посредством выделения его основных функций. В виду высокой динамичности развития техники и технологий в автотранспортном комплексе одной из основных функций профессионального мышления является познавательная функция. Реализация функции этого вида обеспечивает адекватность связи между интеллектом и внешней производственной средой, определением

необходимости и достаточности информации, соответствующей возможности выполнения объективной оценки ситуации, принятия решений, необходимых для выполнения профессиональной деятельности. Сформированность компетенции, отражающей готовность выпускника вуза к выполнению рефлексивной функции, обеспечивает ему возможность осуществить оценку достаточности профессиональных знаний и навыков для выполнения данного вида работ. Реализация данной функции также обеспечивает способность к постановке целей выполнения элементов производственной деятельности и осуществления контроля степени их достижения. Неотъемлемой функцией профессионального мышления работника производственной сферы технического профиля как сферы социальной является эмпатийная функция. Компетенция, связанная с этой функцией, позволяет работнику адекватно воспринимать отношения между сотрудниками, возникающие в производственных условиях; обеспечивает возможность поддерживать и развивать положительный морально-психологический климат в рабочей группе. Указанные выше функции составляют как бы первый - оперативный уровень профессионального мышления.

Более высокий уровень профессионального мышления технического профиля – уровень тактического мышления обеспечивается его прогностической и регулятивной функциями. Мышление этого уровня обеспечивает решение производственных задач, связанных с прогнозированием и регулированием профессиональной деятельности. Освоение выпускником вуза компетенции, связанной с прогностической функцией профессионального мышления, обеспечивает его готовность к целеполаганию элементов будущей производственной деятельности; к моделированию содержания производственных процессов; является условием эффективности выбора технологий выполнения работ и средств производства; а также - предвидения результатов деятельности и формирования возможного характера отношений между участниками производственного процесса [4]. Компетенция, представляющая регулятивную функцию профессионального мышления, отражает способность выпускника вуза к корректированию своей деятельности и поведения с целью достижения оптимальности их содержания и результата. При чем эффективность регулятивной функции обуславливается эффективностью анализа результатов осуществления функций оперативного уровня мышления. Более того, отсутствие (или недостаточность) сформированности компетенций, определяющих функционирование оперативного уровня профессионального мышления, может стать препятствием для полноценной реализации его регулятивной функции. Другими словами уровень оперативного мышления является базовым для тактического уровня мышления. Отсюда становится ясна одна из причин конфликтных ситуаций, в которых нередко оказываются выпускники вуза в первые годы работы на производстве. Таким образом, достаточная сформированность оперативного уровня мышления обеспечивает эффективность функционирования более его высокого уровня – тактического. На основании этого можно сделать вывод о повышенной значимости компетенций, отражающих познавательную, рефлексивную и эмпатийную функции профессионального мышления. Это обуславливает необходимость включения указанных компетенций в качестве образовательных нормативов в состав образовательной нормы подготовки по данному направлению (специальности).

Третий уровень профессионального мышления - стратегический. Этот уровень предполагает функционирование методологического типа мышления как основы осмысления эффективности концептуальных положений производственной деятельности, формирования собственной концепции профессиональных действий, определения направлений и средств инновационного развития производства [5].

Рассмотрение феномена профессионального мышления в аспекте образовательного нормирования позволяет выделить его многогранность. Так, представление в образовательной норме (компетентностной модели выпускника вуза) функций профессионального мышления посредством соответствующих компетенций отражает цель обучения. Одновременно с этим профессиональное мышление, как образовательный норматив, через свою познавательную функцию представляется как средство осуществления образовательного процесса. Действительное освоение обучающимися компетенций, отражающих функции профессионального мышления, - результат обучения. Следовательно, профессионализация мышления обучающихся выступает в образовательном процессе подготовки по данному направлению (специальности) как цель, средство и результат обучения. Таким образом, рассмотрение проблемы профессионального мышления с позиции образовательного нормирования, придание статуса образовательного норматива обеспечивает определенную гарантированность его формирования в ходе образовательного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, А. Н. Систематизация признаков и функций образовательно-педагогических норм [Текст] / А. Н. Новиков, Г. В. Букалова // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». – Серия «Теория и методика профессионального образования». – 2011. - №3(48).
2. Зеер, Э. Ф. Реализация компетентностного подхода в профессиональном образовании [Текст] / Э. Ф. Зеер, Д. П. Заводчиков, Е. Г. Лопес. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та. - 2007.
3. Осипов, Г. В. Социология. Основы общей теории [Текст]: Учебник для вузов / Г. В. Осипов, Л. Е. Москвичев. – М.: Норма, 2005.
4. Серов, В. Г. Актуальность профессиональной подготовки для малого бизнеса [Текст] / В. Г. Серов // Актуальные вопросы современной науки: сборник научных трудов – Новосибирск: издательство «СИБ ПРИНТ», 2010.
5. Плахов, В. Д. Социальные нормы: философские основания общей теории [Текст] / В. Д. Плахов. - М., 1985.

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

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

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

Тел.: +7(4862)412545

E-mail: tmsi@ostu.ru

Букалова Галина Васильевна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

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

Тел.: +7(4862)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

A. N. NOVIKOV, G. V. BUKALOVA

THINKING OF TECHNICAL PROFESSIONAL PROFILE AS AN ELEMENT OF EDUCATIONAL-VALUATION OF

The authors have analyzed the problem of the scientific validity of the content of-state educational standards (competencies of high school graduates), reflecting the complete formation of professional thinking technical profile.

Keywords: functions and levels of professional thinking, you have the competence of graduates of the university, educational standards, educational norm.

BIBLIOGRAPHY

1. Novikov, A. N. Sistematizatsiya priznakov i funktsiy obrazovatel'no-pedagogicheskikh norm [Tekst] / A. N. Novikov, G. V. Bukalova // Vestnik FGOU VPO "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy univer-sitet im. V.P. Goryachkina". - Seriya "Teoriya i metodika professional'nogo obrazovaniya". - 2011. - №3(48).
2. Zeer, E. F. Realizatsiya kompetentnostnogo podkhoda v professional'nom obrazovanii [Tekst] / E. F. Zeer, D. P. Zavodchikov, E. G. Lopes. - Ekaterinburg: Izd-vo Ros. gos. prof.-ped. un-ta. - 2007.
3. Osipov, G. V. Sotsiologiya. Osnovy obshchey teorii [Tekst]: Uchebnik dlya vuzov / G. V. Osipov, L. E. Moskvichev. - M.: Norma, 2005.
4. Serov, V. G. Aktual'nost' professional'noy podgotovki dlya malogo biznesa [Tekst] / V. G. Serov // Aktual'nye voprosy sovremennoy nauki: sbornik nauchnykh trudov - Novosibirsk: izdatel'stvo "SIB PRINT", 2010.
5. Plakhov, V. D. Sotsial'nye normy: filosofskie osnovaniya obshchey teorii [Tekst] / V. D. Plakhov. - M., 1985.

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VPO «State University – UNPK»

Address: Eagle Street. Moscow, 77

Dr. Sc., professor, head of the department "Service and repair of machinery"

Tel.: +7(4862)419877

E-mail: tmsi@ostu.ru

Bukalova Galina Vasil'evna

FGBOU VPO «State University-UNPK»

Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29

Kand.ped.nauk, assistant professor of "Service and repair of machines"

Tel.: +7(4862)734350

E-mail: srmostu@mail.ru

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 656

Д. В. КАПСКИЙ, А. И. РЯБЧИНСКИЙ, П. А. ПЕГИН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В МЕСТАХ УСТАНОВКИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕРОВНОСТЕЙ

В статье рассмотрены вопросы разработки методики определения экономических потерь в дорожном движении на искусственных неровностях, расположенных в зоне нерегулируемых пешеходных переходах. Выполнены исследования процесса проезда искусственной неровности транспортными средствами, а также имитационное моделирование проезда одиночной искусственной неровности. Разработана модель псевдорегулируемого режима взаимодействия транспортных и пешеходных потоков, позволяющая рассчитать задержки и остановки транспорта при любой транспортно-пешеходной нагрузке. В результате исследований разработана методика расчета экономических потерь на искусственных неровностях. Создано программное обеспечение для сокращения трудозатрат по определению потерь на искусственной неровности.

Ключевые слова: *потери в дорожном движении, экономические потери, искусственные неровности, эффективность мероприятий*

Проезд искусственной неровности по своему характеру очень близок к кратковременной остановке транспортного средства – после торможения, как правило, наступает интенсивный разгон (рис. 1). Отличие заключается в том, что при «остановке» скорость на очень короткое время падает до нуля, а при проезде искусственной неровности она, тоже на короткое время, находится на уровне, порядка 10–20 км/ч.

Однако это отличие, как установлено в результате имитационного моделирования, компенсируется непосредственным проездом через искусственную неровность, при котором значительно увеличиваются нагрузки на подвеску, несущие конструкции и трансмиссию транспортного средства, ускоряющие его износ, а также нагрузка на водителя и пассажиров, вызывающие психофизиологическое неприятие искусственной неровности.

На основании вышеизложенного, основные издержки при проезде искусственной неровности определяются как одна остановка транспортного средства с разрешенной скорости движения:

- 20 км/ч – в жилых зонах и на приравненных к ним дворовых территориях;
- 60 км/ч – на улицах населенных пунктов, независимо от наличия ограничений;
- 90 км/ч – вне населенных пунктов, независимо от наличия местных ограничений.

Кроме того, имеются еще дополнительные издержки, связанные с образованием связанного транспортного потока при подходе к искусственной неровности и рассасыванием потока за ней, или при наличии нерегулируемого пешеходного перехода, расположенного в непосредственной близости (до 30 м) от искусственной неровности. Это связано с тем, что поток насыщения (наибольшая средняя интенсивность убытия автомобилей из очереди) на искусственной неровности значительно меньше, чем на ровном покрытии, – соответственно 0,33 и 0,55 авт./с. Именно поэтому при проезде через искусственную неровность плотного потока автомобилей, интервал прибытия которых близок к 2 с, а интервал убытия равен 3 с (т.е. убытие происходит медленнее, чем прибытие), начинают формироваться и вскоре рассасываться небольшие очереди. А при наличии нерегулируемого пешеходного перехода вблизи искусственной неровности, по той же причине очереди образуются и растут быстрее, а рассасываются медленнее. Образование очередей вызывает задержки транспорта и дополнительные остановки (со скорости порядка 20 км/ч) при ступенчатом перемещении автомобилей на первую позицию в очереди. Эти особенности учитываются при расчете потерь, как правило, на каждой искусственной неровности (кроме малонагруженных улиц, расположенных в жилых зонах и дворовых территориях).

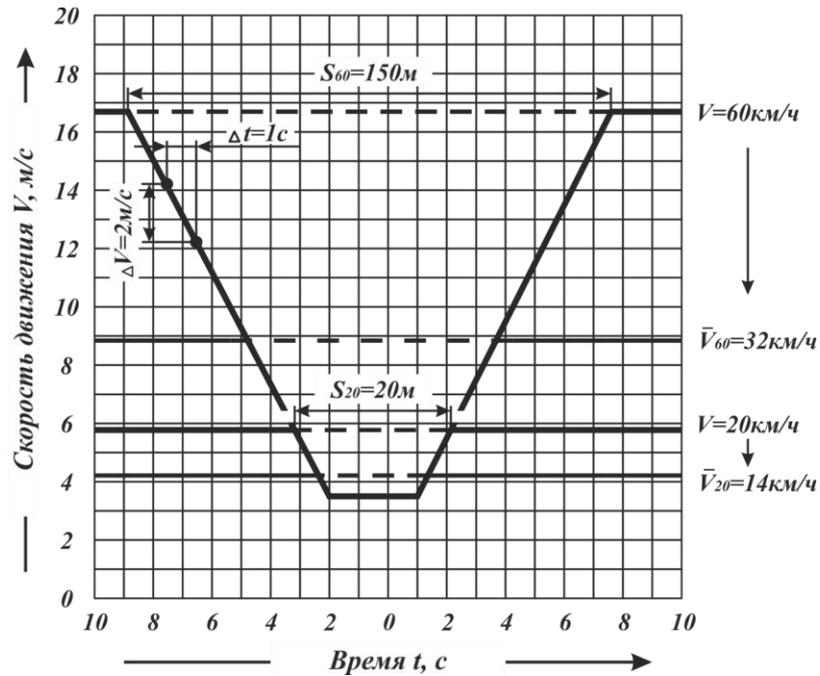


Рисунок 1 – Средние значения скорости движения в зоне установки искусственной неровности

Возможны случаи, когда на искусственной неровности возникает транспортно-пешеходная перегрузка, вызывающая образование долго не рассасывающихся (от 10–15 минут до нескольких часов) очередей автомобилей. Это происходит из-за резкого средне- или долгосрочного увеличения пешеходной либо транспортной нагрузки или и той, и другой одновременно, что нередко случается в так называемые «часы пик». Эта ситуация также учитывается в расчетах. В результате, суммарные экономические потери на искусственной неровности $P_{э\text{кн}}$ определяются как сумма потерь от остановок, задержек и дополнительных остановок транспорта:

$$P_{\text{э\text{кн}}} = P_0 + P'_0 + P_t, \text{ руб./год}, \quad (1)$$

где: P_0 – потери от (условных) остановок транспорта, руб./год;

P'_0 – потери от дополнительных остановок транспорта, руб./год;

P_t – потери от задержек транспорта, руб./год.

При расчете удельных задержек и дополнительных остановок транспорта возникли определенные трудности, связанные с отсутствием однозначного приоритета пешеходов при переходе проезжей части по нерегулируемому пешеходному переходу. Известно, что переход проезжей части по пешеходному переходу в нерегулируемом режиме состоит из трех частей (фаз) – выход на проезжую часть, собственно переход и окончание перехода. Действующие Правила дорожного движения дают пешеходу преимущество в двух фазах из трех, а именно в собственно переходе и в окончании перехода [1, п. 16.2]. В то же время начинать переход проезжей части пешеход может лишь тогда, когда он убедится в безопасности выхода [1, п. 17.2], т.е. если он не вынудит водителя приближающегося автомобиля снизить скорость движения или остановиться. В результате, применение известных формул расчета удельных задержек и остановок транспорта (и пешеходов) в нерегулируемом конфликте, когда один из конфликтующих участников имеет однозначный приоритет [2, 3, 4], является не совсем корректным. Поэтому было признано возможным и целесообразным заменить модель расчета задержек и дополнительных остановок для *нерегулируемого* режима моделью расчета для *псевдорегулируемого* режима.

Возможность такой замены объясняется самой структурой маневра пересечения в нерегулируемом режиме. Известно [2], что второстепенный участник может выполнить маневр пересечения только тогда, когда в главном конфликтующем потоке имеется достаточный

(приемлемый) интервал. Поэтому время, занятое интервалами, меньшими минимального приемлемого, является запрещенным для движения второстепенного участника. Известно также [4], что в каждом приемлемом интервале имеются так называемые «критические интервалы», расположенные по обе стороны от крайних габаритных точек главного конфликтующего участника (в данном случае, пешехода) и равные примерно по 1,5 с, въезд в которые второстепенному участнику запрещен. Следовательно, зная величину минимального приемлемого интервала, закон распределения интервалов и интенсивность движения главного конфликтующего потока, можно определить, скажем, в течение одного часа, число приемлемых интервалов и суммарное время, запрещенное и разрешенное для движения второстепенных участников. В результате, разделив общее время, на число приемлемых интервалов, получим продолжительность условного светофорного цикла, в котором соотношение продолжительности красного и зеленого сигналов равно соотношению суммарного запрещенного и разрешенного времени для движения второстепенных участников.

При определении интенсивности движения главного конфликтующего (пешеходного) потока следует учитывать то обстоятельство, что через пешеходный переход пешеходы идут как поодиночке, так и рядами из двух, трех и более человек. Следовательно, расчетная интенсивность движения пешеходного потока будет несколько меньше фактической и определяться не количеством пешеходов, а количеством рядов пешеходов. Зная закон распределения пешеходного движения, ширину пешеходного перехода и интенсивность движения пешеходов, можно определить интенсивность движения рядов пешеходов, т.е. расчетную интенсивность главного конфликтующего потока.

На рисунке 2 показана схема перехода от модели расчета удельных задержек и дополнительных остановок транспорта для нерегулируемого режима к модели расчета для псевдо-регулируемого режима.

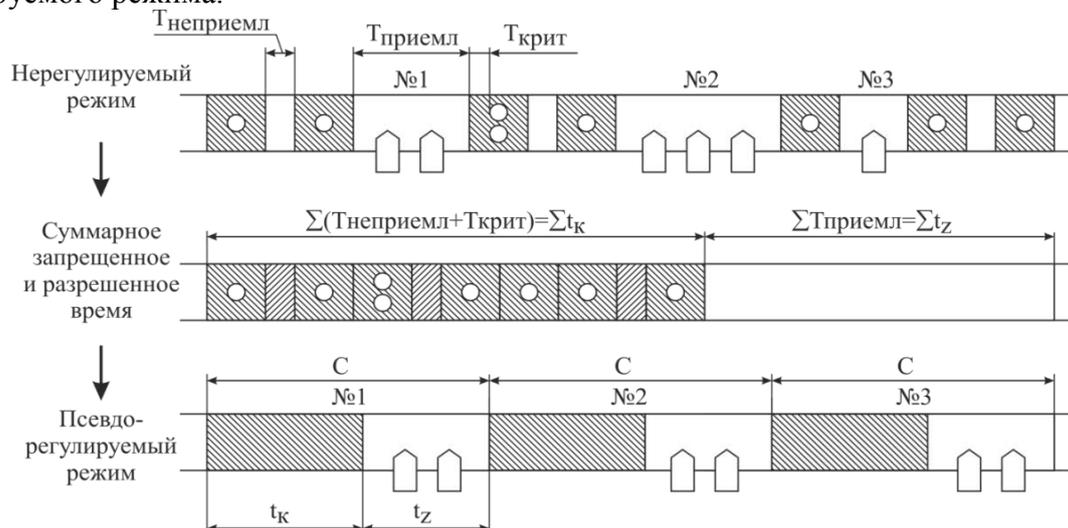


Рисунок 2 – Схема перехода от модели расчета задержек и остановок для нерегулируемого режима к модели расчета для псевдо-регулируемого режима

$T_{\text{приемл}}$ – достаточный (приемлемый) интервал; $T_{\text{неприемл}}$ – интервал, меньший минимального приемлемого; $T_{\text{крит}}$ – критический интервал

Определив, таким образом, параметры условного светофорного цикла, можно рассчитать удельные задержки и дополнительные остановки для любых соотношений интенсивности движения конфликтующих потоков. По результатам расчетов были построены зависимости удельной задержки и удельной дополнительной остановки автомобилей от соотношения интенсивности движения пешеходов в пределах от 50 до 1 000 чел./ч и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения $K_{\text{пн}}$) интенсивности движения транспорта в пределах от 50 до 1 000 ед./ч (рис. 3).

Минимальный приемлемый интервал в пешеходном потоке T_p определяется по формуле:

$$T_p = 1,15 b_{\text{пеш}} K_{\text{ун}} \sqrt{K_{\text{пн2}}} 1,05^{0,1(V_2 - 60)}, \text{ с}, \quad (2)$$

где: $b_{\text{пеш}}$ – ширина пешеходного перехода, м;

$K_{\text{ун}}$ – коэффициент условий;

$K_{\text{пн2}}$ – динамический коэффициент приведения транспортного потока;

V_2 – скорость движения транспортного потока при подходе к пешеходному переходу, км/ч.

Установлено, что *распределение интервалов T* в пешеходном потоке подчиняется экспоненциальному закону:

$$P_{(T)} = e^{-q^* T}, \quad (3)$$

где: q^* – расчетная интенсивность движения пешеходов, равная интенсивности движения условных рядов пешеходов, чел./ч;

T – исследуемый интервал движения, с.

При определении расчетной интенсивности q^* использовался Пуассоновский закон распределения пешеходов в пешеходном потоке в условном интервале 2 с (один ряд пешеходов) по всей ширине пешеходного перехода, принятой равной 5 м, т.е. до 5 пешеходов в ряд ($n_{\text{max}} = 5$):

$$q^* = q_p \left(1 - \sum_{n=2}^N \left[\frac{(q_p T)^n}{n!} e^{-q_p T} \right] \right), \quad (4)$$

где: q_p – интенсивность движения пешеходов, физическая, чел./с;

N – максимальное число пешеходов в ряду, чел.;

T – интервал в пешеходном потоке, в котором находящиеся пешеходы образуют неразрывный «ряд пешеходов» (принято, что $T = 2$ с);

n – число пешеходов в одном ряду, чел.

Расчет удельных задержек транспорта e_t (с/авт.) проводился для отдельной полосы по упрощенной формуле Вебстера:

$$e_t = 0,45 \left[\frac{C(1-\lambda)^2}{1-\lambda x} + \frac{x^2}{q(1-x)} \right], \quad (5)$$

где: C – продолжительность условного цикла регулирования, с;

λ – доля зеленого сигнала в цикле;

x – коэффициент загрузки полосы движением;

q – интенсивность движения транспорта на полосе, авт./с.

В случаях перегрузки, когда $x > 0,93$, расчет удельных задержек проводился по формуле Брилона и Ву:

$$e_t = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{N_o}{q_n \lambda}, \quad (6)$$

где: q_n – поток насыщения, авт./с;

N_o – средняя длина очереди перед условной стоп-линией за период существования перегрузки, авт.:

– при $0,93 < x < 1,14$

$$N_o = 524 T_o q_H \lambda \left[(1,09x-1) + \sqrt{(1,09x-1)^2 + \frac{1,09 x - x_o}{175 q_H \lambda}} \right]; \quad (7)$$

– при $x \geq 1,14$

$$N_o = 900 T_o q_H \lambda \left[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{x-0,92 x_o - 0,08}{300 q_H \lambda}} \right], \quad (8)$$

где: T_o – продолжительность периода перегрузки, ч;

x_o – значение коэффициента x , выше которого будут ожидать перенасыщенные циклы (когда очередь перед условной стоп-линией не рассасывается за один светофорный цикл):

$$x_o \approx 0,67 + \frac{q_H \lambda C}{600}. \quad (9)$$

Поскольку в области высоких нагрузок ($x > 0,8$) значения e_t , подсчитанные по приведенным формулам, не совсем совпадают (имеются разрывы функции), то в этой области проводилось графоаналитическое сглаживание и зависимости приобрели вид, приведенный на рисунке 3.

Расчет удельных дополнительных остановок e'_o (ост./авт.) проводился по формуле:

$$e'_o = (1 - \lambda)K_o, \quad (10)$$

где: K_o – коэффициент приращения очереди:

$$K_o = \frac{q_H}{q_H - q}. \quad (11)$$

В случаях перегрузки, когда $x > 0,93$, расчет удельных дополнительных остановок осуществляется по формуле:

$$e'_o = \frac{N_o}{q_H \lambda C}, \quad (12)$$

где: N_o – средняя длина очереди перед условной стоп-линией за период существования перегрузки (авт.), определяется по формуле 7 или 8.

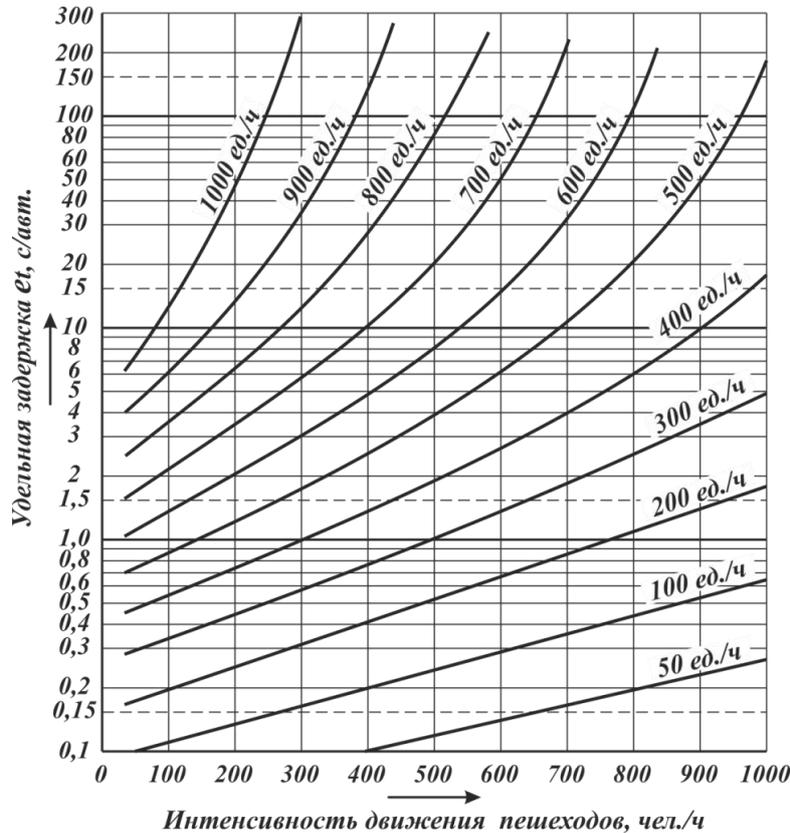


Рисунок 3 – График определения удельной задержки транспорта при наличии пешеходного перехода

Поскольку в области высоких нагрузок ($x > 0,8$) значения e'_o , подсчитанные по приведенным формулам, не совсем совпадают (имеются разрывы функции), то в этой области также было проведено графоаналитическое сглаживание и зависимости приобрели вид, приведенный на рисунке 4.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ОТ ОСТАНОВОК ТРАНСПОРТА

Поскольку принято, что проезд искусственной неровности приравнен к одной остановке транспортного средства, то годовые экономические потери от «остановок» транспорта Π_o (руб./год) рассчитываются по формуле

$$\Pi_o = Q_{\Sigma} K_{пэ\Sigma} C_o \Phi_{тн}, \quad (13)$$

где: Q_{Σ} – суммарная средняя интенсивность движения транспорта, авт./ч;

$K_{пэ\Sigma}$ – суммарный коэффициент приведения транспортного потока, экономический;

C_o – стоимость одной остановки приведенного автомобиля, руб./ост. По состоянию на 2010 г. принято: $C_o = 1,8$ руб./ост. – для загородных дорог; $C_o = 1,2$ руб./ост. – для улиц населенных пунктов; $C_o = 0,3$ руб./ост. – для жилых зон и дворовых территорий;

$\Phi_{тн}$ – годовой фонд времени, ч/год.

Расчеты Π_o можно выполнять как по суммарным значениям интенсивности движения и состава транспортного потока (Q_{Σ} и $K_{пэ\Sigma}$), так и по каждой полосе для каждого замера с последующим суммированием. В последнем случае расчетчик четко видит, когда и какая полоса дает наибольший (или наименьший) вклад в суммарные потери.

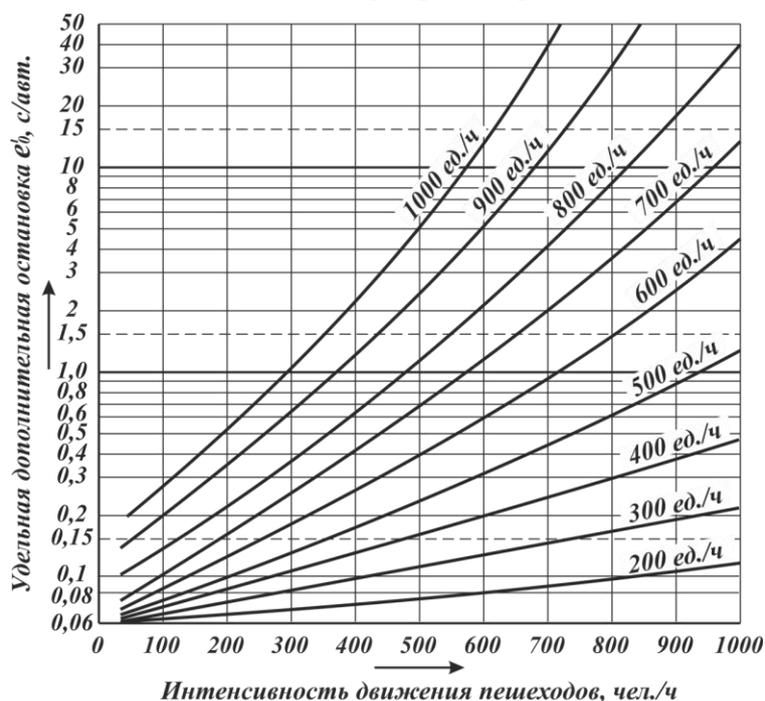


Рисунок 4 – График для определения удельных дополнительных остановок при наличии пешеходного перехода

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ОТ ЗАДЕРЖЕК ТРАНСПОРТА

Годовые экономические потери от задержек транспорта Π_t (руб./год) рассчитываются по формуле

$$\Pi_t = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \Pi_{tik}, \quad (14)$$

где: Π_{tik} – потери от задержек транспорта на i -й полосе движения k -го замера, руб./год:

$$\Pi_{tik} = e_{tik} \bar{q}_{ik} K_{пэik} \frac{T_{измk}}{T_c} C_t \Phi_{тн}, \quad (15)$$

где: e_{tik} – среднее значение удельной задержки транспорта за k -й период измерения на исследуемой полосе движения, с/авт. Определяется по графику (рис. 3) исходя из значений Q_{pk} и Q'_{ik} для отдельной полосы каждого замера, с/авт. (если $e_t < 0,1$, то $e_t = 0$);

\bar{q}_{ik} – средняя интенсивность движения транспорта на i -й полосе движения k -го замера, авт./с;

$K_{пэik}$ – экономический коэффициент приведения транспортного потока на i -й полосе движения k -го замера;

$T_{измk}$ – продолжительность k -го измерительного периода, ч;

T_c – продолжительность расчетного суточного периода, ч;

C_t – стоимость одного часа задержки приведенного автомобиля. По состоянию на 2010 год $C_t = 150,0$ руб./авт. ч.

Следует отметить, что при относительно небольшой транспортно-пешеходной нагрузке потери от задержек транспорта на искусственной неровности невелики.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ОТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОСТАНОВОК ТРАНСПОРТА

Годовые потери от дополнительных остановок транспорта рассчитываются по формуле

$$\Pi'_o = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \Pi'_{oik}, \text{ руб./год}, \quad (16)$$

где: Π'_{oik} – потери от дополнительной остановки транспорта на i -й полосе движения k -го замера, руб./год:

$$\Pi'_{oik} = e'_{oik} \bar{Q}_{ik} K_{пэик} \frac{T_{измк}}{T_c} C'_o \Phi_{тн}, \quad (17)$$

где: e'_{oik} – удельная дополнительная остановка транспортного средства на i -й полосе движения k -го замера, ост./авт. Определяется по графику (рис. 4) в зависимости от соотношения интенсивности движения пешеходов q_{pk} и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения $K_{пн}$) интенсивности движения транспорта q'_{ik} , ост./авт. (если $e'_o < 0,06$, то $e'_o = 0$). Следует отметить, что при относительно небольшой транспортно-пешеходной нагрузке потери от дополнительных остановок транспорта на искусственной неровности невелики.

C'_o – стоимость одной дополнительной остановки приведенного автомобиля (со скорости 20 км/ч). По состоянию на 2010 год $C'_o = 0,3$ руб./ост.

Ранее разработана методика расчета экологических потерь на искусственных неровностях. Рассчитываются потери от выбросов в атмосферу и от транспортного шума [5, 6, 7]. Это позволило разработать компьютерную программу расчета суммарных потерь в дорожном движении на искусственных неровностях [8], которая позволяет формализовать работу по оптимизации решений и снизить трудозатраты по оценке эффективности принимаемых мероприятий по организации дорожного движения.

ВЫВОДЫ

Впервые разработана методика расчета экономических потерь на искусственных неровностях, отличающаяся учетом влияния расположенного в непосредственной близости пешеходного перехода и применением модели псевдорегулируемого режима движения для определения величины экономических издержек, позволяющая рассчитывать потери от задержек и остановок транспорта как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке.

На основе разработанной методики определения экономических потерь на искусственных неровностях, создана компьютерная программа расчета потерь, которая зарегистрирована в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь и используется при оценке эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила дорожного движения и меры ответственности за их нарушение: по состоянию на 4 янв. 2011 г. [Текст]: Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2011. – 144 с.
2. Врубель, Ю. А. Организация дорожного движения: в 2 ч. [Текст] / Ю. А. Врубель. Ч. 1. – Минск: Белорус. фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 328 с.
3. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения [Текст] : справочник / В. У. Рэнкин [и др.]; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
4. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
5. Врубель, Ю. А. Водителю о дорожном движении [Текст]: пособие для слушателей учебного центра подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров автотракторного факультета / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – 3-е изд., дораб. – Минск: БНТУ, 2010. – 139 с.
6. Пегин, П. А. Повышение средней скорости движения транспортных средств на опасных участках дороги [Текст] / П. А. Пегин // Вестник ТОГУ. 2011. № 1 (20). С. 135–142.
7. Врубель, Ю. А. Потери в дорожном движении [Текст] / Ю. А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.

8. HumpLIRT : свидетельство о регистрации компьютерной программы № 183 / Д.В. Капский. – № С20100057 ; заявл. 08.06.2010 ; опубл. 11.06.2010 / Нац. центр интеллектуальной собственности.

9. Методика оценки эффективности внедрения мероприятий по организации дорожного движения [Текст]: ДМД 02191.3.020-2009. – Введ. 01.11.2009. – Минск : ОНТИ РДУП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», 2009. – 40 с.

Капский Денис Васильевич

ФГБОУ ВПО «Белорусский национальный технический университет»

Адрес: Республика Беларусь, 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65

Канд. техн. наук, доцент, заведующий Научно-исследовательским центром дорожного движения

Тел.: +3(7517) 2939112

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Рябчинский Анатолий Иосифович

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»

Адрес: 125319, г. Москва, Ленинградский пр-кт, 64

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой безопасности дорожного движения

Тел.: +7(499)1550371

E-mail: d.kapsky@gmail.com

Пегин Павел Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет»

Адрес: 680035, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136

Д-р техн. наук, доцент, декан факультета переподготовки и повышения квалификации

Тел.: +7(800)2508010

E-mail: pegin@mail.khstu.ru

D. V. CAPSKIY, A. I. RYABCHINSKY, P. A. PEGIN

DETERMINATION OF ECONOMIC LOSSES IN ROAD TRAFFIC IN UNREGULATED PEDESTRIAN CROSSINGS AT SPEED HUMPS

In article deals with the development of methods for determining economic losses in road traffic on the speed humps located in the zone of unregulated pedestrian crossings. The studies of the process of passage of the speed hump of vehicles, as well as simulation directions single hump. The model not-controlled-interaction mode of transportation and pedestrian road traffic, which allows to calculate the delay and the bus stops at every pedestrian transportation and loading. As a result of research developed methods for calculating the economic losses due to humps. Appropriate software to reduce labor costs to determine the environmental losses due to the speed hump.

Keywords: lost in road traffic, economic losses, speed humps, the effectiveness of measures

BIBLIOGRAPHY

1. Pravila dorozhnogo dvizheniya i mery otvetstvennosti za ikh narushenie: po sostoyaniyu na 4 yanv. 2011 g. [Tekst]: Minsk : Nats. tsentr pravovoy inform. Resp. Belarus', 2011. - 144 s.
2. Vrubeľ, YU. A. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: v 2 ch. [Tekst] / YU. A. Vrubeľ. CH. 1. - Minsk: Be-lorus. fond bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya, 1996. - 328 s.
3. Avtomobil'nye perevozki i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya [Tekst] : spravochnik / V. U. Renkin [i dr.]; per. s angl. - M.: Transport, 1981. - 592 s.
4. Dpyu, D. Teoriya transportnykh potokov i upravlenie imi [Tekst] / D. Dpyu; pep. s angl. - M.: Trans-popt, 1972. - 424 s.
5. Vrubeľ, YU. A. Voditelyu o dorozhnom dvizhenii [Tekst]: posobie dlya slushateley uchebnogo tsentra podgotovki, povysheniya kvalifikatsii i perepodgotovki kadrov avtotraktornogo fakul'teta / YU. A. Vrubeľ, D. V. Kap-skiy. - 3-e izd., dorab. - Minsk: BNTU, 2010. - 139 s.
6. Pegin, P. A. Povyshenie sredney skorosti dvizheniya transportnykh sredstv na opasnykh uchastkakh dorogi [Tekst] / P. A. Pegin // Vestnik TOGU. 2011. № 1 (20). S. 135-142.
7. Vrubeľ, YU. A. Poteri v dorozhnom dvizhenii [Tekst] / YU. A. Vrubeľ. - Minsk: BNTU, 2003. - 380 s.
8. HumpLIRT : svidetel'stvo o registratsii komp'yuternoy programmy № 183 / D.V. Kapskiy. - № S20100057 ; zayavl. 08.06.2010 ; opubl. 11.06.2010 / Nats. tsentr intellektual'noy sobstvennosti.

9. Metodika otsenki effektivnosti vnedreniya meropriyatiy po organizatsii dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: DMD 02191.3.020-2009. - Vved. 01.11.2009. - Minsk : ONTI RDUP "Belorusskiy dorozhnyy nauchno-issledovatel'skiy institut "BeldorNII", 2009. - 40 s.

Cape Dennis Vasil'evich

FGBOU VPO "Belarusian National Technical University"

Adress: Republic of Belarus, 220013 Minsk, Independence Avenue, 65

Candidate Technical, Associate Professor, Head of the Research Centre of road traffic

Tel.: +3(7517)2939112

E-mail: d.kapsky @ gmail.com

Ryabchinsky Anatoly Iosifovich

FGBOU VPO "Moscow Automobile and Road Technical University, State"

Address: 125319, Moscow, Leningrad Ave, 64

Dr. Sc. , Professor, Head. Department of Road Safety

Tel.: +7(499)1550371

E-mail: d.kapsky @ gmail.com

Pegin Pavel Anatol'evich

FGBOU VPO "Pacific State University"

Address: 680035, Khabarovsk Territory, Khabarovsk, ul. Pacific, 136

Dr. Sc. , Associate Professor, Dean of the Faculty of retraining and qualification-tion

Tel.: +7(800) 2508010

E-mail: pegin@mail.khstu.ru

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

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел.: +7 (4862) 43-48-90

УДК 656.1

Ю. В. РОДИОНОВ, М. Ю. ОБШИВАЛКИН, В. А. МИГАЧЕВ

ОЦЕНКА ЭФФЕКТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Предложен подход к оценке эффекта эксплуатации автомобилей при обновлении парка грузовых коммерческих АТП.

Ключевые слова: коммерческий грузовой транспорт, эффект.

В настоящее время в России парк грузовых автомобилей коммерческого назначения интенсивно обновляется. Владельцы транспортных предприятий осуществляют выбор автомобилей, зачастую ориентируясь на престиж марки, наличие тех или иных моделей на рынке, их стоимость и т.п. Но в процессе эксплуатации часто оказывается так, что приобретенный автомобиль имеет большие по сравнению с конкурентами эксплуатационные затраты, хотя и в полной мере соответствует требованиям технологического процесса перевозок и низкие нормативные расходы топлива и смазочных материалов. В большинстве случаев это связано с частыми отказами автомобилей при эксплуатации или высокой стоимостью запасных частей, расходных и смазочных материалов (стоимость топлива примерно одинакова для грузовых дизельных автомобилей).

Для объективной оценки возможного эффекта при обновлении парка, необходимо использовать те конечные показатели, что использует в любом случае каждый владелец коммерческих автомобилей, а именно прибыль от эксплуатации, которая во многом определяется эксплуатационными затратами.

Для анализа формирования чистой прибыли при коммерческой эксплуатации автомобилей зададимся условием, что валовая прибыль прямо пропорциональна объему транспортной работы, и проанализируем составляющие фактических затрат на перевозки [1]:

$$\sum S = S_{\text{пр}} + S_{\text{пг}} + S + S_x \cdot W_Q + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}, \quad (1)$$

где: W_Q – объем перевозок, t ;

$S_{\text{пр}}$ – затраты на погрузочно-разгрузочные работы, $\text{руб}/t$;

$S_{\text{пг}}$ – затраты на подготовку груза к перевозке, $\text{руб}/t$;

S – затраты на транспортирование, $\text{руб}/t$;

S_x – затраты на складирование груза, $\text{руб}/t$;

R_1 – затраты, связанные с увеличением расстояния транспортирования груза, руб ;

R_2 – затраты по причине несоответствия подвижного состава роду и характеру перевозимого груза, руб ;

R_3 – затраты, связанные с повреждением и потерей груза, руб ;

R_4 – затраты, связанные с выполнением дополнительных погрузочно-разгрузочных работ, руб ;

R_5 – затраты, связанные с дополнительным хранением груза, руб ;

R_6 – затраты, связанные с инерционностью транспортного процесса, руб ;

R_7 – затраты, связанные с увеличением стоимости транспортирования, руб ;

R_8 – затраты, связанные с увеличением себестоимости погрузочно-разгрузочных работ, руб ;

R_9 – затраты, связанные с увеличением себестоимости подготовки груза к перевозке, руб;

R_{10} – затраты, связанные с увеличением себестоимости складирования груза, руб.

Известно, общая себестоимость грузовых перевозок имеет следующую структуру эксплуатационных затрат, руб:

$$S = S_T + S_{CM} + S_{TOP} + S_{Ш} + S_{AM} + S_H + S_D, \quad (2)$$

где: S_T – затраты на топливо;

S_{CM} – затраты на смазочные материалы;

S_{TOP} – затраты на ТО и ремонт;

$S_{Ш}$ – затраты на шины;

S_{AM} – затраты на амортизацию;

S_H – накладные расходы;

S_D – затраты на налоги.

Данные эксплуатационные затраты на грузовые перевозки автомобилями, можно разделить на условно технические $УТЗ$ (переменные) – S_T , S_{CM} , $S_{Ш}$, S_{TOP} ; и условно организационные $УОЗ$ (условно-постоянные) – S_{AM} , S_H , S_D . Последняя группа составляющих изменится при обновлении парка коммерческих автомобилей примерно одинаково при любом варианте выбора поэтому при дальнейших расчетах ею можно пренебрегать. Следовательно, величина эффекта (для владельцев коммерческих грузовиков – это прибыль), изменяется при обновлении парка автомобилей ввиду следующих обстоятельств (рис. 1) [2].

На практике затраты по статьям себестоимости: на топливо S_T , смазочные и другие эксплуатационные материалы S_{CM} и восстановление износа и ремонт шин $S_{Ш}$ определяются по существующим методикам [3], и в достаточной мере соответствуют фактическим производственным значениям. Затраты на ТО и ремонт S_{TOP} в существующих методиках [4] складываются из затрат на оплату труда ремонтных рабочих $Z_{3нРемР}$, затрат на запасные части и материалы $Z_{3чМ}$. Затраты на ТО и ремонт рассчитываются исходя из удельных норм на конкретные модели автомобилей $H_{ТОиР}^i$, руб/1000 км. Имеющиеся значения данной нормы были разработаны на устаревшие модели автомобилей и в настоящее время используются с учетом коэффициентов индексации [3], на зарубежные модели автомобилей и современные отечественные их вовсе нет. Кроме того, соотношение составляющих заработной платы ремонтного персонала $Z_{3нРемР}$ и расхода на запасные части и материалы $Z_{3чМ}$ в удельных нормах $H_{ТОиР}^i$ в настоящее время изменились по сравнению с теми, которые были заложены при их разработке в начале 1980 годов. В данных нормах доля затрат на заработную плату ремонтных рабочих рассчитывалась на основе тарифных ставок слесаря 3-го разряда [4] и на них приходится 30–40 %, на запасные части и материалы 60–70 % [5]. В настоящее время в виду различного уровня часовых тарифных ставок ремонтных рабочих на предприятиях, которые могут значительно отличаться даже в пределах одного региона, доли составляющих удельных норм $H_{ТОиР}^i$ отличаются от тех, которые были разработаны ранее. Поэтому в данную статью затрат будем включать только затраты на запасные части и материалы $Z_{3чМ}$ используемые при ТО и ремонте автомобилей, обозначив их – $H_{3чМ}$. Затраты на оплату труда ремонтных рабочих $Z_{3нРемР}$ относим к группе «условно-организационные» (2).

Тогда условно технические затраты (2) имеют вид:

$$UTЗ = S_T + S_{CM} + S_{Ш} + S_{зчум} \quad (3)$$

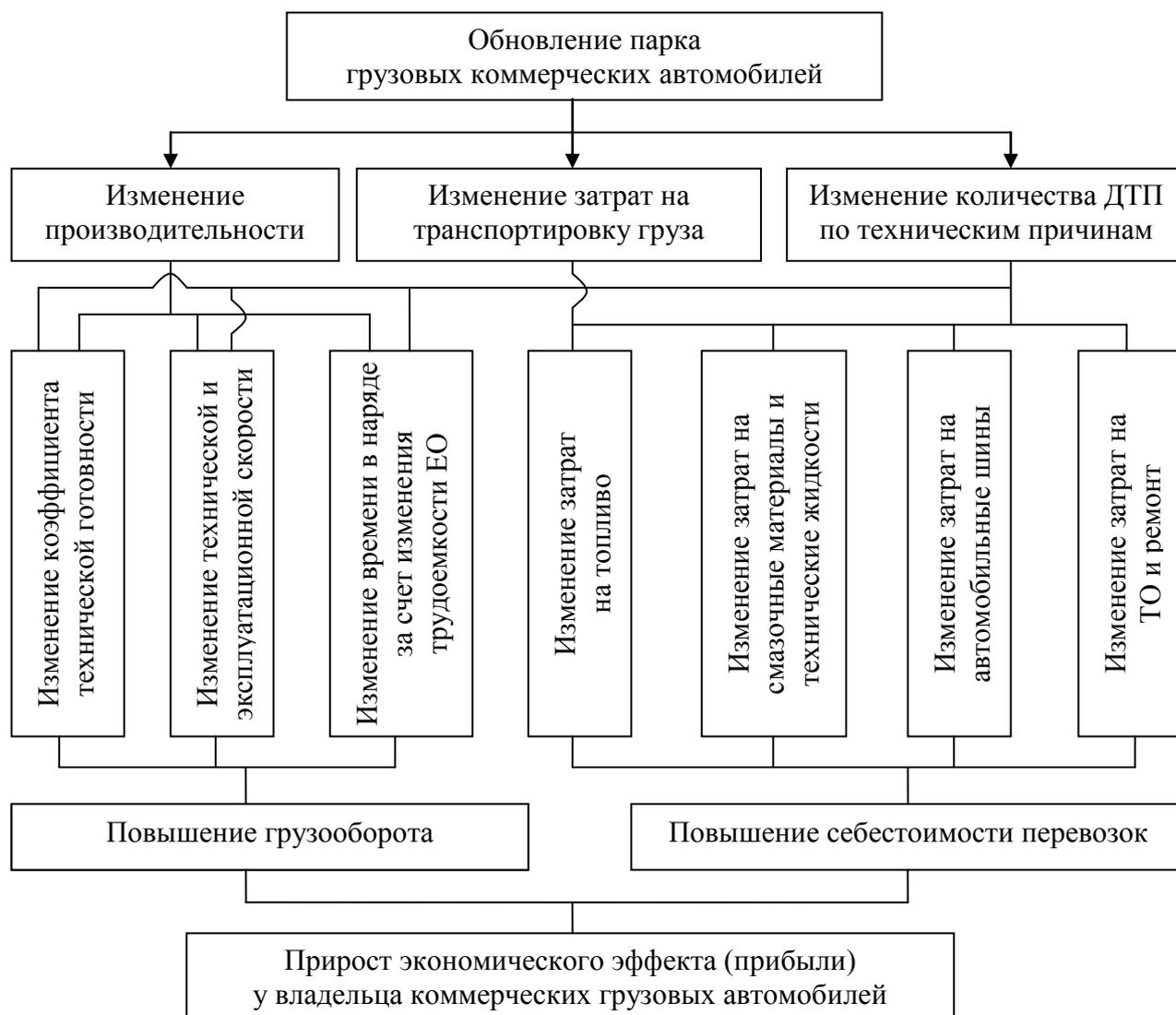


Рисунок 1 – Структурная схема влияния обновления парка автомобилей на эффект эксплуатации

Для определения величины $UTЗ$ используем существующие методики расчета расхода топлива, смазочных материалов, шин и затрат на ТО и ремонт автомобилей [3, 4]. Умножая полученные выражения на стоимость данных материалов C_i , руб/ед. материала получим абсолютные их значения. Для приведения к сопоставимому виду, при сравнении автомобилей по данному показателю, его необходимо разделить на объем выполняемой грузовиками транспортной работы за отчетный период W , ткм. Тогда выражение (3) для удельных условно технические затраты на эксплуатацию автомобиля при доставке грузов можно записать в виде:

$$уУТЗ = \frac{1}{W} \left(C_T 0,01(H_L L + H_{ТКМ} Q_{ГР} L_{ЕГ})(1 + 0,01k) + C_{CM} 0,01Q_T H_{CM} + C_{Ш} \frac{n_{Ш} L_{Г}}{L_H} + C_{Ш} 0,0001H_{Ш} k_{Ш} n_{Ш} L_{Г} + \frac{L_{ОБЩ}}{1000} H_{зчум} \right), \text{ руб/ткм}, \quad (4)$$

где: C_T – стоимость 1 л топлива, руб;

H_L – базовая норма расхода топлива, л/100км;

L – пробег автомобиля за исследуемый период, км;

$H_{ТКМ}$ – расход топлива на транспортную работу, л/100ткм;

$Q_{ГР}$ – масса перевозимого груза, т;

L_{EG} – пробег с грузом, км;

k – набавка, учитывающая условия эксплуатации, %;

C_{CM} – стоимость 1 л (кг) смазочных материалов, руб;

H_{CM} – норма расхода смазочного материала, л (кг)/100 л топлива;

$C_{Ш}$ – стоимость шины, руб;

$n_{Ш}$ – количество шин на автомобиле, ед.;

$L_{Г}$ – пробег автомобиля за год, км;

$L_{Н}$ – нормативный пробег шины, км;

$H_{Ш}$ – норма износа и ремонта шин в % к стоимости комплекта на 1000 км пробега, %;

$k_{Ш}$ – коэффициент корректировки нормы пробега шин, учитывающий условия эксплуатации подвижного состава и перепробег шин;

$L_{Общ}$ – общий пробег автомобиля за исследуемый период, км;

$H_{Зчум}$ – норма затрат на запасные части и материалы, используемые при ТО и ремонте автомобилей, руб/1000км.

При оценке вариантов обновления парка подвижного состава рекомендуется в качестве основного критерия использовать величину народнохозяйственного экономического эффекта, определяемую как разность сопоставимых приведенных годовых затрат [2]:

$$\mathcal{E}_{НХ} = \mathcal{E}_1 + E_H \cdot K_1 - \mathcal{E}_2 + E_H \cdot K_2 = S_1 - S_2 \pm E_H \cdot \Delta K, \text{ руб}, \quad (5)$$

где: S_1, S_2 – текущие годовые производственные издержки по 1-му и 2-му вариантам;

K_1, K_2 – капитальные вложения по вариантам;

ΔK – разность капитальных вложений;

E_H – коэффициент приведения капитальных вложений по вариантам к текущим годовым производственным издержкам.

По аналогии эффект, достигаемый владельцем парка коммерческих грузовых автомобилей $\mathcal{E}_{ВПС}^Г$, руб, при его обновлении может быть выражен как:

$$\mathcal{E}_{ВПС}^Г = \mathcal{E}^Г_{ТЗ_1} + E_H \cdot K_1 - \mathcal{E}^Г_{ТЗ_2} + E_H \cdot K_2 = UTZ_1 - UTZ_2 \pm E_H \cdot \Delta K, \text{ руб.}, \quad (6)$$

где: UTZ_1, UTZ_2 – условно технические составляющие эксплуатационных затрат на транспортирование грузов по 1-му (базовому) и 2-му (новому) вариантам.

Значение коэффициента E_H в настоящее время нужно понимать как разнесение стоимости капитальных вложений по годам их реализации. В нашем случае это года эксплуатации автомобилей на предприятии до их списания. Следовательно, величина данного коэффициента будет определяться непосредственно на производстве, индивидуально для каждого автомобиля. При условии, что выбираемые для эксплуатации автомобили находятся в одной ценовой категории и будут эксплуатироваться одинаковое количество лет, коэффициентом в нашем случае можно пренебречь. Тогда эффект $\mathcal{E}_{ВПС}^Г$, достигаемый при введении в эксплуатацию моделей автомобилей с меньшими UTZ (при условии равенства всех прочих составляющих, влияющих на прибыль предприятия):

$$\mathcal{E}_{ВПС}^Г = \Delta UTZ = UTZ_1 - UTZ_2, \text{ руб.} \quad (7)$$

Для сравнения двух моделей автомобилей, использование которых возможно в грузовых коммерческих перевозках на предприятии по критерию УТЗ можно использовать относительные коэффициенты вида:

$$K_i = \frac{S_{1i}}{S_{2i}}, \quad (8)$$

где: S_{1i} , S_{2i} – значения i -ой статьи затрат себестоимости перевозок соответственно 1-го и 2-го варианта.

Тогда удельные условно технические затраты при транспортировании грузов $УУТЗ_{1i}$ можно записать следующим образом – $УУТЗ_{1i} = K_i \cdot УУТЗ_{2i}$. Подставляя данное выражение в зависимость (7) получим:

$$\mathcal{E}_{ВПЗ}^Г = \Delta УУТЗ = K_i \cdot ПУТЗ_{2i} - ПУТЗ_{2i} = ПУТЗ_{2i} (K_i - 1), \text{ руб/ткм}. \quad (9)$$

Поскольку удельные годовые затраты по i -той статье эксплуатационных расходов – это произведение стоимости единицы материала на их расход при выполнении заданного объема транспортной работы W , $ткм$ (4), тогда выражение (9) можно записать в виде:

$$\mathcal{E}_{ВПЗ}^Г = \Delta УУТЗ = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^n (MЗ_{2i} \cdot C_{2i} (K_{C_i} K_{P_i} - 1)) \quad (10)$$

или

$$\mathcal{E}_{ВПЗ}^Г = \Delta УУТЗ = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^n (З_{2i} (K_{C_i} K_{P_i} - 1)),$$

где: $MЗ_{2i}$ – материальные расходы i -го образца материала по варианту 2, $ед. материала/ткм$;

C_{2i} – стоимость единицы i -го образца материала по варианту 2, $руб/ед. материала$;

$З_{2i}$ – затраты на i -ый образец материала по варианту 2, $руб$;

K_{C_i} – относительный коэффициент сравнения вариантов по стоимости i -го образца материала;

K_{P_i} – относительный коэффициент сравнения вариантов по расходу i -го образца материала.

Раскрывая выражение (10) с учетом составляющих условно технических затрат из формулы 4 – величина годового экономического эффекта, достигаемого владельцем грузовых коммерческих автомобилей при обновлении парка равна:

$$\mathcal{E}_{ВПЗ}^Г = \Delta УУТЗ = \frac{1}{W} \left(\begin{aligned} &З_{T_2} (K_{C_T} K_{Q_S} - 1) + З_{СМ_2} (K_{C_{СМ}} K_{H_{СМ}} - 1) + З_{ИШ_2} \cdot \\ &\cdot (K_{C_{ИШ}} K_{ИШ} - 1) + З_{ВШ_2} (K_{З_{ВШ}} - 1) + З_{ЗЧУМ_2} (K_{ЗЧУМ} - 1) \end{aligned} \right) \quad (11)$$

где: затраты по 2-му варианту соответственно:

$З_{T_2}$ – на топливо, $руб$;

$З_{СМ_2}$ – на смазочные и другие эксплуатационные материалы, $руб$;

$З_{ИШ_2}$ – на шины, $руб$;

$З_{ВШ_2}$ – на ремонт и восстановление шин, $руб$;

$З_{ЗЧУМ_2}$ – на запасные части и материалы, $руб$;

относительные коэффициенты сравнения вариантов соответственно:

K_{C_T} – по стоимости топлива;

K_{Q_S} – по расходу топлива;

$K_{C_{CM}}$ – по стоимости смазочных материалов;

$K_{H_{CM}}$ – по расходу смазочных материалов;

$K_{C_{Ш}}$ – по стоимости комплекта шин;

$K_{H_{Ш}}$ – по расходу шин;

$K_{Z_{ВШ}}$ – по затратам на восстановление и ремонт шин;

$K_{Z_{ЧМ}}$ – по затратам на запасные части и материалы.

Особенностью полученных выражений (10,11) является то, что в модель для расчета экономического эффекта введены частные показатели эффективности эксплуатации автомобилей на основе статей условно технических расходов при транспортировании в себестоимости перевозок. Данные зависимости позволяют решать практическую задачу обоснованного выбора автомобилей с меньшими затратами по указанным статьям при обновлении парка автомобилей коммерческого назначения, поскольку дают возможность:

1. Оценивать эффект при эксплуатации автомобилей в денежном эквиваленте на основе частных показателей эффективности эксплуатации автомобилей.
2. Сравнивать эффективность различных марок и моделей автомобилей в денежном эквиваленте.
3. Оценивать эффективность различных марок и моделей автомобилей для конкретных условий эксплуатации.

Кроме того величины затрат приведенных в выражении (11) могут выступать в виде коэффициентов весомости статей в себестоимости транспортирования грузов, что дает возможность делать оценки организационно-технических мероприятий по снижению затрат для получения наибольшего экономического эффекта в эксплуатации автомобилей. Другими словами – на сколько изменится эффект эксплуатации при изменении относительного коэффициента K_i для конкретной статьи затрат Z_i .

Для возможности практического применения математической модели для указанных целей необходимо определить величины затрат на запасные части и материалы $H_{Z_{ЧМ}}$, поскольку, как это было сказано выше, данные нормы для современных отечественных и зарубежных грузовиков отсутствуют. Было проведено практическое исследование. Для анализа принимались наиболее характерные модели автомобилей, используемые для грузовых коммерческих перевозок на предприятиях Ульяновской области, эксплуатируемые во второй категории условий эксплуатации, на предприятиях со схожей производственно-технической базой. Первая модель автомобиля – КАМАЗ 65116, седельный тягач колесной формулой 6×4, нагрузка на седельно-сцепное устройство (ССУ) – 15 т., вторая – Mercedes-Benz Actros 2541, седельный тягач колесной формулой 6×2, нагрузка на ССУ – 16,6 т. Для анализа были отобраны группы указанных моделей автомобилей по 10 единиц в каждой, имеющих примерно одинаковые значения наработки с начала эксплуатации (разнос не превышал 10 %).

Для определения фактических затрат на запасные части и материалы, расходуемые на ТО и ремонт автомобилей были проанализированы ремонтные листы за три года эксплуатации автомобилей и получены удельные значения затрат по данной статье (руб/км). Графическое изображение статистической обработки данных представлены на рисунках 2 и 3. Результаты исследования представлены в таблице 2.

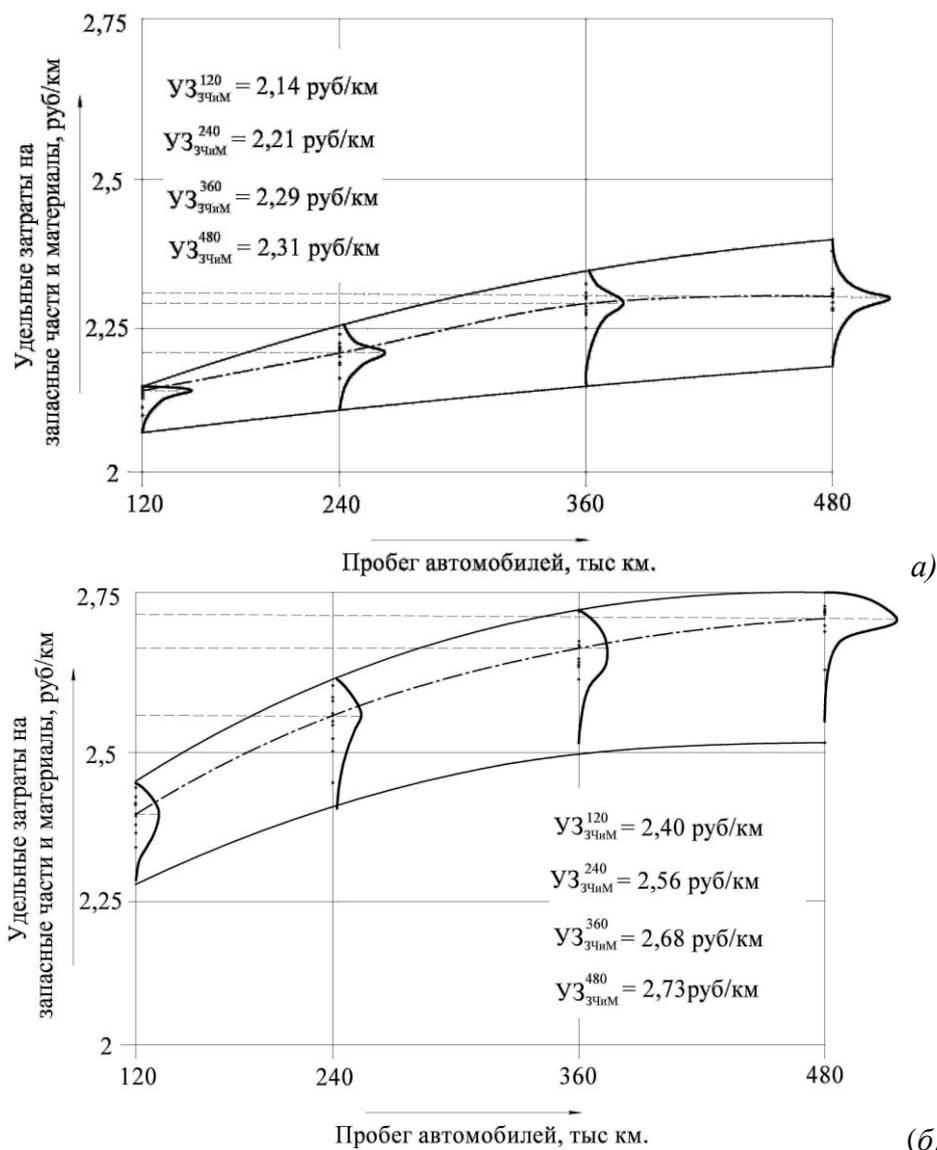


Рисунок 2 – Определения фактических затрат на запасные части и материалы автомобиля:
 а – Mercedes-Benz Actros 2541; б – KAMAZ 65116

$УЗ_{зчм}^{120}$, $УЗ_{зчм}^{240}$, $УЗ_{зчм}^{360}$, $УЗ_{зчм}^{480}$ – средние значения удельных затрат на запасные части и материалы на пробеге соответственно 120, 240, 360, 480 км

Таблица 2 - Значения удельных затрат на запасные части и материалы

Модель автомобиля	Средние значения удельных затрат на запасные части и материалы $УЗ_{зчм}$, руб/км			
	на пробеге с начала эксплуатации			
	120 тыс. км	240 тыс. км	360 тыс. км	480 тыс. км
Mercedes-Benz Actros 2541	2,14	2,21	2,29	2,31
KAMAZ 65116	2,40	2,56	2,68	2,73

На основе критерия «условно технические затраты» и выражения (11) разработаны алгоритм и программное обеспечение для ЭВМ в среде Delphi, позволяющие рассчитывать экономический эффект эксплуатации грузовых коммерческих автомобилей, что позволяет обоснованно выбирать модели при обновлении парка. Программа позволяет рассчитывать эффект одновременно до 10 моделей автомобилей. Диалоговые окна программы представлены на рисунках 4 – 7. Для расчета необходимо:

1) В поле программы ввести количество и наименование моделей сравниваемых автомобилей и исходные данные для расчета (рис. 4). Отдать команду «Рассчитать».

2) Программа рассчитывает абсолютные значения расхода материалов при транспортировании грузов и значения коэффициентов K_i (рис. 5). Для примера таким образом были определены значения статей переменных затрат C_i и значения коэффициентов K_i в себестоимости транспортирования грузов для сравнения автомобиля КАМАЗ 65116 относительно Mercedes-Benz Actros 2541 на пробеге 120–480 тыс. км. Результаты представлены в таблице 3.

Введите исходные данные для расчета:		
Стоимость топлива, руб./л:	27	28,5
Средняя стоимость смазочных материалов, руб./л (кг):	56	75
Стоимость одной шины, руб.:	15000	18000
Стоимость з/ч и материалов, руб./1000 км:	2,73	2,31
Базовая норма расхода топлива, л/100км:		
	23,7	23,1
Годовой пробег автомобиля, км:		
	125000	125000
Норма расхода топлива на трансп. работу, л/100ткм:		
	1,3	1,3
Масса перевозимого груза, т:		
	15	15
Пробег с грузом, км:		
	400	400
Норма расхода смаз. материалов, л (кг)/100 л топлива:		
	6,2	5,4
Норма износа и ремонта шин в % к стоимости комплекта на 1000 км пробега, %:		
	0,01	0,007
Коеффициент корректировки нормы пробега шин, учитывающий условия эксплуатации подвижного состава и перепробегов шин:		
	1,1	1,1
Количество шин на автомобилях, ед:		
	10	8
Нормативный пробег шины, км:		
	55000	85000
Количество рабочих дней в году:		
	305	305

Рисунок 4 – Диалоговое окно ввода данных для расчета экономического эффекта автомобилей Mercedes-Benz Actros 2541 и КАМАЗ 65116 (пример заполнения)

Расход материалов при транспортировании грузов		
	КАМАЗ 65116	Mercedes-Benz Actros 2541
Годовой расход топлива, л:	29703,00	28953,00
Годовой расход смазочных материалов, л (кг):	1841,59	1563,46
Годовой расход шин, шт:	22,86	11,84
Годовой расход на з/ч и материалы, руб./1000 км:	341,25	288,75

Значения коэффициентов K_i относительно: КАМАЗ	
Критерий/коэффициента оценки по:	Mercedes-Benz Actros 2541
стоимости топлива	0,95
расходу топлива	1,03
стоимости смазочных материалов	0,75
норме расхода смазочного материала	1,15
стоимости шин	0,83
износу (расходу) шин	1,93
затратам на восстановление шин	1,79
пробегу автомобилей	1,00
нормам затрат на ТО и ремонт	1,18
Удельные эксплуатационные затраты, руб/ткм	0,99

Рисунок 5 – Диалоговое окно расчета значений коэффициентов K_i для автомобилей Mercedes-Benz Actros 2541 и КАМАЗ 65116 (фрагмент)

Таблица 3 - Значения коэффициентов K_i при сравнении автомобиля КАМАЗ 65116 относительно Mercedes-Benz Actros 2541

Относительный коэффициент сравнения вариантов \hat{E}_i	Обозначение	Интервал величин K_i на пробеге от 120 до 480 тыс. км.
по стоимости топлива	K_{C_T}	0,96
по расходу топлива	K_{Q_s}	0,92...0,95*
по стоимости смазочного материала	$K_{C_{CM}}$	0,86
по норме расхода смазочного материала;	$K_{H_{CM}}$	1,50...1,57*
по стоимости автомобильных шин;	$K_{C_{Ш}}$	0,67
по износу (расходу) шин	$K_{И_{Ш}}$	1,62... 1,64*
по затратам на восстановление автомобильных шин;	$K_{З_{ВШ}}$	1,64...1,67*
по затратам на запасные части и материалы	$K_{ЗЧ_{иМ}}$	1,12...1,18*

* Интервалы значений относительных критериев – коэффициентов сравнения вариантов моделей автомобилей приведены для пробегов с начала эксплуатации в интервале от 120 до 480 тыс. км.

3) Определив интервалы значений относительных коэффициентов K_i для моделей автомобилей, на которые предполагается заменить имеющийся подвижной состав, появляется возможность анализировать на сколько изменятся удельные условно технические затраты $УУТЗ_i$ на транспортировку грузов при обновлении парка конкретной моделью автомобилей. Результаты расчета в среде разработанной программы представлены на рисунке 6.

Матрица сравнения моделей автомобилей

	КАМАЗ 65116	Mercedes-Benz Actros 2541
КАМАЗ 65116	0,00	0,99
Mercedes-Benz Actros 2541	-0,99	0,00

MAX	Mercedes-Benz Actros 2541	MIN	КАМАЗ 65116
КАМАЗ 65116	0,99	Mercedes-Benz Actros 2541	-0,99

Расчет эффекта

Рисунок 6 – Диалоговое окно программы с результатами расчета разницы удельных условно технических затрат $\Delta УУТЗ$ (руб/ткм) при замене автомобиля КАМАЗ 65116 на автомобиль Mercedes-Benz Actros 2541

Результаты расчета выводятся в виде «Матрицы сравнения моделей автомобилей». Для оценки эффективности использования автомобиля необходимо модель, указанную в строке матрицы сопоставить с моделью в интересующем нас столбце. Из результатов расчета видно, что автомобиль КАМАЗ 65116 затрачивает на 0,99 руб/ткм больше чем автомобиль Mercedes-Benz Actros 2541.

4) Зная (или задавая) объем транспортной работы, который должен реализовать сопоставляемые автомобили можно определить абсолютную величину годового экономического эффекта при замене автомобиля КАМАЗ 65116 на Mercedes-Benz Actros 2541. Для этого необходимо отдать команду «Расчет эффекта» (рис. 6). Задать относительно какой модели произвести расчет эффекта и объем реализуемой автомобилями транспортной работы (рис.7). И отдать команду «Рассчитать эффект».

Оценка экономического эффекта при обновлении парка

Выберите относительно какого автомобиля произвести расчет

КАМАЗ 65116

Введите объем транспортной работы, т*км:

1500000

Значения экономического эффекта относительно выбранного автомобиля, руб.

КАМАЗ 65116	Mercedes-Benz Actros 2541
0,00	1485000,00

Рассчитать эффект

Выход

Рисунок 7 – Диалоговое окно программы для расчета эффекта $\mathcal{E}_{ВЭС}^r$, руб/ткм при замене автомобиля КАМАЗ 65116 на автомобиль Mercedes-Benz Actros 2541

Например, в рассмотренном случае при годовом объеме транспортной работы 1,5 млн. ткм, годовой экономический эффект при замене автомобиля КАМАЗ 65116 на автомобиль Mercedes-Benz Actros 2541 составил 1 485 000 руб.

Выводы. Полученная модель (11) и разработанное на ее основе программное обеспечение (рис. 4–6) позволяют оценивать модели автомобилей, предназначенных для выполнения грузовых коммерческих перевозок по критерию «удельные условно технические затраты в себестоимости транспортирования грузов» $УУТЗ_i$.

Используемый для оценки критерий $УУТЗ_i$ наиболее полно отвечает условию оценки автомобилей при обновлении парка, поскольку учитывает только основные изменяемые параметры в структуре перевозок грузов.

Варьируя значения относительных коэффициентов сравнения автомобилей K_i (табл. 3) в среде разработанной программы (рис. 4–7) можно оперативно оценивать, как значимо влияет на эффективность эксплуатации изменение переменных Z_i в структуре себестоимости транспортирования грузов. Задавая величину объема транспортной работы можно оперативно рассчитывать ожидаемый экономический эффект при обновлении парка автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вельможин, А. В. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] : учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
2. Корчагин, В. А. Оценка эффективности инженерных решений [Текст] / В. А. Корчагин, Е. В. Бондаренко, Ю. Н. Ризаева. – Липецк : ЛТУ, 2007. – 160 с.
3. Трусова, Л. И. Экономика автотранспортного предприятия [Текст] : учебное пособие / Л. И. Трусова, В. В. Богданов, В. А. Щепочкин. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 65 с.
4. Голованенко, С. Л. Справочник инженера-экономиста автомобильного транспорта [Текст] / С. Л. Голованенко, О. М. Жарова, Т. И. Маслова. – М. : Машиностроение, 1984. – 317 с.
5. Корчагин, В. А. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автотранспортных предприятиях [Текст] / В. А. Корчагин, Д. В. Птицын. – К. : Техніка, 1980. – 104 с.

Родионов Юрий Владимирович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Д-р техн. наук, профессор, директор автодорожного института

Тел.: +7(8412)496058

E-mail: dekauto@pguas.ru

Обшивалкин Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»

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

Канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Автомобили»

Тел.: +7(8422)417507

E-mail: muo@ulstu.ru

Мигачев Виктор Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»

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

Аспирант, старший преподаватель кафедры «Автомобили»

Тел.: +7(8422)417507

E-mail: v.migachev@ulstu.ru

YU. V. RODIONOV, M.YU. OBSHIVALKIN, V.A. MIGACHEV

EVALUATION OF THE EFFECT OF OPERATING TRUCKS

The approach to the assessment of the effect of the operation of the car when you upgrade the fleet of freight commercial motor transport enterprises.

Keywords: commercial cargo transport, effect.

BIBLIOGRAPHY

1. Vel'mozhin, A. V. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Tekst] : uchebnik dlya vuzov / A. V. Vel'mozhin, V. A. Gudkov, L. B. Mirodin, A. V. Kulikov. - M. : Goryachaya liniya - Telekom, 2006. - 560 s.
2. Korchagin, V. A. Otsenka effektivnosti inzhenernykh resheniy [Tekst] / V. A. Korchagin, E. V. Bondarenko, YU. N. Rizaeva. Lipetsk : LTU, 2007. 160 s.

3. Trusova, L. I. *Ekonomika avtotransportnogo predpriyatiya* [Tekst] : uchebnoe posobie / L. I. Truso-va, V. V. Bogdanov, V. A. Shchepochkin. Ulyanovsk : UIGTU, 2010. 65 s.
4. Golovanenko, S. L. *Spravochnik inzhenera-ekonomista avtomobil'nogo transporta* [Tekst] / S. L. Golovanenko, O. M. Zharova, T. I. Maslova. M. : Mashinostroenie, 1984. 317 s.
5. Korchagin, V. A. *Raschet ekonomicheskoy effektivnosti vnedreniya novoy tekhniki na avtotransport-nykh predpriyatiyakh* [Tekst] / V. A. Korchagin, D. V. Ptitsyn. - K. : Tekhnika, 1980. - 104 s.

Rodionov Yuri Vladimirovich

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"
Address: 440028, Penza, ul. German Titov, 28
Dr. Sc. , Professor, Director of the Institute of Road
Tel.: +7(8412)496058
E-mail: dekauto@pguas.ru

Obshivalkin Mikhail Yur'evich

FGBOU VPO "Ulyanovsk State Technical University"
Address: 432027, Ulyanovsk, st. The Northern Crown, 32
Ph.D., Associate Professor, Head of "Cars"
Tel.: +7(8422)417507
E-mail: muo@ulstu.ru

Migachev Victor Anatol'evich

FGBOU VPO "Ulyanovsk State Technical University"
Address: 432027, Ulyanovsk, st. The Northern Crown, 32
Student, senior lecturer in "Cars"
Tel.: +7(8422)417507
E-mail: v.migachev @ ulstu.ru

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 20.09.2012

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 7,7

Тираж 500 экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.