

Редакционный совет:

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

Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф.,

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

Астафичев П.А. д-р юр. наук, проф.,

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

Иванова Т.Н. д-р техн. наук, проф.,

Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.,

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

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.,

Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.,

Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Главный редактор:

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Катунин А.А. канд. техн. наук, доц.,

Ушаков Л.С. д-р техн. наук, проф.

Редколлегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.

Адрес редколлегии:

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

Тел. +7 (4862) 73-43-50

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

E-mail: srmostu@mail.ru

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, 2015

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

<i>К.А. Бадиков, М.В. Полуэктов, Т.А. Сторчилова</i> Анализ надежности рулевого управления автобусов.....	3
<i>Ю.В. Родионов, Р.Л. Дулатов</i> Варианты модулей для реализации бестормозной обкатки дизелей	10
<i>В.В. Лянденбургский</i> Коэффициент издержек динамической системы технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.....	18
<i>В.С. Гунба</i> Методика принятия решения в условиях неопределенности технического состояния ремонтируемого агрегата.....	24
<i>Н.А. Федин, С.С. Рябов</i> Методы оценки качества отремонтированных двигателей.....	29
<i>В.Н. Абрамов, А.Г. Гербер, В.Б. Каспаров</i> Перспективность разработки целиком металлокордных шин.....	37
<i>В.С. Янченко, Н.Н. Кипенская</i> Функциональное моделирование рабочего процесса ДВС.....	49

Технологические машины

<i>Д.А. Юнгмейстер, О.Г. Агошков, Р.Ю. Уразбахтин, А.В. Иванов</i> Рациональная конструкция комплекса для спасательных работ на шахтах.....	56
<i>А.С. Трубин</i> Современные тенденции развития гидравлических машин ударного действия.....	65
<i>В.Г. Малинин, Н.А. Малинина, Д.В. Мавлюбердинов</i> Установка для испытания материалов в условиях термо и баромеханического воздействий.....	70
<i>Е.А. Волков, А.С. Корнеев</i> Системы дистанционного управления для строительных и дорожных машин.....	75
<i>А.В. Сомотканов</i> Снижение мощности потерь электропривода вентилятора охлаждения на тяговом подвижном составе.....	81

Безопасность движения и автомобильные перевозки

<i>Ж.М. Куаньшибаев, М.И. Арпабеков, Ю. Чарский</i> Анализ проекта необычно расположенного многоуровневой транспортной развязки в астане.....	87
<i>П. Пржибыл, А.Н. Новиков, О. Пржибыл</i> Ассоциированные системы и транспортная телематика.....	96
<i>В.И. Сарбаев, М.Н. Хамидулин</i> Группировка автобусных маршрутов методами кластерного анализа.....	103
<i>Е.В. Бондаренко, А.А. Гончаров, С.Е. Горлатов, И.И. Любимов, К.И. Манаев, А.Н. Мельников, Н.А. Трубин</i> Концепция управления муниципальными автомобильными перевозками.....	110
<i>В.Т. Капитанов, А.Б. Чубуков</i> О рационализации процесса внедрения интеллектуальной транспортной системы.....	117
<i>А.М. Горелов, А.А. Власов</i> Особенности управления светофорными объектами на автомагистралях.....	124
<i>Й. Коцоурек</i> Оценка безопасности дорожного движения в Чешской республике - прогноз ошибок и действий водителя.....	133
<i>К.С. Есин</i> Разработка оперативных планов перевозки зерновых культур с поля на зернохранилище.....	141



The scholarly
journal
A quarterly review

№ 2(49) 2015

April-June

World transport and technological machinery

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

<p><i>Editorial Council:</i> V.A. Golenkov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> O.V. Pilipenko <i>Doc. Eng., Prof.,</i> S.Y. Radchenko <i>Doc. Eng., Prof.</i> <i>Vice-Chairman</i> P.A. Astafichev <i>Doc. Law., Prof.,</i> M.I. Borzenkov <i>Can. Eng., Prof.,</i> T.N. Ivanova <i>Doc. Eng., Prof.,</i> V.I. Kolchunov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> I.S. Konstantinov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof.,</i> L.I. Popova <i>Doc. Ec., Prof.,</i> Y.S. Stepanov <i>Doc. Eng., Prof.</i></p>	<h2>Contents</h2>
<p><i>Editor-in-Chief</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof.</i> <i>Associate Editors</i> A.A. Katunin <i>Can. Eng.,</i> L.S. Ushakov <i>Doc. Eng., Prof.</i></p>	<h3>Operation, Repair, Restoration</h3>
<p><i>Editorial Board:</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.V. Bazhinov <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.N. Baskov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> E.V. Bondarenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> U. Brannolte <i>Doc. Eng., Prof. (Germany)</i> V. Bialy <i>Doc. Eng., Prof. (Poland)</i> E.S. Vencel <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.M. Vlasov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.N. Glagolev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.B. Gorovic <i>Doc. Eng., Prof. (USA)</i> M. Demic <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> V.A. Korchagin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.V. Makarova <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.G. Martyuchenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.A. Mitusov <i>Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> V.V. Nordin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> L.A. Savin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L.A. Sivachenko <i>Doc. Eng., Prof. (Belarus)</i> R.G. Habibullin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> D.A. Yungmeyster <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i></p>	<p><i>K. A. Badikov, M. V. Poluektov, T. A. Storchilova</i> Reliability analysis of failure the steering system of buses..... 3</p> <p><i>J. V. Rodionov, R. L. Dulatov</i> Module options for diesel non-breaking rolling 10</p> <p><i>V. V. Ljandenbursky</i> The coefficient of dynamic costs of system maintenance and current repair of vehicles..... 18</p> <p><i>V. S. Gunba</i> Method of decision under uncertainty of technical state repaired unit.. 24</p> <p><i>N. A. Fedin, S. S. Ryabov</i> The assessment methods of quality of repaired engines... 29</p> <p><i>V. N. Abramov, A. G. Gerber, V. B. Kasparov</i> Prospection development wholly metallokord buses..... 7</p> <p><i>V. S. Yanchenko, N. N. Kepinska</i> Functional modeling of the working process of the internal combustion engine..... 49</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina <i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Moskovskaya Str., 77 Tel. +7 (4862) 73-43-50 http://www.gu-unpk.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p> <p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate PI № FS77- 47352 of November 03 2011</p>	<h3>Technological Machinery</h3> <p><i>D. A. Iungmeister, O. G. Agoshkov, R. I. Urazbakhtin, A. V. Ivanov</i> Retional desingn complex for salvage action on mine..... 56</p> <p><i>A. S. Trubin</i> Modern development trends of hydraulic shock action machines..... 65</p> <p><i>V. G. Malinin, N. A. Malinina, D. V. Mavlyuberdinov</i> Test machine for investigation material under controlled termo and baromechanical conditions..... 70</p> <p><i>E. A. Volkov, A. S. Korneev</i> Remote control systems for construction and road-making machines..... 75</p> <p><i>A. V. Samotkanov</i> Reduce electric power loss cooling fan on traction rolling stock.. 81</p>
<p>Subscription index: 16376 in a union catalog "The Press of Russia"</p> <p>© State University-ESPC, 2015</p>	<h3>Road safety and road transport</h3> <p><i>Zh. M. Kuanyshbaev, M. I. Arpabekov, J. Čarský</i> Analysis of the project of unusually arranged multilevel road interchange in astana..... 87</p> <p><i>P. Przhibyl, A. N. Novikov, O. Przhibyl</i> Associated system of transport telematics..... 96</p> <p><i>V. I. Sarbaev, M. N. Khamidulin</i> Grouping of bus routes by methods of the cluster analysis..... 103</p> <p><i>E. V. Bondarenko, A. A. Gonchar, S. E. Gorlatov, I. I. Lyubimov, K. I. Manalo, A. N. Melnikov, N. A. Trubin</i> Municipal management concepts road transport..... 110</p> <p><i>V. T. Kapitanov, A. B. Chubukov</i> The rationalization of the process of creation of intelligent transport systems..... 117</p> <p><i>A. M. Gorelov, A. A. Vlasov</i> Features of traffic light control on highways..... 124</p> <p><i>J. Kocourek</i> Road safety inspection in czech republic – prognosis of driver errors and implementation steps..... 133</p> <p><i>K. S. Esin</i> Development of operational plans transportation of cereal crops from the field to a granary..... 141</p>

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 629.1

К. А. БАДИКОВ, М. В. ПОЛУЭКТОВ, Т. А. СТОРЧИЛОВА

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОБУСОВ

Выявлены причины неисправностей рулевого управления автобусов одной из автоколонн Волгоградской области. Установлено, что большинство неисправностей связано с рулевой сошкой и рулевым пальцем. Для данных деталей были определены напряжение изгиба и запас прочности при помощи виртуальных моделей. Разработаны предложения, направленные на повышение эксплуатационной надежности рулевого управления.

Ключевые слова: рулевой палец, рулевая сошка, напряжение изгиба, прочностной расчет.

Проблема безопасности дорожного движения является одной из наиболее значимых в современных условиях. Существенный вклад в безопасность вносит надежность транспортных средств, которая, в свою очередь, связана с совершенством их конструкции, а также техническим состоянием. Особенно важным является обеспечение надежности транспортных средств, которые перевозят пассажиров.

В ходе данного исследования был проанализирован подвижной состав одной из автоколонн Волгоградской области, осуществляющей городские и пригородные перевозки пассажиров. Автоколонна эксплуатирует автобусы марки «Волжанин» преимущественно двух моделей (далее модель 1 и модель 2). Было установлено, что значительную долю от общего количества неисправностей составляют неисправности автобусом рулевого управления.

Известно, что рулевое управление является второй по значимости системой, после тормозной, определяющей активную безопасность транспортного средства. При этом, если тормозная система современных автомобилей, в соответствии с требованиями безопасности, всегда включает несколько независимых контуров и систем, которые позволяют остановить автомобиль даже в экстренных условиях, то для рулевого управления дублирующих элементов не предусмотрено [9, 13].

Общий анализ надежности эксплуатируемых автобусов выявил рост количества неисправностей рулевого управления за последние годы. Это могло быть связано с увеличением автопарка предприятия или ростом годового пробега транспортных средств. Однако более детальное рассмотрение показало, что годовой пробег автобусов в 2013 году снизился по отношению к 2012, а парк автобусов автоколонны за этот период не изменился. Следовательно, увеличение числа автобусов с неисправностями рулевого управления было вызвано причинами конструктивного либо эксплуатационного характера.

На первом этапе исследования были выявлены элементы рулевого управления, которые чаще всего выходили из строя в процессе эксплуатации автобусов [16]. К таким элементам относятся рулевой палец и рулевая сошка. В литературе [3, 4] указывается, что наиболее опасное сечение у сошки – это сечение А-А (рис 1). Проведенные испытания показали, что на рассматриваемых моделях автобусов это сечение смещено в направлении отверстия под вал рулевой сошки.

Был проведен расчет пальца и сошки на статическую прочность при помощи 3D-моделирования. В качестве программного продукта была выбрана библиотека прочностных расчетов АРМ FEM в системе Компас-3D. Результаты расчета рулевой сошки представлены на рисунках 2 и 3.

В результате проведенных статических расчетов были получены следующие значения: у автобусов марки №1 напряжение изгиба сошки составляет 158 МПа, а у марки №2 –

50 МПа. При этом в системе было приложено расчетное усилие, которое испытывает рулевая сошка. Для марки №1 оно равно 6237 Н, а для №2 – 5055 Н. Запас прочности сошки первой марки составляет почти 1,5, что соответствует допустимым значениям, однако не дает запаса в случае возникновения нерасчетных режимов нагружения. Такие напряжения могут возникнуть вследствие заклинивания или выхода из строя рулевой опоры автобуса при повороте или прямолинейном движении на большой скорости. Запас прочности сошки автобуса марки № 2 – 4, 6, что значительно превышает минимально допустимое значение.

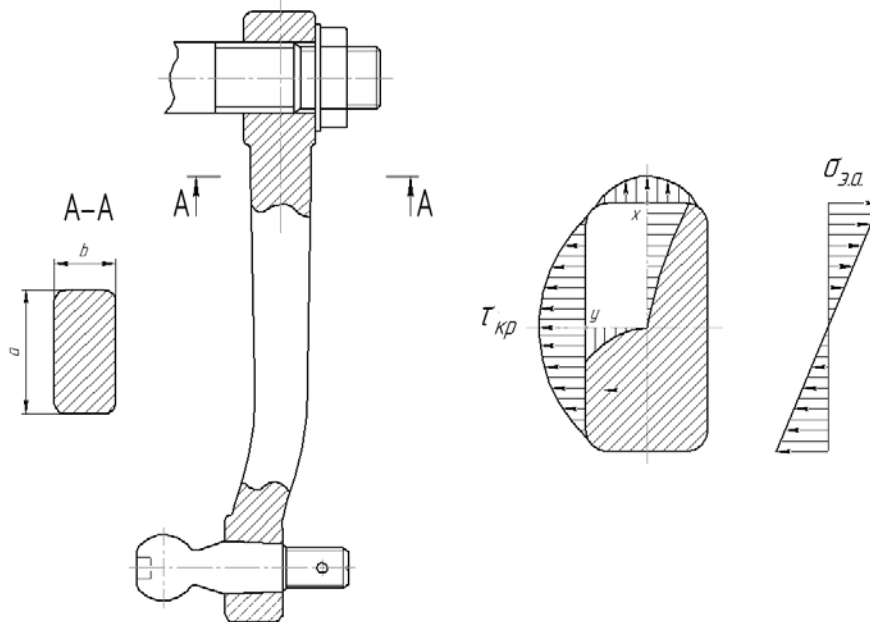


Рисунок 1 – Расчетная схема рулевой сошки

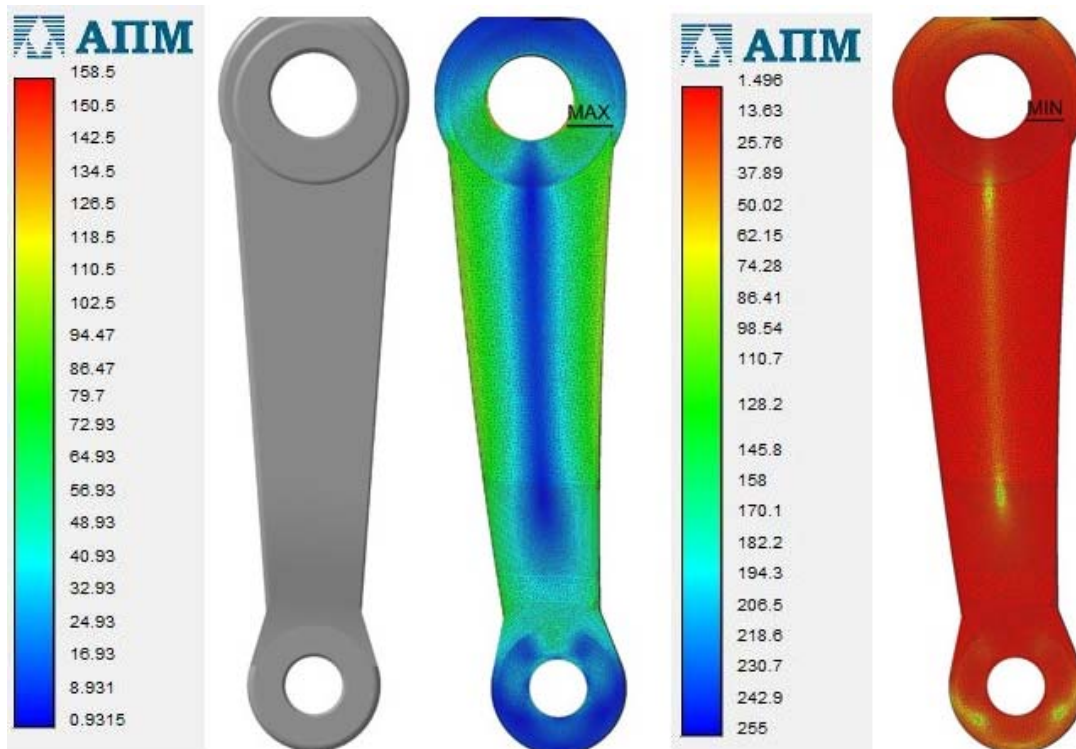


Рисунок 2 – Результаты прочностного расчета рулевой сошки автобуса модели №1 в системе APMFEM для Компас-3D



Рисунок 3 – Результаты прочностного расчета рулевой сошки автобуса модели №2 в системе APMFEM для Компас-3D

Вторым элементом, который был детально рассмотрен в данном исследовании, являются рулевые шарниры. Результаты расчета представлены на рисунках 5 и 6. Основная деталь рулевого шарнира – это рулевой палец, неполная сферическая часть (головка) которого находится внутри корпуса и охватывается вкладышем, изготовленным из полимерного материала [5, 15]. Поэтому, с целью снижения износа последнего, к качеству поверхности головки шарового пальца предъявляются повышенные требования (в зависимости от модели автомобиля параметр шероховатости Ra составляет 0,20 - 0,45 мкм). Наиболее распространенным способом поверхностного пластического деформирования головок шаровых пальцев является планетарная обкатка. Однако данный способ обладает таким недостатком, как неравномерность обработки участков поверхности головки [1].

На надежность и долговечность работы рулевых шарниров оказывают влияние механические свойства материалов, из которых изготовлены вкладыши и пальцы [18, 19], а также стабильность их эксплуатационных характеристик во времени.

Шарниры для сошки и рулевых тяг не требуют ухода благодаря уплотнительному чехлу, заполненному специальным пластичным смазочным материалом. Размеры шарниров определяются, главным образом, диаметром шаровой головки, который зависит как от величины сил, воздействующих на сошку и тягу в направлении, перпендикулярном к оси пальца, так и от требуемых углов его отклонения.

Согласно данным, представленным в литературе [4, 20], наиболее опасными сечениями для пальцев являются сечения А-А и Б-Б (рис. 4).

Усилие, которое испытывает шаровой палец сошки автобуса №1, равно 6235 Н, а автобуса №2 - 3485 Н.

Для обеспечения возможности выполнения расчетов был предварительно проведен химический анализ сплава, из которого изготовлены пальцы, при помощи опико-эмульсионного метода [14]. В результате анализа установлено, что рулевые шарниры иссле-

двух автобусов изготовлены из конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества ВСт6пс. Также было определено, что шарниры не имеют термообработки.

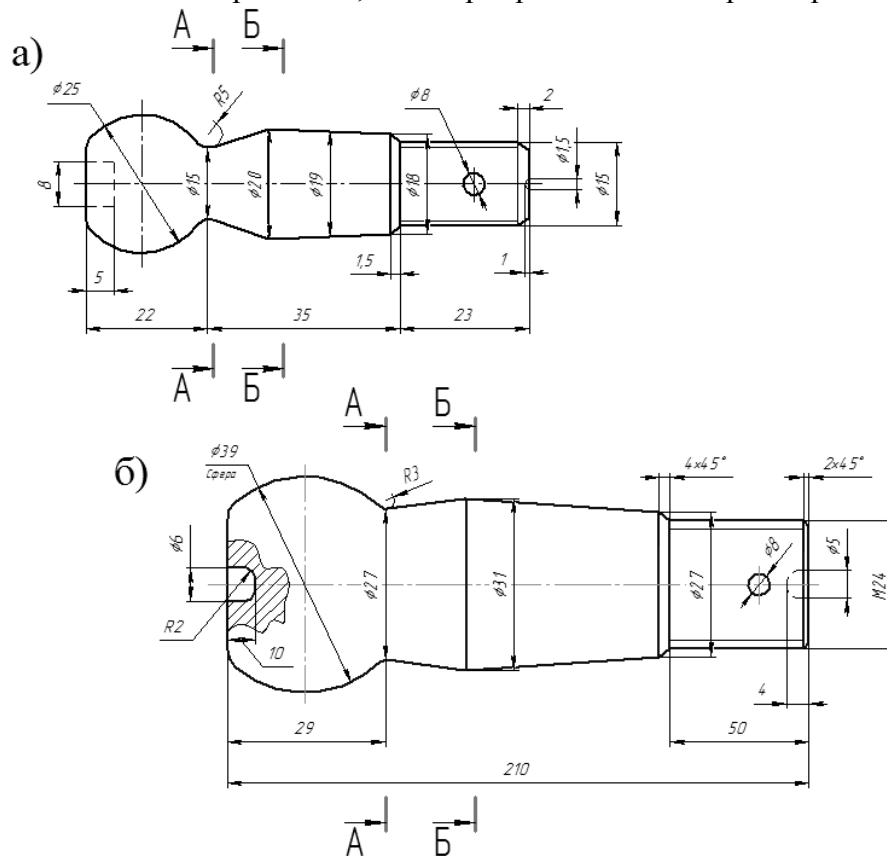


Рисунок 4 – Расчетные схемы рулевых пальцев:
а) автобус модели №1, б) автобус модели №2

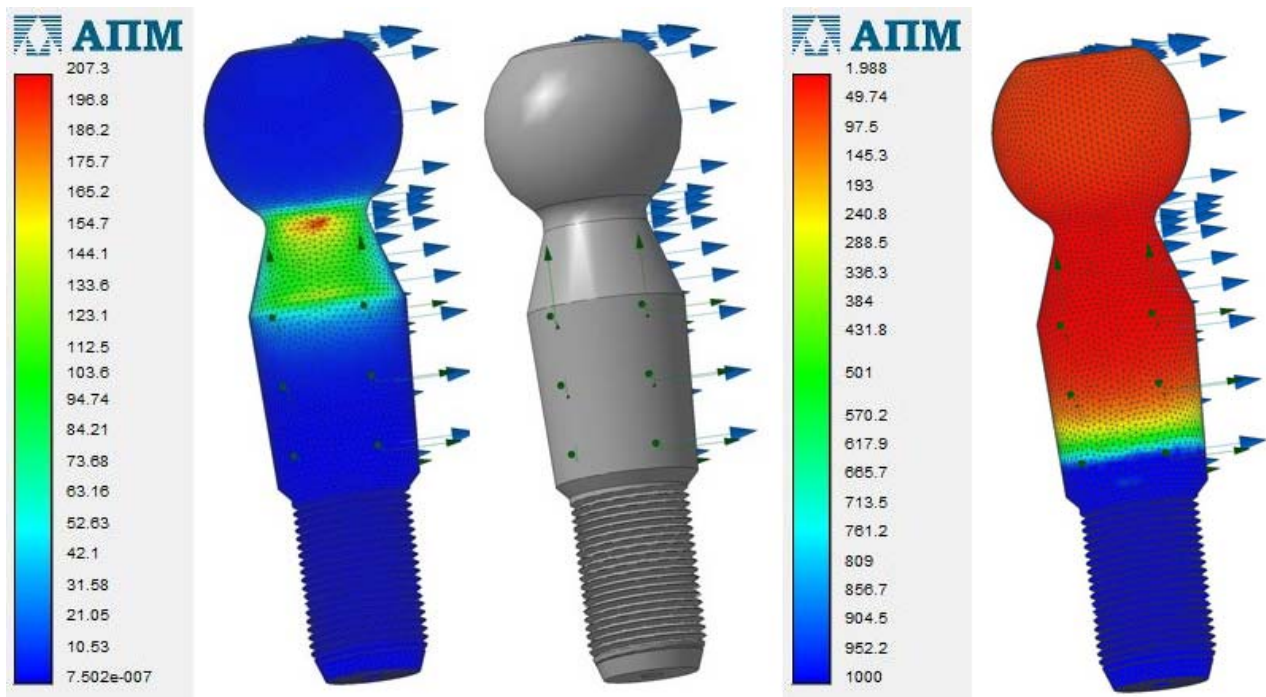


Рисунок 5 – Результаты расчета рулевого пальца автобуса модели №1
в системе прочностного анализа APMFEM для Компас-3D

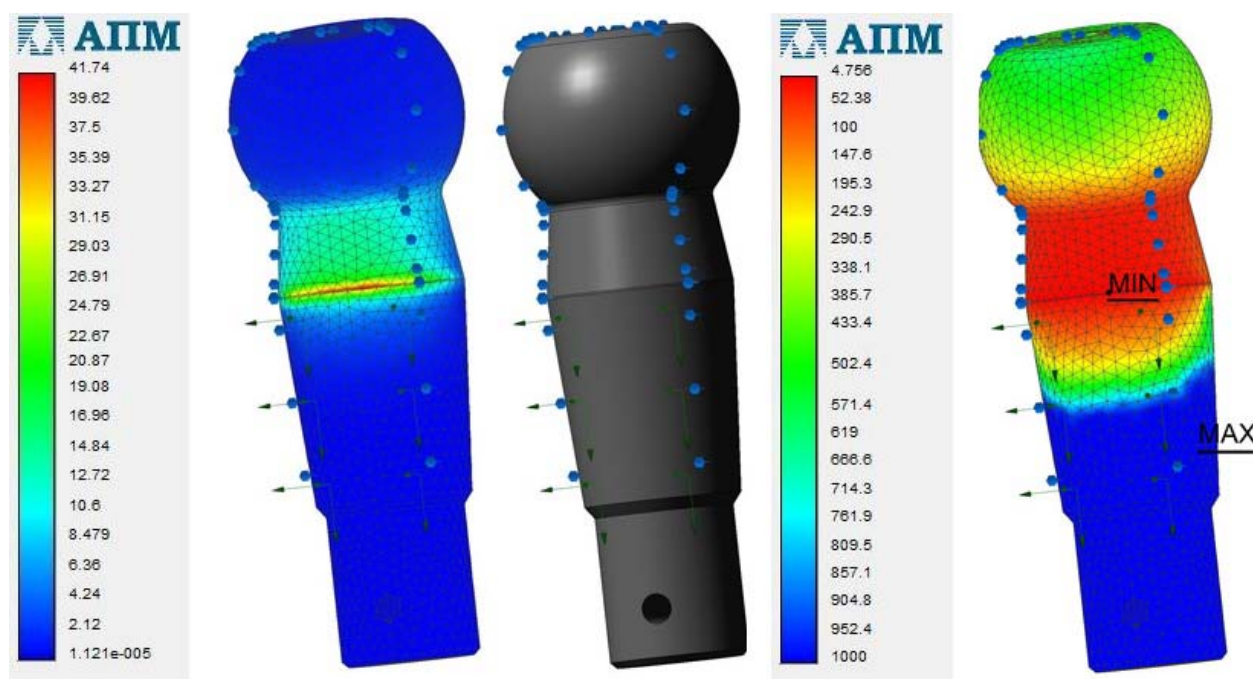


Рисунок 6 – Результаты расчета рулевого пальца автобуса модели №2 в системе прочностного анализа APIMFEM для Компас-3D

Так как шаровая опора изготовлена из стали ВСт6пс, максимальное напряжение изгиба которой составляет 170 МПа, то у автобуса №1 в месте соединения головки и галтели она не соответствует требованиям прочности на изгиб. Максимальное значение напряжения изгиба в сечении А-А составляет 207 Мпа [2, 8], следовательно, превышает допустимое значение на 22%, напряжение среза на 1%, а в сечении Б-Б не превышает допускаемого значения. У модели №2 превышений напряжений в рассмотренных сечениях рулевого шарнира не наблюдается. Однако здесь сечением, испытывающим более высокие нагрузки, является сечение Б-Б.

Полученные результаты действительны как для рулевой опоры сошки, так и для опор рулевых тяг, так как усилия, действующие на них, одинаковы.

Установка на автобусы рулевых пальцев, выполненных без термообработки, вызывает ускоренный износ трущихся поверхностей: шаровой головки пальца, вкладышей и внутренней части корпуса и, как следствие, дополнительные сходы автобусов с маршрутов. Изношенные шаровые шарниры способствуют ухудшению управляемости, а значит, снижению активной безопасности автобусов [11, 12 с. 124].

Материал, из которого изготавливают рулевые шарниры, является важным фактором, в значительной степени определяющим их эксплуатационные и иные свойства, таких как предел прочности, коррозионная стойкость, износостойкость, усталостная прочность. От перечисленного, в свою очередь, зависит ресурс всего рулевого управления. Расчет показал, что сталь ВСт6пс без термообработки для шарового пальца не позволяет достичь допустимого уровня эксплуатационной надежности по критериям прочности и износостойкости.

Таким образом, в ходе проведенного исследования было установлено, что у двух рассматриваемых моделей автобусов критическими элементами рулевого управления являются рулевые пальцы сошки и тяг. При этом низкая прочность этих элементов связана с использованием стали без термообработки. Для повышения надежности рассматриваемой системы следует использовать меры преимущественно конструктивного характера: заменить материал, добавить закалку, применять ультразвуковое упрочнение твердосплавным инструментом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 23207-08. Система технического обслуживания и ремонта техники. Выбор и задание показателей ремонтпригодности. Общие требования [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 17 с
2. ГОСТ 23207-78. Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1981. - 49 с.
3. ГОСТ Р 52302-2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 2005. - 27 с.
4. Бухарин, Н. А. Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н. А. Бухарин, В. С. Прозоров, М. М. Щукин. - Л.: Машиностроение, 1973. - 504 с.
5. Бадиков, К. А. Расчет на усталостную прочность шарового пальца рулевого управления автобуса «Волжанин – 329001» [Текст] / К. А. Бадиков, В. Н. Тышкевич, Г. А. Чернова // Современные проблемы транспортного комплекса России. - 2013. - № 4(4) . - С. 172-177.
6. Верняев, М. А. Расчетные исследования шаровой опоры подвески автомобиля [Текст] / М. А. Верняев, Н. М. Филькин, Д. К. Шакуров // Леса России и хозяйство в них. - 2012. - № 1-2 (42-43). - С. 22-23.
7. Диагностирование автомобильного транспорта [Текст]: сб. описаний лаборатор. работ для подготовки дипломированных специалистов / сост. Р. В. Абаимов; СЛП. - Сыктывкар, 2007. - 60 с.
8. Заславский, Б. В. Краткий курс сопротивления материалов [Текст]: учебник для авиационных специальностей вузов / Б. В. Заславский. - М.: Машиностроение, 1986. - 328 с.
9. Лысов, М. И. Рулевые управления автомобилей [Текст] / М. И. Лысов. - М.: Машиностроение, 1972. - 344 с.
10. Меньшенин, Г. Г. Практикум по теории надежности и диагностики Часть II: Лабораторные работы № 8 – 12 [Текст]: учеб. пособие / Г. Г. Меньшенин, П. А. Кулько. – ВолгГТУ: Волгоград, 2006. - 230 с.
11. Мигаль, В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справочное пособие в 6 томах. / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. - Том 1. Дефекты производства и эксплуатационные неисправности. - 2-е изд., стер. - М.: ООО «ИПЦ «Маска», 2013. - 373 с.
12. Мигаль, В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справочное пособие в 6 томах. / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. - Том 3. Методы диагностирования. - 2-е изд., стер. - М.: ООО «ИПЦ «Маска», 2013. - 548 с.
13. Нарбут, А. Н. Автомобили: Рабочие процессы и расчет механизмов и систем [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. Н. Нарбут. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 256 с.
14. Чернова, Г. А. Оценка прочности деталей рулевого управления автобуса [Текст] / Г. А. Чернова, В. Н. Тышкевич, К. А. Бадиков, Ю. И. Моисеев, Р. В. Заболотный // Волгоград: Известия ВолгГТУ. - 2014. - № 3 (130). - С. 47-50.
15. Павлюк, А. С. Влияние конструктивных параметров рулевого привода на поворот управляемых колес мобильной машины [Текст] / А. С. Павлюк, С. В. Сафронов // Ползуновский вестник. - 2013. - № 4/3. - С. 181-184.
16. Клепик, Н. К. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта: учеб. пособие / Н. К. Клепик. - Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 1995. - 95 с.
17. Терентьев, В. Ф. Усталостная прочность металлов сплавов [Текст] / В. Ф. Терентьев. - М.: Интернет Инжиниринг, 2002. - 288 с.: ил.
18. Хабардин, А. В. Свободный ход рулевого колеса как параметр технического состояния рулевого управления [Текст] / А. В. Хабардин, В. Н. Хабардин, А. Е. Кузьмин, М. В. Чубарева, Т. Л. Горбунова // Вестник иркутской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 43. - С. 154-160.
19. Чернова, Г. А. Оценка прочности шаровой опоры рулевого управления автобуса [Текст] / Г. А. Чернов., К. А. Бадиков, В. Н. Тышкевич // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Московский автомобильно-дорожный гос. техн. ун-т (МАДИ). - 2014. - С. 98-102.
20. Larry J. Segerlind: Applied Finite Element Analysis - 1976, Seite 232 - 239.

Бадиков Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

Аспирант кафедры «Сопротивление материалов»

E-mail: geronimo855@mail.ru

Полуэктвов Михаил Владимирович

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

Канд. техн. наук. доцент кафедры «Сопротивление материалов»

E-mail: poluektov@vstu.ru

Сторчилова Татьяна Алексеевна

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: Россия, 400005, Волгоград, пр. им. Ленина, 28

Аспирант кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей»

E-mail: stor4ilova@rambler.ru

К. А. BADIKOV, М. V. POLUEKTOV, Т. А. STORCHILOVA

RELIABILITY ANALYSIS OF FAILURE THE STEERING SYSTEM OF BUSES

The causes of faults steering one of the convoys of buses Volgograd region. Found that most of the fault is due to the pitman arm and the steering finger. These components was determined bending stress and margin of safety with virtual models. Created proposals aimed at improving the operational reliability of the steering.

Keywords: *finger steering, pitman arm, bending stress, strength calculation.*

BIBLIOGRAPHY

1. GOST 23207-08. Sistema tekhnicheskogoobsluzhivaniyairemontatekhniki. Vyborizadaniepokazateleyremontoprigradnosti. Obshchietrebovaniya [Tekst]. - M.: Izd-vostandartov, 1984. - 17 s
2. GOST 23207-78. Soprotivleniyeustalosti. Osnovnyeterminy, opredeleniyaioboznacheniya [Tekst]. - M.: Izd-vostandartov, 1981. - 49 s.
3. GOST R 52302-2004. Avtotransportnyesredstva. Upravlyaemost` iustoychivost` [Tekst]. - M.: Izd-vostandartov, 2005. - 27 s.
4. Bukharin, N. A. Avtomobili. Konstruktsiya, nagruzochnyerezhimy, rabochieprotsessy, prochnost` agregatovavtomobilya [Tekst]: ucheb. posobiedlyavuzov / N. A. Bukharin, V. S. Prozorov, M. M. Shchukin. - L.: Mashinostroenie, 1973. - 504 s.
5. Badikov, K. A. Raschetnaustalostnuyuprochnost` sharovogopal`tsarulevogoupravleniyaavtobusa "Volzhanin - 329001" [Tekst] / K. A. Badikov, V. N. Tyshkevich, G. A. Chernova // Sovremennyyeproblemy transportnogokompleksaRossii. - 2013. - № 4(4) . - S. 172-177.
6. Vernyaev, M. A. Raschetnyeissledovaniyasharovoyoporypodveskiavtomobilya [Tekst] / M. A. Vernyaev, N. M. Fil`kin, D. K. Shakurov // LesaRossiikhozyaystvo v nikh. - 2012. - № 1-2 (42-43). - S. 22-23.
7. Diagnostirovaniyavtomobil`nogotransporta [Tekst]: sb. opisaniylaborator. rabotdlyapodgotovkidiplomirovannykhspetsialistov / sost. R. V. Abaimov; SLI. - Syktyvkar, 2007. - 60 s.
8. Zaslavskiy, B. V. Kratkiykursoprotivleniyamaterialov [Tekst]: uchebnikdlyaaviatsionnykhspetsial`nosteyvuzov / B. V. Zaslavskiy. - M.: Mashinostroenie, 1986. - 328 s.
9. Lysov, M. I. Rulevyeupravleniyaavtomobilya [Tekst] / M. I. Lysov. - M.: Mashinostroenie, 1972. - 344 s.
10. Men`shenin, G. G. PraktikumteoriinadezhnostiidiagnostikiChast` II: Laboratornyeraboty № 8 - 12 [Tekst]: ucheb. posobie / G. G. Men`shenin, P. A. Kul`ko. - VolgGTU: Volgograd, 2006. - 230 s.
11. Migal`, V. D. Tekhnicheskayadiagnostikaavtomobilya [Tekst]: spravochnoeposobie v 6 tomakh. / V. D. Migal`, V. P. Migal`. - Tom 1. Defektyproizvodstvaiekspluatatsionnyeyeispravnosti. - 2-e izd., ster. - M.: OOO "IPTS "Maska", 2013. - 373 s.
12. Migal`, V. D. Tekhnicheskayadiagnostikaavtomobilya [Tekst]: spravochnoeposobie v 6 tomakh. / V. D. Migal`, V. P. Migal`. - Tom 3. Metodydiagnostirovaniya. - 2-e izd., ster. - M.: OOO "IPTS "Maska", 2013. - 548 s.
13. Narbut, A. N. Avtomobili: Rabochieprotsessyirashetmekhanizmovisistem [Tekst]: uchebnikdlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy / A. N. Narbut. - M.: Izdatel`skiytsentr "Akademiya", 2007. - 256 s.
14. Chernova, G. A. Otsenkaprochnostidetaleyrulevogoupravleniyaavtobusa [Tekst] / G. A. Chernova, V. N. Tyshkevich, K. A. Badikov, YU. I. Moiseev, R. V. Zabolotnyy // Volgograd: IzvestiyaVolgGTU. - 2014. - № 3 (130). - C. 47-50.
15. Pavlyuk, A. S. Vliyaniemkonstruktivnykhparametrovrulevogoprivodanapovorotupravlyaemykhkolesobil`noymashiny [Tekst] / A. S. Pavlyuk, S. V. Safronov // Polzunovskiyvestnik. - 2013. - № 4/3. - S. 181-184.
16. Klepik, N. K. Staticheskayaobrabotkaeksperimenta v zadachkhavtomobil`nogotransporta: ucheb. posobie / N. K. Klepik. - Volgograd. gos. tekhn. un-t. - Volgograd, 1995. - 95 s.
17. Terent`ev, V. F. Ustalostnayaprochnost` metallovsplyavov [Tekst] / V. F. Terent`ev. - M.: Internet Inzhiniring, 2002. - 288 s.: il.
18. Habardin, A. V. Svobodnyykhodrulevogokolesakakparametrtekhnicheskogosostoyaniyarulevogoupravleniya [Tekst] / A. V. Habardin, V. N. Habardin, A. E. Kuz`min, M. V. Chubareva, T. L. Gorbunova // Vestnikirkutskoygosudarstvennoyssel`skokhozyaystvennoyakademii. - 2011. - № 43. - S. 154-160.
19. Chernova, G. A. Otsenkaprochnostisharovoyoporyrulevogoupravleniyaavtobusa [Tekst] / G. A. Chernova, K. A. Badikov, V. N. Tyshkevich // Problemytekhnicheskoyekspluatatsiiavtoservisapodvizhnogosostavaavtomobil`nogotransportna. - M.: Moskovskiyavtomobil`no-dorozhnyygos. tekhn. un-t (MADI). - 2014. - C. 98-102.
20. Larry J. Segerlind: Applied Finite Element Analysis - 1976, Seite 232 - 239.

Badikov Kirill Andreevich

FGBOU VPO "Volgograd State Technical University"
Adress: Russia, 400005, g. Volgograd, pr. Them. Lenin, 28
Graduate student of "Strength of Materials"
E-mail: geronimo855@mail.ru

Poluektov Mikhail Vladimirovich

FGBOU VPO "Volgograd State Technical University"
Adress: Russia, 400005, g. Volgograd, pr. Them. Lenin, 28
Cand. tehn. Sciences, Associate Professor of "Strength of Materials"
E-mail: poluektov@vstu.ru

Storchilova Tatyana Alekseevna

FGBOU VPO "Volgograd State Technical University"
Adress: Russia, 400005, g. Volgograd, pr. Them. Lenin, 28
Graduate student "Maintenance and repair"
E-mail: stor4ilova@rambler.ru

УДК 621.436.001.43

Ю. В. РОДИОНОВ, Р. Л. ДУЛАТОВ

ВАРИАНТЫ МОДУЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСТОРМОЗНОЙ ОБКАТКИ ДИЗЕЛЕЙ

Представлен анализ конструкций обкаточных модулей для реализации холодной и горячей обкатки дизелей в бестормозных неустановившихся режимах после текущего и капитального ремонта. Обоснована необходимость применения динамического нагружения дизелей при обкатке в различных производственных условиях.

Ключевые слова: дизель, горячая обкатка, динамическое нагружение, обкаточный модуль.

В результате многолетних исследований с целью ускорения внедрения бестормозной обкатки дизелей с динамическим нагружением, сокращения стоимости и номенклатуры используемого оборудования разработан ряд обкаточных модулей, позволяющих повысить эффективность обкатки ДВС [1-14].

Обкаточный модуль №1 предназначен для технологической обкатки дизелей различных марок непосредственно на машинах после проведения текущего ремонта в условиях ремонтных мастерских, станций технического обслуживания и предприятий, занимающихся ремонтом техники. Модуль включает технологию проведения обкатки дизелей после текущего ремонта (ТР), а также универсальный комплект средств для обкатки с динамическим нагружением (система управления бестормозной обкаткой (СУБО) с исполнительным механизмом, воздействующим на рычаг регулятора частоты вращения (РЧВ), прибор ИМД-ЦМ, расходомер топлива, а также приспособления для соединения исполнительного механизма с рычагом РЧВ).

Технология обкатки автотракторных дизелей после ТР непосредственно на мобильном агрегате состоит в следующем.

Перед началом обкатки устанавливают на исполнительный механизм (ИМ) кулачок с профилем, соответствующим марке установленного на дизеле ТНВД.

От рычага РЧВ отсоединяют тягу управления скоростным режимом и в освободившемся отверстии рычага закрепляют стержень-удлиннитель, с концом которого соединяют тросик ИМ с предохранительной пружиной, а также возвратную пружину, обеспечивающую полное выключение подачи топлива (остановку дизеля) при отсутствии натяжения тросика. ИМ устанавливается на раме трактора или на специальном столике вблизи трактора, при этом должна обеспечиваться горизонтальность тросика в натянутом положении и, по возможности, параллельность продольной оси трактора. Вращая ручку ходового винта ИМ, убеждаются в перемещении рычага РЧВ от минимального до максимального положения. После этого, включив питание блока управления (тумблер «Сеть») и поставив переключатель режима работы в положение «Ручное», нажимая последовательно кнопки «Разгон» и «Выбег», проверяют работу ИМ при различных скоростях перемещения рычага РЧВ (различных положениях ручек «Нагрузка» блока управления). По окончании проверки нажимают кнопку «Выбег» и устанавливают рычаг РЧВ в положение выключенной подачи топлива с помощью ходового винта.

Убедившись в наличии охлаждающей жидкости, топлива и смазки, приступают к холодной обкатке дизеля, которую проводят в течение 3–5 минут прокруткой коленчатого вала штатным пусковым двигателем дизеля или электростартером. При этом контролируют наличие и величину давления в системе смазки с помощью штатного манометра, убеждаются в подаче смазки к толкателям и коромыслам механизма газораспределения, а также контролируют частоту вращения коленчатого вала по показаниям прибора ИМД-Ц (ИМД-ЦМ). Питание прибо-

ра ИМД-Ц осуществляется с выхода $\pm 12В$, 0,5А блока управления, а его датчик устанавливается в резьбовое отверстие в кожухе маховика дизеля (ИМД-Ц, ИМД-ЦМ) или на вал отбора мощности (ИМД-ЦМ). Калибровка проводится в соответствии с инструкцией по диагностированию данным прибором. По окончании холодной обкатки регулируют тепловые зазоры в механизме газораспределения, устанавливают рычаг РЧВ в положение минимальной частоты вращения ходовым винтом ИМ и запускают дизель.

Горячую обкатку на холостом ходу проводят в течение 10 минут, плавно увеличивая частоту вращения коленчатого вала от минимальной до максимальной холостого хода. Для лучшего прогрева дизеля прикрывают шторки радиатора. По окончании данного этапа устанавливают частоту вращения, равную 0,55–0,75 от номинальной, и приступают к горячей обкатке с ДН, установив тумблер переключения режимов работы в положение «Автомат». В результате начнется циклическое перемещение рычага РЧВ и изменение частоты вращения коленчатого вала с заданным для первой ступени обкатки угловым ускорением разгона (НДМ).

Величина углового ускорения разгона контролируется по показаниям прибора ИМД-Ц на каждом цикле нагружения и регулируется изменением скорости перемещения рычага РЧВ ручками «Нагрузка» блока управления. Угловое ускорение разгона составляет $\varepsilon_i = (0,25; 0,50; 0,70; 0,90) \varepsilon_p^3$ соответственно для 1-й, 2-й, 3-й, 4-й нагрузочной ступени (ε_p^3 – эталонное значение ускорения свободного разгона в области номинальной частоты данного дизеля, берется из инструкции к прибору ИМД-Ц). Нагрузка поддерживается постоянной в пределах ступени с помощью рукоятки «Точно», а при переходе на следующую ступень задается рукояткой «Грубо».

Время паузы, необходимой для выбега частоты вращения коленчатого вала дизеля от конечной при разгоне до начальной и ее стабилизации, задается с помощью рукоятки «Пауза». Проводить обкатку без стабилизации частоты вращения не рекомендуется.

В случае проведения ТР дизеля в соответствии с требованиями руководства по ТР дизелей длительность каждой ступени горячей обкатки под нагрузкой равна 10 минутам. Шторки радиатора при проведении данного этапа следует держать закрытыми, контролируя температурный режим и другие параметры по штатным приборам трактора.

По окончании обкатки, не останавливая дизель, проводят его бестормозные испытания на развиваемую мощность, определяют мощность механических потерь, минимальную и максимальную частоту вращения коленчатого вала с помощью прибора ИМД-Ц, а также давление в системе смазки и расход топлива.

При обкатке дизелей с турбонаддувом для получения близких к номинальным нагрузочных режимов при обкатке и испытаниях целесообразно увеличить момент инерции системы путем присоединения к валу отбора мощности дополнительных инерционных масс – маховиков. При этом величины угловых ускорений ступеней необходимо уменьшить пропорционально дополнительному моменту инерции, приведенному к коленчатому валу. Практически корректирующий коэффициент по моменту инерции системы (K_j) можно определить известным методом двойного выбега, при котором осуществляют выбег в заданном интервале УСКВ при исходном значении момента инерции системы с замером ускорения выбега (ε_B), а затем в тех же условиях производят выбег с дополнительными инерционными массами и также измеряют ускорение выбега (ε_{Bj}), тогда коэффициент коррекции будет равен:

$$K_j = \frac{\varepsilon_{Bj}}{\varepsilon_B}. \quad (1)$$

В дальнейшем при определении угловых ускорений ступеней их значения умножают на K_j , т.е.

$$\varepsilon_i = K_j \cdot K_i \cdot \varepsilon_p^3. \quad (2)$$

Обкаточный модуль №2 предназначен для проведения технологической обкатки дизелей различных марок после капитального ремонта в условиях ремонтных предприятий.

Модуль включает технологию обкатки, универсальную СУБО со шкивным или электромагнитным ИМ, механизм для дросселирования газов на выпуске, прибор ИМД-ЦМ, приспособления для соединения ИМ с выпускной системой дизеля, рычагом РЧВ и рейкой ТНВД, а также серийный обкаточно-тормозной стенд или приводную станцию для холодной обкатки дизелей, расходомер топлива и другое вспомогательное оборудование (систему питания дизеля топливом, систему охлаждения, систему отвода отработавших газов и подъемно-транспортное оборудование).

Перед началом обкатки дизель с помощью подъемно-транспортных механизмов устанавливают на регулируемые опоры стенда, центрируют его и соединяют карданным валом с вторичным валом КП приводной станции. После этого подключают дизель к системам питания и охлаждения, и при необходимости устанавливают исполнительный механизм для дросселирования газов на выпуске. К рычагу РЧВ присоединяют тросик ИМ, оплетку которого закрепляют с помощью специального кронштейна к корпусу ТНВД или РЧВ.

При подключении тросика ИМ к рычагу РЧВ путем регулирования его длины обеспечивают нахождение рычага РЧВ в положении максимальной УСКВ (на упоре), при этом шкив ИМ должен быть в положении «Разгон». После этого, включив питание СУБО, в режиме ручного управления нажимают кнопку «Выбег», при этом рычаг РЧВ переместится в положение выключенной подачи топлива.

Проверив наличие масла в системе смазки и охлаждающей жидкости, приступают к холодной обкатке дизеля. Для этого включают на КП передачу, обеспечивающую УСКВ, близкую к рекомендованной для 1-й ступени обкатки, выключают муфту сцепления (МС), включают электродвигатель и, плавно включая МС, начинают прокрутку дизеля. В первоначальный момент по показаниям ваттметра или амперметра, включенного в цепь питания электродвигателя, оценивают начальный момент прокрутки, характеризующий качество сборки и техническое состояние дизеля. При проведении обкатки также контролируют УСКВ, температуру охлаждающей жидкости, величину давления в системе смазки и ее поступление к деталям газораспределительного механизма. При переходе на последующие ступени, в случае использования автомобильных синхронизированных КП, выключают МС, включают нужную передачу и плавно включают МС. При использовании автомобильных КП при переходе на следующие ступени необходимо дополнительно выключать электродвигатель.

Во время холодной обкатки рекомендуется промыть топливную систему дизеля путем прокачки топлива через трубки высокого давления, для чего ослабляют гайки крепления трубопроводов к форсункам и, нажатием на кнопку «Разгон» блока управления СУБО кратковременно включают подачу топлива. По окончании холодной обкатки рекомендуется проверить и отрегулировать тепловые зазоры в ГРМ, после чего приступают к горячей обкатке на холостом ходу. Для этого устанавливают рычаг РЧВ в положение минимальной УСКВ, на КП включают передачу, обеспечивающую прокрутку дизеля с пусковой УСКВ, выключают МС, включают электродвигатель, плавно включают МС и запускают дизель. Сразу после пуска выключают электродвигатель приводной станции. После этого плавно или ступенчато, в соответствии с рекомендуемыми режимами, увеличивают УСКВ в течение заданного времени. Контроль УСКВ ведут по показаниям ИМД-ЦМ, включенного в режим измерения частоты вращения, датчик которого связан с вторичным валом КП. В процессе обкатки целесообразно оценить равномерность работы цилиндров дизеля как простейшими способами, так и с использованием способов и средств, основанных на анализе внутрициклового неравномерности УСКВ. Кроме этого определяют и при необходимости корректируют минимальную и максимальную УСКВ холостого хода.

По окончании обкатки на холостом ходу и устранения замеченных недостатков приступают к горячей обкатке с динамическим нарушением.

Для этого задают необходимый для данного дизеля ход троса ИМ (угол поворота рычага РЧВ) с помощью регулятора ИМ и включают автоматический режим работы СУБО. Начнется циклическое перемещение рычага РЧВ в заданных пределах, определяющих нижний и верхний предел УСКВ цикла динамического нагружения. С помощью ручек «Нагрузка» задают требуемое для первой степени обкатки угловое ускорение разгона для данного дизеля, определенное согласно разработанной ранее методике, контролируя его по показаниям прибора ИМД-Ц, включенного в режим измерения углового ускорения разгона. После установки ускорения разгона переключают ИМД-Ц в режим измерения ускорения выбега и регулировкой хода якоря второго ИМ задают необходимую степень дросселирования газов на выпуске, ориентируясь по показаниям прибора ИМД-Ц. При необходимости корректируют время такта стабилизации нижнего предела УСКВ регулятором «Пауза» и время дросселирования на выпуске регулятором «Время дросселирования».

При переходе на следующую ступень рукоятками «Нагрузка» увеличивают угловое ускорение разгона до необходимого значения, а регулятором хода якоря ИМ2 увеличивают ускорение выбега.

По окончании последней ступени обкатки проводят испытание дизеля с помощью СУБО. Для этого регуляторами «Нагрузка» задают максимальную скорость перемещения рычага РЧВ и определяют угловое ускорение разгона при номинальной УСКВ, а затем по номограммам – эффективную мощность. При заниженных результатах измерения мощности, вследствие недостаточной скорости перемещения рычага РЧВ СУБО, повторяют замер при ручном управлении рычагом РЧВ, согласно инструкции к прибору ИМД-Ц, или при управлении датчиком скоростных режимов КИ-13984.

После этого на этом же режиме определяют расход топлива с помощью расходомеров типа КИ-13967М или с помощью весового (объемного) расходомера, который с определенным коэффициентом пропорциональности для данного дизеля, варианта, числа и параметров ЦДН отражает расход топлива на аналогичном установившемся нагрузочно-скоростном режиме. Далее при отключенном ИМ2 измеряют угловое ускорение свободного выбега, определяющее мощность механических потерь и степень приработки дизеля.

Затем, увеличив ход троса ИМ1 и перестроив ИМД-Ц, определяют угловое ускорение в зоне максимального крутящего момента, отражающее корректорный запас крутящего момента. После этого контролируют величину максимальной и минимальной УСКВ по холостому ходу и давление в системе смазки.

При соответствии основных показателей нормативным значениям обкатку и испытания заканчивают.

В составе данного модуля вместо рассмотренной СУБО могут использоваться системы с воздействием на рейку ТНВД. В этом случае в состав комплекта вводятся технологические крышки регуляторов частоты вращения и ТНВД дизелей с отводками, а блоки управления реализуют способ управления ЦДН с контролем УСКВ. Управление скоростным режимом дизеля при холодной обкатке и испытаниях в этом случае обеспечивается с помощью специальных рукояток с фиксацией и др. приспособлений. Для управления ЦДН могут быть использованы СУБО с электронным секундомером.

Обкаточный модуль №3 предназначен для проведения технологической обкатки новых и капитально отремонтированных дизелей с ТНВД одной марки в условиях моторных заводов и специализированных РТП, при больших объемах производства и автоматизации процесса.

Модуль включает технологии, специализированную СУБО с электромагнитными ИМ, воздействующим на рейку ТНВД и дроссельную заслонку на выпуске, и другие средства, входящие в состав модуля №2.

Основное отличие модуля №3 от модуля № 2 заключается в узкой специализации используемого оборудования, позволяющей упростить конструкцию и снизить трудоемкость вспомогательных операций в условиях массового производства. При проведении горячей обкатки с ДН в модуле №3 используется управление топливоподачей с воздействием на рейку ТНВД, обеспечивающее более точное поддержание нагрузочных режимов, при этом высокая стабильность НДМ и интервала изменения УСКВ позволяет использовать для контроля НДМ электронные секундомеры. При обкатке дизелей с наддувом используются специальные обкаточные выпускные коллекторы с дроссельными заслонками до турбокомпрессора. Для улучшения воздухообеспечения дизелей с наддувом на режимах разгона может использоваться дополнительная подача воздуха во впускной тракт под давлением из централизованной пневмосистемы или от автономных компрессоров с электроприводом. Для холодной обкатки и обкатки на холостом ходу могут использоваться автоматизированные стационарные или размещаемые на конвейере стенды или приводные станции.

Испытания дизелей после обкатки проводят аналогично испытаниям по п.6 в модуле №1 при управлении процессом СУБО с максимальной подачей топлива (без ограничения хода рейки ТНВД), при этом целесообразно использование средств автоматизации процесса испытаний и регистрации его результатов в техническом паспорте дизеля.

Обкаточный модуль №4 предназначен для бестормозной дообкатки новых и отремонтированных дизелей, установленных на машинах, прошедших полную или частичную технологическую обкатку или не прошедших ее вообще, с целью частичного или полного выполнения программы эксплуатационной обкатки и устранения недостатков технологической. Модуль включает технологии обкатки с ДН, альтернативные типовым технологиям эксплуатационной и технологической обкатки, и средства, в качестве которых могут быть использованы устройства, входящие в модули № 1, 2, 3 (в зависимости от вида выполняемой обкатки). Использование данного модуля позволяет реализовать раздельную обкатку дизелей.

Данный комплект позволяет проводить в автоматическом режиме холодную обкатку и обкатку на холостом ходу при использовании как серийных автоматизированных стендов, так и перспективных стендов с тиристорным и транзисторным электроприводом. Предусмотрено проведение холодной обкатки с дросселированием газов на выпуске, позволяющее улучшить ее качество и сократить время обкатки под нагрузкой, а также реализовать технологию раздельной обкатки [15, 16].

Специализированный комплект для обкатки с ДН позволяет в автоматическом режиме проводить обкатку с ДН и испытание дизелей.

Наличие стендов-спутников позволяет снизить трудоемкость монтажно-демонтажных работ по установке двигателя на стенд и сократить время обкатки.

В связи с необходимостью обкатки на открытых площадках предусмотрено питание СУБО от бортовой сети мобильной машины, а вместо приборов ИМД-Ц используется электронный тахометр и цифровой электронный секундомер, имеющие меньшую стоимость и повышенную точность и стабильность в условиях колебаний температур и влажности окружающей среды по сравнению с аналоговыми каналами измерения углового ускорения приборов ИМД-Ц.

Обкатку двигателя с динамической нагрузкой проводят перед обкаткой ходовой части и трансмиссии или их совмещают. Для обкатки двигателя на него устанавливают исполнительные механизмы СУБО, а также датчик частоты вращения коленчатого вала. Блок управления СУБО и исполнительные механизмы целесообразно размещать в кабине трактора и с помощью кабелей и тросов с оплетками соединять их с механизмами управления топливоподачей, дросселированием газов на выпуске, датчиком УСКВ и бортовой сетью. Контроль за

работой двигателя при обкатке с ДН осуществляется по штатным приборам трактора. Обкатка проводится на расчетных режимах и с необходимой продолжительностью. По окончании обкатки проводится испытание дизеля динамическим методом. При недостаточной приработке сопряжений (при повышенном угловом ускорении выбега) обкатка может быть продолжена.

При необходимости улучшенной или полной приработки проводят дообкатку двигателей с использованием того же оборудования. Режимы и продолжительность обкатки определяют, исходя из рекомендованных режимов эксплуатационной обкатки для данного трактора с учетом коэффициента ускорения, определяемого экспериментально для данной марки трактора. Коэффициент ускорения определяется путем сравнения времени дообкатки дизеля, при достижении степени приработки идентичной приработке, при эталонной обкатке, со временем эксплуатационной обкатки, рекомендованной НТД.

В целом разработанный комплект приборов и технология обкатки модуля №1 являются достаточно универсальными и могут быть использованы при проведении текущего ремонта автотракторных дизелей в условиях ремонтных мастерских.

Проверка технологии и средств обкаточного модуля № 2 проводилась в условиях ремонтно-технического предприятия ПО «Строймаш» г. Пензы, специализирующегося на капитальном ремонте дизелей Д-160, ЯМЗ-238, ЯМЗ-240НБ. Имеющиеся на предприятии обкаточно-тормозные стенды типа КИ-5541 и КИ-5543 не обеспечивают возможность полноценной обкатки и испытаний указанных дизелей, в связи с чем была проведена производственная проверка технологии и средств модуля №2 применительно к дизелю Д-160.

Холодная и горячая обкатка дизелей Д-160 на холостом ходу проводилась с помощью обкаточного стенда на типовых режимах, а обкатка под нагрузкой и испытания проводились с ДН при управлении СУБО с воздействием на рейку ТНВД. При этом для улучшения воздушоснабжения дизеля ротор стенда КИ-5541 был соединен с коленчатым валом дизеля.

Технология обкатки с ДН и средства, образующие обкаточный модуль №3, проверялись в условиях АО «Уралтрак» при проведении экспериментальных обкаток после капитального ремонта дизелей типа Д-160. Проверка проводилась в составе стенда DS-1146 K/V. При проведении горячей обкатки с ДН использовалась специализированная СУБО с непосредственным воздействием на рейку ТНВД [17].

Экспериментальный образец АСУ-ДН для обкатки дизелей и основные результаты исследований приняты к внедрению ОАО «Завод коммунальной энергетики» г. Пензы и ГНУ ГОСНИТИ г. Москва [18].

Предлагаемое оборудование может найти более широкое применение на ремонтных и сервисных предприятиях, производящих ремонт двигателей внутреннего сгорания [19, 20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимохин, С. В. Современные технологии обкатки автотракторных двигателей [Текст]: монография / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов. - Пенза: ПГУАС, 2013. - 284 с.
2. Тимохин, С. В. Методы повышения эффективности холодной обкатки дизелей [Текст]: монография / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов, А. Н. Морунков. - Пенза: Пгуас, 2012. - 152 с.
3. Родионов, Ю. В. Результаты исследований холодной обкатки дизеля Д-144 со статико-динамическим нагружением [Текст] / Ю. В. Родионов, С. В. Тимохин // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 2 (41). - С. 33-14.
4. Тимохин, С. В. Усовершенствованный цикл динамического нагружения дизелей при обкатке [Текст] / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 3 (42). - С. 40-46.
5. Родионов, Ю. В. Бестормозная обкатка автотракторных двигателей [Текст] / Ю. В. Родионов. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. - 260 с.
6. Родионов, Ю. В. Бестормозная обкатка дизеля [Текст] / Ю. В. Родионов // Автомобильная промышленность. - 2004. - № 5. - С. 21-24.

7. Родионов, Ю. В. Датчик многопозиционного контроля положения [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. - 2004. - № 12. - С. 14-15.
8. Родионов, Ю. В. Ресурсосберегающая технология обкатки дизеля 4 ЧН 14,5/20,5 (Д-160) [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. - 2003. - №12. - С. 18-20.
9. Родионов, Ю. В. Теоретические основы бестормозной обкатки дизелей [Текст] / Ю. В. Родионов. - Пенза: ПГУАС, 2008. - 140 с.
10. Тимохин, С. В. Энергоресурсосбережение при обкатке тракторных дизелей путем создания и реализации в ремонтном производстве модулей с динамическим нагружением: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С. В. Тимохин. - СПб., 1999. - 37 с.
11. Тимохин, С. В. Исполнительный механизм для бестормозной обкатки дизелей [Текст] / Вестник Таджикского технического университета. - 2014. - Т.1. - С 35-39.
12. Родионов, Ю. В. Варианты циклов динамического нагружения дизелей при обкатке [Текст] / Ю. В. Родионов, Р. Л. Дулатов // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 4(47). - С. 10-17.
13. Тимохин, С. В. Разработка средств для обкатки дизелей с динамическим нагружением [Текст] / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 4(43). - С.27-33.
14. Тимохин, С. В. Результаты исследований обкатки дизеля Д-144-32 с использованием усовершенствованного цикла динамического нагружения [Текст] / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 1(44). - С.44-49.
15. Родионов, Ю. В. Стенд для раздельной обкатки двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. - 2004. - № 8. - С. 23-25.
16. Родионов, Ю. В. Технология раздельной обкатки двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. - 2004. - № 4. - С. 24-27.
17. Родионов, Ю. В. Технология обкатки тракторных дизелей Д-160 АО «Уралтрак» после капитального ремонта путем применения динамических режимов нагружения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Родионов Юрий Владимирович. - Санкт-Петербург, 1993. - 16 с.
18. Тимохин, С. В. Расчетно-теоретическое обоснование процесса статико-динамического нагружения дизеля при обкатке [Текст] / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 2(45). - С. 32-39.
19. Родионов, Ю. В. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного сервиса [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Родионов. - Ростов н/Д: Феникс, 2008. - 439 с.
20. Родионов, Ю. В. Основы ремонта автомобилей [Текст]: учеб. пособие / Ю. В. Родионов, А. Л. Севостьянов. - Пенза: ПГУАС, 2014. - 300 с.

Родионов Юрий Владимирович

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

Дулатов Рустам Летфуллаевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул.Германа Титова, 28
Студент магистратуры
E-mail:dekauto@pguas.ru

J. V. RODIONOV, R. L. DULATOV

MODULE OPTIONS FOR DIESEL NON-BREAKING ROLLING

Roller modules structures of cold and hot diesel rolling applied for non-breaking and free modes have been analyzed. All samples have been exposed to current or capital repair. The use of dynamic diesel loading in various production conditions has been proved.

Keywords: diesel, hot rolling, dynamic loading, roller module.

BIBLIOGRAPHY

1. Timokhin, S. V. Sovremennye tekhnologii obkatki avtotraktornykh dvigateley [Текст]: monografiya / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov. - Penza: PGUAS, 2013. - 284 s.
2. Timokhin, S. V. Metody povysheniya effektivnosti kholodnoy obkatki dizeley [Текст]: monografiya / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov, A. N. Morun-kov. - Penza: Pguas, 2012. - 152 s.

3. Rodionov, YU. V. Rezul'taty issledovaniy kholodnoy obkatki dizelya D-144 so statiko-dinamicheskim nagruzheniem [Tekst] / YU. V. Rodionov, S. V. Timokhin // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2013. - № 2 (41). - S. 33-14.
4. Timokhin, S. V. Usovershenstvovannyi tsikl dinamicheskogo nagruzheniya dizeley pri obkatke [Tekst] / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2013. - № 3 (42). - S. 40-46.
5. Rodionov, YU. V. Bestormoznaya obkatka avtotraktornykh dvigateley [Tekst] / YU. V. Rodionov. - M.: FGNU "Rosinformagrotekh", 2005. - 260 s.
6. Rodionov, YU. V. Bestormoznaya obkatka dizelya [Tekst] / YU. V. Rodionov // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. - 2004. - № 5. - S. 21-24.
7. Rodionov, YU. V. Datchik mnogopozitsionnogo kontrolya polozheniya [Tekst] / YU. V. Rodionov // *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. - 2004. - № 12. - S. 14-15.
8. Rodionov, YU. V. Resursosberegayushchaya tekhnologiya obkatki dizelya 4 CHN 14,5/20,5 (D-160) [Tekst] / YU. V. Rodionov // *Stroitel'nye i dorozhnye ma-shiny*. - 2003. - №12. - S. 18-20.
9. Rodionov, YU. V. Teoreticheskie osnovy bestormoznoy obkatki dizeley [Tekst] / YU. V. Rodionov. - Penza:PGUAS, 2008. - 140 s.
10. Timokhin, S. V. Energoresursosberezhenie pri obkatke traktornykh dizeley putem sozdaniya i realizatsii v remontnom proizvodstve moduley s dinamicheskim nagruzheniem: Avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk / S. V. Timokhin. - SPb., 1999. - 37 s.
11. Timokhin, S. V. Iсполnitel'nyy mekhanizm dlya bestormoznoy obkatki dizeley [Tekst] / *Vestnik Tadzhikskogo tekhnicheskogo universiteta*. - 2014. - T.1. - S 35-39.
12. Rodionov, YU. V. Varianty tsiklov dinamicheskogo nagruzheniya dizeley pri obkatke [Tekst] / YU. V. Rodionov, R. L. Dulatov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2014. - № 4(47). - S. 10-17.
13. Timokhin, S. V. Razrabotka sredstv dlya obkatki dizeley s dinamicheskimi nagruzheniyami [Tekst] / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2013. - № 4(43). - S.27-33.
14. Timokhin, S. V. Rezul'taty issledovaniy obkatki dizelya D-144-32 s ispol'zovaniem usovershenstvovannogo tsikla dinamicheskogo nagruzheniya [Tekst] / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2014. - № 1(44). - S.44-49.
15. Rodionov, YU. V. Stend dlya razdel'noy obkatki dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst] / YU. V. Rodionov // *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. - 2004. - № 8. - S. 23-25.
16. Rodionov, YU. V. Tekhnologiya razdel'noy obkatki dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst] / YU. V. Rodionov // *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. - 2004. - № 4. - S. 24-27.
17. Rodionov, YU. V. Tekhnologiya obkatki traktornykh dizeley D-160 AO "Uraltrak" posle kapital'nogo remonta putem primeneniya dinamicheskikh rezhimov nagruzheniya: Avtoref. dis.... kand. tekhn. nauk / Rodionov YUryy Vladimirovich. - Sankt-Peterburg, 1993. - 16 s.
18. Timokhin, S. V. Raschetno-teoreticheskoe obosnovanie protsessa stati-ko-dinamicheskogo nagruzheniya dizelya pri obkatke [Tekst] / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2014. - № 2(45). - S. 32-39.
19. Rodionov, YU. V. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy avtomobil'nogo servisa [Tekst]: ucheb. posobie / YU. V. Rodionov. - Rostov n/D: Feniks, 2008. - 439 s.
20. Rodionov, YU. V. Osnovy remonta avtomobiley [Tekst]: ucheb. posobie / YU. V. Rodionov, A. L. Sevost'yanov. - Penza: PGUAS, 2014. - 300 s.

Rodionov Jury Vladimirovich

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, g. Penza, ul.Germana Titova, 28

Dr. tehn., Professor, Director of the Automobile and Road Institute

E-mail: dekauto@pguas.ru

Dulatov Rustam Letfulaevich

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, g. Penza, ul.Germana Titova, 28

Graduate student

E-mail: dekauto@pguas.ru

УДК 629. 113. 003

В. В. ЛЯНДЕНБУРСКИЙ

КОЭФФИЦИЕНТ ИЗДЕРЖЕК ДИНАМИЧНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Предлагается коэффициент издержек для динамичной системы, технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. Выявлены влияния издержек при формировании системы технического обслуживания и ремонта автомобилей по потребности, планово-предупредительной системе без диагностирования, планово-предупредительной с диагностированием, динамичной и саморегулирования.

Ключевые слова: эксплуатация, автомобиль, коэффициент издержек, динамичная система, техническое обслуживание, текущий ремонт.

Простой подвижного состава из-за технических неисправностей вызывает большие потери в народном хозяйстве, из-за несвоевременного и некачественного технического обслуживания транспорта снижается эксплуатационный ресурс техники, повышается расход ГСМ и уровень загрязнения воздушной среды отработанными газами.

Экономический анализ опыта развитых стран, где успешно решен производственный вопрос одним из главных условий динамичного развития автотранспортных предприятий является обеспечение пропорциональности и сбалансированности всех его составляющих: сферы производства, средств производства и обслуживания.

Производительность труда на автомобильном транспорте находится в прямой зависимости от технического состояния автомобилей и их готовности надежно, качественно, экономично и безопасно осуществлять транспортный процесс. Состояние автомобилей, в свою очередь, зависит от организации, технологии и качества выполнения работ при диагностировании, техническом обслуживании и ремонте. В связи с возможностью определения неисправности без разборки, они при регулярном диагностировании выявляются до наступления отказа, что позволяет планировать их устранение, предотвращает прогрессирующее изнашивание деталей и снижает общие расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт. Диагностирование способствует также уменьшению расхода топлива и загрязнению окружающей среды, повышению безопасности движения, технической готовности автомобильного парка и других технико-экономических показателей его использования.

Экономическая сторона диагностирования говорит о больших её возможностях. Достаточно сказать, что срок окупаемости затрат в зависимости от степени механизации и мощности предприятия не превышает трех лет. Рост численности парка машин и количества автомобилей приводит к необходимости увеличения производительности технологического оборудования, что вызывает необходимость совершенствования этого оборудования.

Повышение эффективности функционирования подвижного состава автотранспортного предприятия обеспечивается своевременным техническим обслуживанием и ремонтом на основе диагностирования автомобилей. Однако периодичность контроля такова, что имеется возможность эксплуатации автомобилей с состоянием, требующим технического обслуживания, или оно проводится до наступления допустимого состояния элемента автомобиля. Это приводит к неисправностям автомобиля или не полному использованию ресурса отдельных агрегатов, систем и деталей автомобилей, к значительным материальным затратам.

Возможны пять методов формирования системы технического обслуживания и ремонта с последующим восстановлением состояния элементов автомобилей:

- система по потребности;
- планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта без диагностирования;
- планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта с диа-

гностированием;

- динамичная система;
- система саморегулирования.

Для определения эффективности использования методов определяем суммарную функцию, характеризующую зависимость издержек систем технического обслуживания и ремонта автомобиля.

$$\sum I_i = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5,$$

где I_i – издержки одного из методов формирования системы ТО и Р;

I_1 – издержки системы саморегулирования;

I_2 – издержки системы динамичной;

I_3 – издержки системы планово-предупредительной с диагностированием;

I_4 – издержки системы планово-предупредительной без диагностирования;

I_5 – издержки системы по потребности.

Для систем подвергающихся саморегулированию издержки определяются по формуле:

$$I_1 = C_{cc} + C_{прсс},$$

где C_{cc} – затраты (стоимость) саморегулирующей системы;

$C_{прсс}$ – затраты на ремонт саморегулирующей системы (применительно к рассматриваемому элементу).

В данном случае исключаются затраты на техническое обслуживание элементов подвергающихся саморегулированию.

Для динамичной системы техническом обслуживании и ремонта периодичность технического обслуживания будет величиной динамичной, и зависеть от момента достижения агрегатом, системой или деталью допустимого значения параметра состояния.

Ни один из методов группировки операций в перечне не содержит интегрированных оценок обоснованности проведения операций с оптимальной периодичностью l_{0i} , а с периодичностью ступени технического обслуживания L_i .

$$I_2 = (C_I + C_{II}) + П (t_{п} A_{ип} + t_{тр} A_{итр}) + (C_{всд} + C_{првсд}),$$

где C_I и C_{II} – соответственно затраты на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт элемента;

$П$ – удельная чистая прибыль, приносимая автомобилем в процессе эксплуатации;

$A_{ип}$ – автомобили, для которых не будет произведено профилактическое техническое обслуживание;

$A_{итр}$ – автомобили, для которых будет произведен аварийный ремонт на пробеге τ ;

$t_{п}$ и $t_{тр}$ – соответственно время, отведенное на профилактическое техническое обслуживание и аварийный ремонт;

$C_{всд}$ – затраты (стоимость) на встроенную систему диагностирования;

$C_{првсд}$ – затраты на ремонт и профилактическое техническое обслуживание встроенной системы диагностирования за срок службы автомобиля.

В настоящее время автомобили оснащаются бортовыми и встроенными системами диагностирования, при этом не теряют актуальность и традиционные системы внешнего диагностирования. Кроме того, начинают внедряться в конструкцию автомобилей элементы, регулирующие состояние механизмов без проведения дополнительных работ. В связи с этим при выборе диагностических параметров необходимо определить, какие из них целесообразно контролировать бортовыми системами, какие – с помощью внешних средств технического диагностирования, а которые должны подвергаться саморегулированию.

Планово-предупредительная с диагностированием:

Применение диагностирования позволит увеличить уровень эксплуатационной надежности автомобильного парка, снизить материальные и трудовые затраты на проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей, уменьшить потребность в технологическом оборудовании и производственно-складских помещениях.

$$I_3 = (C_I + C_{II}) + \Pi(t_n A_{инп} + t_{тр} A_{итр}) + C_d,$$

где t_d – время на одно диагностирование;

C_d – затраты на одно диагностирование.

При планово-предупредительной системе без диагностирования:

$$I_4 = (C_I + C_{II}) + \Pi \cdot (t_n A_{инп} + t_{тр} A_{итр}).$$

При формировании системы технического обслуживания по потребности издержки примут вид:

$$I_5 = C_{II} + \Pi t_{тр} A_{итр}.$$

Минимум этих функций дает оптимальную систему технического обслуживания и ремонта, которая определяет минимальные издержки на эксплуатацию и ремонт автомобиля.

Общие суммарные затраты для всех систем технического обслуживания и ремонта определяются по формуле:

$$\sum I_i = (C_I + C_{II} + C_d) + \Pi \cdot (t_n A_{инп} + t_{тр} A_{итр} + t_d A_{ид}) + (C_{всд} + C_{првсд}) + (C_{сс} + C_{прсс}).$$

Чем больше параметров системы технического обслуживания и ремонта мы будем знать, тем быстрее будет проведено профилактическое воздействие. Необходимо определить, какая из систем наиболее эффективна для предприятия. Поэтому для решения данной задачи необходимо на основе данных об издержках выявить связи между его наиболее вероятными затратами и определить наименьшие.

Если принять во внимание, что динамичная система технического обслуживания и ремонта использует опытно-статистические данные, о функциональной зависимости параметров состояния в зависимости от наработки составной части или автомобиля в целом, о возможных комбинациях симптомов и их связях с неисправностями для каждой неисправности устанавливают вероятность её возникновения и появления каждого симптома. По полученным материалам разрабатывают программу поиска данной неисправности, который ведут в порядке убывания вероятности возникновения различных отказов, характерных для данного симптома, а также используют анкетирование водителя о косвенных признаках возникновения неисправности, событиях предшествовавших возникновению дефекта (прохождении технического обслуживания, перечне операций технического обслуживания, применяемых материалах при ремонте и эксплуатации, режиме работы машины и т. д.) и последующем анализе. Логический метод поиска неисправностей используют для сложных конструктивных элементов, позволяющий определять по внешним признакам предполагаемую неисправность. Такой метод не требует применения дополнительного диагностического оборудования, обладает невысокой трудоёмкостью, не требует от проводящего диагностирование высокой квалификации и специальных знаний, но обладает высокой зависимостью от человеческого фактора.

Данная система технического обслуживания и ремонта позволяет экономить время на поиск неисправности внутри системы с любой вероятностью их возникновения и прогнозировать момент выхода из строя элемента автомобиля.

Для определения величины влияния стоимости введем коэффициент издержек системы диагностирования.

$$Ки1 = \frac{И_1}{\sum И_1}$$

Для определения величины влияния стоимости коэффициент издержек для динамичной системы можно записать как:

$$Ки2 = \frac{И_2}{\sum И_1}$$

Тогда коэффициент издержек для динамичной системы ТО и ТР определится по формуле:

$$Ки_2 = \frac{(C1 + CИ) + П \cdot (tn_{Аип} + t_{рАип}) + (Свед + Спрвед)}{(C1 + CИ + Сд) + П \cdot (tn \cdot Аип + t_{р \cdot Аип} + t_{дАид}) + (Свед + Спрвед) + (Cсс + Спрсс)}$$

Чем больше издержки диагностирования и меньше коэффициент издержек, тем менее экономичный процесс, применяемый для эксперимента.

Исходя из определенных коэффициентов издержек (табл. 1) системы технического обслуживания и ремонта рассмотрим стратегии диагностирования к автомобилям с дизельными двигателями и многоплунжерными насосами.

Таблица 1 - Анализ коэффициентов издержек

Метод	Ки
По потребности	0,81
Планово-предупредительная без диагностирования	0,72
Планово-предупредительная с диагностированием	0,52
Динамичная	0,39
Саморегулирования	0,27

Исходя из анализа таблицы мы видим, что наиболее приемлемой системой является «Саморегулирование», что позволяет существенно снизить затраты, исключить диагностирование и техническое обслуживание. Но на данном этапе развития автомобильного транспорта такая система не может быть применима ко всем элемента автомобиля, поэтому наибольший эффект от применения за динамичной системой.

Правила определения системы можно модифицировать в коэффициенты, что позволяет оценить различные стратегии технического обслуживания и ремонта и выбрать оптимальную для каждого автотранспортного предприятия. Анализ значений коэффициентов позволяет выбрать исходные данные для эксперимента.

Эти данные позволяют сделать следующие практические выводы.

Предупреждение отказов, как правило, более выгодно, чем ожидание отказа и последующий ремонт.

Для современного автомобиля наиболее целесообразна система с двумя-тремя видами технического обслуживания, так как при такой структуре системы удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт с учетом организационных минимальны. Это подтверждается многолетним опытом автомобильного транспорта России и других стран. В России наиболее распространенной в настоящее время является трехступенчатая система технического обслуживания: ежедневное обслуживание (ЕО), технические обслуживания номер один и два (ТО-1 и ТО-2) (с которым может совмещаться СО - сезонное обслуживание). В США, по данным обследования лучших по организации инженерно-технической службы предприятий, трехступенчатую систему, (А, В, С).

Для предприятий с недостаточно организованным техническим обслуживанием (невыполнение перечня, несоблюдение периодичностей) в качестве первого этапа исправления ситуации может быть рекомендована одноступенчатая система технического обслуживания и ремонта с последующим переходом к двум и трем ступеням.

Сокращение организационно-управленческих затрат на реализацию системы (применение персональных электронно-вычислительных машин при учете и планировании, подготовки производства и др.) позволяет по экономическим критериям увеличить число видов технического обслуживания автомобиля, т.е. приблизиться к оптимальным периодичностям отдельных операций.

В перспективе сначала для грузовых автомобилей большой грузоподъемности и автобусов большой вместимости, а затем и для большинства коммерческих автомобилей возможна реализация индивидуальной системы и нормативов технического обслуживания и ремонта для конкретных автомобилей или их групп, работающих в сходных условиях эксплуатации.

Основой такого индивидуального варианта системы будет служить:

- повышение надежности автомобилей и соответствующее увеличение периодичностей технического обслуживания и ремонта;
- контроль за возрастной структурой парка;
- совершенствование системы учета и анализа надежности, затрат, доходов и расходов;
- бортовая система учета работы и диагностирования технического состояния автомобиля.

Проведение перечисленных и других технических и организационных мероприятий способствует повышению производительности труда при проведении технических обслуживаний и ремонтов подвижного состава, обеспечивает сокращение трудовых и материальных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лянденбургский, В. В. Вероятностный подход к построению модели технического состояния автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. П. Бажанов, А. И. Тарасов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. - Пенза: ПГУАС. - 2010. - С. 55-61.
2. Лянденбургский, В. В. Эффективность применения систем диагностирования и саморегулирования при эксплуатации автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. И. Тарасов, А. В. Федосков // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 1. - С. 51-56.
3. Лянденбургский, В. В. Встроенные средства для контроля работоспособности и перемещения автомобилей [Текст]: монография / В. В. Лянденбургский. - Пенза: ПГУАС, 2010. - 112 с.
4. Лянденбургский, В. В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. И. Тарасов, А. В. Федосков, С. К. Кривобок // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 4. - С. 3-9.
5. Лянденбургский, В. В. Морфологический анализ методов поиска неисправностей транспортных средств [Текст] / В. В. Лянденбургский, Ю. В. Родионов, С. А. Кривобок, П. А. Мнекин // Интернет-журнал Науковедение. - 2012. - № 4 (13). - С. 84.
6. Лянденбургский, В. В. Анализ удельных затрат и эффективности применения вероятностно-логического метода поиска неисправностей для автомобилей КАМАЗ [Текст] / В. В. Лянденбургский, Л. А. Долганов // Мир транспорта и технологических машин. - №3. - 2013. - С. 3-8.
7. Лянденбургский, В. В. Коэффициент издержек вероятностно-логического метода поиска неисправностей [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. И. Проскурин, Л. А. Рыбакова // М: Науковедение. - №3. - 2013. - С. 1-7.
8. Лянденбургский, В. В. Морфологический анализ методов определения периодичности технического обслуживания автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. В. Грачев, Л. А. Рыбакова // М: Науковедение. - №3. - 2014. - С. 1-11.
9. Лянденбургский, В. В. Морфологический анализ методов группировки операций технического обслуживания автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, Ю. В. Родионов, Л. А. Рыбакова // Автотранспортное предприятие № 6. - 2014. - С. 28-32.
10. Лянденбургский, В. В. Техническое обслуживание автомобилей и текущий ремонт автомобилей [Текст]: учеб. пособие / В. В. Лянденбургский, А. С. Иванов, А. В. Рыбачков. - Пенза: ПГУАС, 2011. - 134 с.
11. Лянденбургский, В. В. Техническая эксплуатация автомобилей. Лабораторный практикум для лабораторных и практических работ [Текст]: учеб. пособие / В. В. Лянденбургский, А. С. Иванов. - Пенза: ПГУАС, 2014. - 212 с.
12. Лянденбургский, В. В. Система технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, П. А. Мнекин, Л. А. Рыбакова // Проблемы и перспективы развития автомобильного транспорта. – Курган: КГУ. - 2013. - С. 162-168.
13. Лянденбургский, В. В. Компьютерное обеспечение транспорта – важное условие повышения эффективности деятельности автотранспортного предприятия [Текст] / В. В. Лянденбургский, Т. Н. Чудайкина, Е. В. Кравченко // *Matériaľy Mezinárodní vědecko - praktická conference «Innovation is the source of development of national economy» – 2014». - Díl 1. Ekonomické vědy. : Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o – 56-59 stran.*

Лянденбургский Владимир Владимирович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

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

Email: dekauto@pguas.ru

V. V. LJANDENBURSKY

THE COEFFICIENT OF DYNAMIC COSTS OF SYSTEM MAINTENANCE AND CURRENT REPAIR OF VEHICLES

Proposed factor costs for dynamic systems, maintenance and current repair of vehicles. Identified impact costs when forming system maintenance and car repair needs, preventive system without diagnosing, preventive diagnostic, dynamic and self-regulation.

Keywords: *exploitation, car, factor costs, dynamic system, maintenance, repair.*

BIBLIOGRAPHY

1. Lyandenburskiy, V. V. Veroyatnostnyy podkhod k postroeniyu modeli tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. P. Bazhanov, A. I. Tarasov // Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv. - Penza: PGUAS. - 2010. - S. 55-61.
2. Lyandenburskiy, V. V. Effektivnost' primeneniya sistem diagnostirovaniya i samoregulirovaniya pri ekspluatatsii avtomobiley [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. I. Tarasov, A. V. Fedoskov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 1. - S. 51-56.
3. Lyandenburskiy, V. V. Vstroennyye sredstva dlya kontrolya rabotosposobnosti i peremeshcheniya avtomobiley [Tekst]: monografiya / V. V. Lyandenburskiy. - Penza: PGUAS, 2010. - 112 s.
4. Lyandenburskiy, V. V. Veroyatnostno-logicheskiy metod poiska neispravnostey avtomobiley [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. I. Tarasov, A. V. Fedoskov, S. K. Krivobok // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 4. - S. 3-9.
5. Lyandenburskiy, V. V. Morfologicheskiy analiz metodov poiska neispravnostey transportnykh sredstv [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, YU. V. Rodionov, S. A. Krivobok, P. A. Mnekin // Internet-zhurnal Naukovedenie. - 2012. - № 4 (13). - S. 84.
6. Lyandenburskiy, V. V. Analiz udel'nykh zatrat i effektivnosti primeneniya veroyatnostno-logicheskogo metoda poiska neispravnostey dlya avtomobiley KAMAZ [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, L. A. Dolganov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3. - 2013. - S. 3-8.
7. Lyandenburskiy, V. V. Koeffitsient izderzhek veroyatnostno-logicheskogo metoda poiska neispravnostey [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. I. Proskurin, L. A. Rybakova // M: Naukovedenie. - №3. - 2013. - S. 1-7.
8. Lyandenburskiy, V. V. Morfologicheskiy analiz metodov opredeleniya periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. V. Grachev, L. A. Rybakova // M: Naukovedenie. - №3. - 2014. - S. 1-11.
9. Lyandenburskiy, V. V. Morfologicheskiy analiz metodov gruppировки operatsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, YU. V. Rodionov, L. A. Rybakova // Avtotransportnoe predpriyatie № 6. - 2014. - S. 28-32.
10. Lyandenburskiy, V. V. Tekhnicheskoe obsluzhivanie avtomobiley i tekushchiy remont avtomobiley [Tekst]: ucheb. posobie / V. V. Lyandenburskiy, A. S. Ivanov, A. V. Rybachkov. - Penza: PGUAS, 2011. - 134 s.
11. Lyandenburskiy, V. V. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley. Laboratornyy praktikum dlya laboratornykh i prakticheskikh rabot [Tekst]: ucheb. posobie / V. V. Lyandenburskiy, A. S. Ivanov. - Penza: PGUAS, 2014. - 212 s.
12. Lyandenburskiy, V. V. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i tekushchego remonta avtomobiley [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, P. A. Mnekin, L. A. Rybakova // Problemy i perspektivy razvitiya avtomobil'nogo transporta. - Kurgan: KGU. - 2013. - S. 162-168.
13. Lyandenburskiy, V. V. Komp'yuternoe obespechenie transporta - vazhnoe uslovie povysheniya effektivnosti deyatelnosti avtotransportnogo predpriyatiya [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, T. N. Chudaykina, E. V. Kravchenko // Materily I mezinrodn vdecko - praktick conference "Innovation is the source of development of national economy- 2014". - D1 1. Ekonomick vdy.: Praha. Publishing House "Education and Science" s.r.o - 56-59 stran.

Ljandenbursky Vladimir Vladimirovich

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»

Address: 440028, Russia, g. Penza, Titov's street, 28

Candidate techn., assistant professor of "Operation of road transport"

E-mail: dekauto@pguas.ru

УДК 623.437

В. С. ГУНБА

МЕТОДИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕМОНТИРУЕМОГО АГРЕГАТА

Управление техническим состоянием автомобильной техники при выборе стратегии ремонта по техническому состоянию предполагает принятие решения по результатам диагностирования о замене изношенных (повреждённых) деталей. С учётом возможных ошибок при диагностировании, принимаемые решения о восстановлении работоспособности агрегатов автомобилей не очевидны.

Информация о сочетании неисправностей двигателей, вероятность их появления и результаты технического диагностирования, позволяют принимать обоснованные решения о ремонтных воздействиях

Ключевые слова: ремонт по техническому состоянию, диагностирование, управление техническим состоянием, сочетание неисправностей.

Повышение эффективности ремонта автомобильной техники может быть обеспечено путем приведения в соответствие назначаемых ремонтных воздействий их потребности [1].

Процесс принятия решения о замене деталей заключается в контроле с постоянным интервалом времени технического состояния автомобильной техники по диагностическим и структурным параметрам с учетом данных о надежности составных частей агрегатов [2, 3].

Определение технического состояния автомобильной техники и ее составных частей без разборки производится с помощью диагностирования, а в процессе разборки – инструментальной дефектацией [4].

Цель диагностирования при ремонте заключается в выявлении неисправного состояния, причин его возникновения и установлении наиболее эффективного способа устранения.

Обоснованное применение предремонтного диагностирования позволяет [5]:

- своевременное назначение необходимых ремонтных воздействий, исключив вероятность отказа автомобиля в эксплуатации;
- предотвратить преждевременный ремонт отдельных составных частей автомобиля, способных надежно работать до момента очередного диагностирования;
- выработать управляющую информацию о составе и объеме предстоящих ремонтных работ, обеспечивающую эффективное использование технологического оборудования и исполнителей.

При организации ремонта по техническому состоянию агрегатов автомобильной техники перечень операций определяется по результатам технического диагностирования изделия в момент начала ремонта, а также по данным надежности этого изделия или однотипных изделий [6, 7, 8].

При изменении технического состояния автомобильной техники различные неисправности могут частично сопровождаться одинаковыми диагностическими параметрами.

Эффективное управление техническим состоянием двигателей автомобильной техники заключается в принятии решении о назначении ремонтных воздействий на рабочих местах, специализация которых соответствует сочетанию неисправностей [9, 10].

Наличие или отсутствие диагностического признака при определенном диагнозе D_i не является достоверным событием («0» или «1»), а наблюдается с некоторой условной вероятностью $P_{Di}(Y_j)$.

Статистический анализ данных о выполняемых ремонтных работах позволяет выявить наиболее характерные и редкие работы по вероятности их выполнения [11, 12, 13].

Например, имея информацию о сочетании неисправностей двигателей, поступающих в ремонт, и вероятности их появления можно составить матрицу диагнозов и диагностических параметров (табл. 1), в которой наличие признака неисправности обозначается «1», а отсутствие – «0» [14].

Таблица 1 – Характерные варианты группирования диагностических параметров двигателя

Диагностические параметры	Варианты диагнозов						
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇
Y ₁	1	0	1	1	0	1	1
Y ₂	1	0	1	1	0	0	0
Y ₃	0	1	1	0	1	1	1
Y ₄	0	1	1	0	1	0	1
Y ₅	1	1	0	1	0	1	1
Y ₆	1	1	0	0	1	0	0
Решение	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	КР
Y ₁ - Y ₆ - диагностические параметры характеризующие состояния двигателя							

Y₁ – давление в смазочной системе;

Y₂ – суммарный зазор в сопряжениях: шатунная шейка, коленчатый вал и верхняя головка шатуна;

Y₃ – количество газов, прорвавшихся в картер;

Y₄ – компрессия в цилиндрах;

Y₅ – утечка воздуха через клапаны;

Y₆ – утечка воздуха через прокладку головки блока цилиндров.

При постановке диагноза D₁ принимается однозначное решение R₁, которое предполагает ремонтные воздействия по восстановлению работоспособности двигателя путем замены вкладышей коленчатого вала, деталей газораспределительного механизма и прокладки головок блока цилиндров на рабочем месте, специализация которого соответствует сочетанию неисправностей. Принимаемое решение может уточняться по результатам инструментальной дефектации (структурным параметрам) в процессе разборки двигателя. Очевидны и решения R₂, R₃, КР (капитальный ремонт), принимаемые по диагнозам D₂, D₃, D₇.

С учетом возможных ошибок, которые зависят от средств, методов диагностирования и квалификации специалистов, решения R₄, R₅, R₆ по соответствующим диагнозам не очевидны.

Расчет наиболее вероятного диагноза для принятия решения о ремонте по техническому состоянию можно произвести по известной в теории вероятности формуле Байеса [14, 15, 16].

Условная вероятность P_{Y_j(D_i)} получения варианта группирования диагностических параметров D_i и решение о ремонтном воздействии R_s может быть вычислена по формуле

$$P_{Y_j}(D_i) = \frac{P(D_i) \cdot P_{D_i}(Y_j)}{\sum_{S=1}^{K+1} P(D_i) P_{D_i}(Y_j)}, \quad (1)$$

где P_{Y_j(D_i)} – вероятность D_i-го диагноза при наблюдении Y_j-го параметра;

P(D_i) – вероятность D_i-го диагноза;

P_{D_i(Y_j)} – вероятность наблюдении Y_j параметра при диагнозе D_i;

Критерием принятия решения R_s при варианте группирования диагностических параметров D_i являются минимальные потери C_j

$$C_j = \min_k \left\{ \sum_{s=1}^{K+1} P(D_i) P_{D_i}(Y_j) \cdot C_{ks} \right\}, \quad (2)$$

где C_{ks} – потери от ошибочного принятия решения R_k вместо R_s ;

K – принимаемые решения $R_1 - R_6$ ($K+1$ решение о капитальном ремонте двигателя).

При диагностировании двигателя по ряду параметров возможны различные варианты группирования фактически полученных значений параметров относительно допускаемых.

Для принятия рациональных решений, по результатам технического диагностирования, предлагается карта назначения ремонтных воздействий [4].

При пользовании картой назначения ремонтных воздействий, содержащей все возможные варианты группирования диагностических параметров при любых показаниях средств технического диагностирования, двигателю можно назначить требуемое специализированное место ремонта с гарантией минимальных производственных потерь.

Карта для практического использования разработанных правил назначения специализированных рабочих мест оформляется в виде плаката, вывешиваемого на рабочем месте мастера – диагноста.

Критерием эффективности ремонта служит [17, 18, 19].:

- оптимальное число специализированных рабочих мест;
- минимальные суммарные затраты, включающие производственные потери от объединения двигателей с разными сочетаниями неисправностей в одно сочетание ремонтных работ;

- потери от ошибок назначения мест ремонта;

- затраты на выполнение контрольно-диагностических операций.

Эффективность организации ремонта по техническому состоянию достигается хорошо отработанной системой диагностирования, позволяющей принять рациональное решение об объеме и содержании ремонтных воздействий на рабочем месте, специализация которого соответствует сочетанию неисправностей двигателей [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гунба, В. С. Повышение эффективности ремонта двигателей военной автомобильной техники [Текст]: монография / В. С. Гунба. – Рязань: Ряз. воен. автомоб. ин-т., 2006. – 130 с.
2. Карагодин, В. И. Методы обоснования структуры ремонтного цикла автомобилей и их составных частей [Текст] / В. И. Карагодин, Д. В. Карагодин. – М.: МАДИ, 2011. – 157 с.
3. Карагодин, В. И. Централизованный ремонт автомобильных двигателей по техническому состоянию [Текст] / В. И. Карагодин. – М.: МАДИ, 2011. – 94 с.
4. Гунба, В. С. Методика управления техническим состоянием двигателей военной автомобильной техники в процессе ремонта [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Гунба Валерий Сергеевич. – Рязань, 2003. – 147 с.
5. Гунба, В. С. Методика выбора диагностических параметров, средств предремонтного и приремонтного диагностирования [Текст]: сб. научн. тр. / В. С. Гунба; Ряз. воен. автомоб. ин-т. – Рязань, 2007. – Вып. 17. – С. 16 – 20.
6. Гунба, В. С. Система правил управления техническим состоянием военной автомобильной техники [Текст] / В. С. Гунба; Воен. автомоб. ин-т. – Рязань, 2005. – 9 с. – Деп. в ЦСИФ МО РФ 24.03.2005, № А 28292.
7. Гунба, В. С. Методика обоснования стратегии замен деталей военной автомобильной техники [Текст] / В. С. Гунба // Вестник. – Омск: Сиб. отд. академ. воен. наук, 2012. – Вып. 15. – С. 53 – 55.
8. Кутовой, С. С. Методика управления техническим состоянием военной автомобильной техники в процессе ремонта [Текст] / С. С. Кутовой, В. С. Гунба. – Рязань: РВВДКУ, 2013. – 12 с. – Деп. в ЦСИФ МО РФ 04.06.2013, инв. № А31721.
9. Кутовой, С. С. Модель технологических процессов ремонта двигателей военной автомобильной техники [Текст] / С. С. Кутовой, В. С. Гунба; РВВДКУ. – Рязань, 2014. – 16 с. – Деп. в ЦСИФ МО РФ 20.01.2014, № В7535.

10. Гунба, В. С. Имитационное моделирование технологических процессов централизованного ремонта дизелей КамАЗ [Текст] / В. С. Гунба, В. В. Ефремов, С. С. Кутовой. – Рязань: РВВДКУ, 2014. – 9 с. – Деп. в ЦСИФ МО РФ 21.07.2014, инв. № В7611
11. Закономерности изменения технического состояния военной автомобильной техники [Текст] / В. С. Гунба, В. В., Ефремов, С. С. Кутовой. – Рязань: РВВДКУ, 2015. – 11 с. – Деп. в ЦСИФ МО РФ 23.03.2015, инв. № В7662
12. Гунба, В. С. Характеристики ремонтного фонда дизелей КамАЗ [Текст] / В. С. Гунба, В. В., Ефремов, С. С. Кутовой. – Рязань: РВВДКУ, 2015. – 10 с. – Деп. в ЦСИФ МО РФ 23.03.2015, инв. № В7661
13. Гунба, В. С. Методика выявления типовых сочетаний работ по обеспечению работоспособности агрегатов военной автомобильной техники [Текст] / В. С. Гунба; Воен. автомоб. ин-т. – Рязань, 2002. – 9 с. – Деп. в ЦСИФ МО РФ 26.06.2002, инв. № Б 4859
14. Малкин, В. С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. С. Малкин, Ю. С. Булгаков. – Ростов-на-Дону: «Феникс» 2007. – 430 с.
15. Биргер, И. А. Техническая диагностика [Текст] / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
16. Кузнецов, Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей [Текст] / Е. С. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
17. Карагодин, В. И. Формирование и теоретическое обоснование основных направлений эффективного развития фирменного ремонта автомобилей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / Карагодин Виктор Иванович. – М., 1997. – 547 с.
18. Карагодин, В. И. Особенности оценки технического состояния двигателей при их разборке в условиях централизованного ремонта по техническому состоянию / В. И. Карагодин, В. Н. Красовский // тр. МАДИ. – М., 1987. – С. 14 – 23.
19. Карагодин, В. И. Диагностирование и централизованный ремонт двигателей [Текст] / В. И. Карагодин, С. А. Скрипников // Автомобильный транспорт. – 1986. – № 6. – С. 43 – 45.
20. Карагодин, В. И. Обоснование систем предремонтного диагностирования при централизованном ремонте агрегатов автомобилей по техническому состоянию [Текст] / В. И. Карагодин, С. А. Скрипников // тр. МАДИ. – М., 1984. – С. 14 – 21.

Гунба Валерий Сергеевич

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

V. S. GUNBA

**METHOD OF DECISION UNDER UNCERTAINTY
OF TECHNICAL STATE REPAIRED UNIT**

When you seek for the repair strategy of an automobile according to its technical conditions you have to make decisions whether to replace worn (broken) details. Considering the possible errors during the diagnosis the decisions to restore the normal operations of the units are not evident.

The information on combination of engine malfunctions, their probability and the results of technical diagnosis facilitate optimum decisions on overhaul activities.

Keywords: *the repair according to the technical conditions, diagnosis, technical conditions control, combination of engine malfunctions.*

BIBLIOGRAPHY

1. Gunba, V. S. Povyshenie effektivnosti remonta dvigateley voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst]: monografiya / V. S. Gunba. - Ryazan': Ryaz. voen. avtomob. in-t., 2006. - 130 s.
2. Karagodin, V. I. Metody obosnovaniya struktury remontnogo tsikla avtomobiley i ikh sostavnykh chastey [Tekst] / V. I. Karagodin, D. V. Karagodin. - M.: MADI, 2011. - 157 s.
3. Karagodin, V. I. Tsentralizovannyi remont avtomobil'nykh dvigateley po tekhnicheskomu sostoyaniyu [Tekst] / V. I. Karagodin. - M.: MADI, 2011. - 94 s.

4. Gunba, V. S. Metodika upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem dvigateley voennoy avtomobil'noy tekhniki v protsesse remonta [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk / Gunba Valeriy Sergeevich. - Ryazan, 2003. - 147 s.
5. Gunba, V. S. Metodika vybora diagnosticheskikh parametrov, sredstv predremontnogo i priremontnogo diagnostirovaniya [Tekst]: sb. nauchn. tr. / V. S. Gunba; Ryaz. voen. avtomob. in-t. - Ryazan, 2007. - Vyp. 17. - S. 16 - 20.
6. Gunba, V. S. Sistema pravil upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V. S. Gunba; Voен. avtomob. in-t. - Ryazan, 2005. - 9 s. - Dep. v TSSIF MO RF 24.03.2005, № A 28292.
7. Gunba, V. S. Metodika obosnovaniya strategii zamen detaley voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V. S. Gunba // Vestnik. - Omsk: Sib. otd. akadem. voen. nauk, 2012. - Vyp. 15. - S. 53 - 55.
8. Kutovoy, S. S. Metodika upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem voennoy avtomobil'noy tekhniki v protsesse remonta [Tekst] / S. S. Kutovoy, V. S. Gunba. - Ryazan: RVVDKU, 2013. - 12 s. - Dep. v TSSIF MO RF 04.06.2013, inv. № A31721.
9. Kutovoy, S. S. Model' tekhnologicheskikh protsessov remonta dvigateley voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / S. S. Kutovoy, V. S. Gunba; RVVDKU. - Ryazan, 2014. - 16 s. - Dep. v TSSIF MO RF 20.01.2014, № V7535.
10. Gunba, V. S. Imitatsionnoe modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov tsentrali-zovannogo remonta dizeley KamAZ [Tekst] / V. S. Gunba, V. V. Efremov, S. S. Kutovoy. - Ryazan: RVVDKU, 2014. - 9 s. - Dep. v TSSIF MO RF 21.07.2014, inv. № V7611
11. Zakonomernosti izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V. S. Gunba, V. V. Efremov, S. S. Kutovoy. - Ryazan: RVVDKU, 2015. - 11 s. - Dep. v TSSIF MO RF 23.03.2015, inv. № V7662
12. Gunba, V. S. Harakteristiki remontnogo fonda dizeley KamAZ [Tekst] / V. S. Gunba, V. V., Efremov, S. S. Kutovoy. - Ryazan: RVVDKU, 2015. - 10 s. - Dep. v TSSIF MO RF 23.03.2015, inv. № V7661
13. Gunba, V. S. Metodika vyyavleniya tipovykh sochetaniy rabot po obespecheniyu rabo-tosposobnosti agregatov voennoy avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / V. S. Gunba; Voен. avto-mob. in-t. - Ryazan, 2002. - 9 s. - Dep. v TSSIF MO RF 26.06.2002, inv. № B 4859
14. Malkin, V. S. Osnovy ekspluatatsii i remonta avtomobiley [Tekst] : ucheb. posobie dlya vuzov / V. S. Malkin, YU. S. Bulgakov. - Rostov-na-Donu : "Feniks" 2007. - 430 s.
15. Birger, I. A. Tekhnicheskaya diagnostika [Tekst] / I. A. Birger. - M. : Mashino-stroenie, 1978. - 240 s.
16. Kuznetsov, E. S. Upravlenie tekhnicheskoy ekspluatatsiyey avtomobiley [Tekst] / E. S. Kuznetsov. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Transport, 1990. - 272 s.
17. Karagodin, V. I. Formirovanie i teoreticheskoe obosnovanie osnovnykh napravleniy effektivnogo razvitiya firmennogo remonta avtomobiley [Tekst]: dis. ... d-ra tekhn. nauk / Karagodin Viktor Ivanovich. - M., 1997. - 547 s.
18. Karagodin, V. I. Osobennosti otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya dvigateley pri ikh razborke v usloviyakh tsentralizovannogo remonta po tekhnicheskomu sostoyaniyu / V. I. Karagodin, V. N. Krasovskiy // tr. MADI. - M., 1987. - S. 14 - 23.
19. Karagodin, V. I. Diagnostirovanie i tsentralizovannyi remont dvigateley [Tekst] / V. I. Karagodin, S. A. Skripnikov // Avtomobil'nyy transport. - 1986. - № 6. - S. 43 - 45.
20. Karagodin, V. I. Obosnovanie sistem predremontnogo diagnostirovaniya pri tsentralizovannom remonte agregatov avtomobiley po tekhnicheskomu sostoyaniyu [Tekst] / V. I. Karagodin, S. A. Skripnikov // tr. MADI. - M., 1984. - S. 14 - 21.

Gunba Valery Sergeevich

Ryazan Higher Airborne Command School (Military Institute)

Adress: 390031, Russia, g. Ryazan, Margelov Sg 1

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, lecturer of the department of the

E-mail: vs_gunba@mail.ru

УДК 621.43:628.892.2

Н. А. ФЕДИН, С. С. РЯБОВ

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В статье приводятся методы оценки качества отремонтированных двигателей, приведены показатели капитально отремонтированных двигателей сравнение преимуществ и недостатки.

Ключевые слова: новые и отремонтированные двигатели, обкатка, продукты износа, моторное масло, ресурс, качество.

Большой вклад в разработку и совершенствование методов оценки качества отремонтированных двигателей внесли советские учёные: Артемьев Ю.Н., Веденяпин Г.В., Дехтеринский Л.В., Ефремов Б.Б., Казарцев В.И., Кривенко П.М., Левитский И.С., Михлин В.М., Рабинович А.Ш., Селиванов А.И., Суслов В.П., Ташкинов Г.А., Тельнов Н.Ф., Ульман И.Е., Черепанов С.С., Шадричев Б.А. и др.

В ГОСНИТИ под руководством А.И. Селиванова была разработана типовая технология ремонта тракторов, их узлов и агрегатов, которая сыграла большую роль в повышении качества ремонта в сельскохозяйственном производстве.

Кроме того, в ГОСНИТИ была разработана «Методика оценки качества капитально отремонтированных тракторных и комбайновых дизелей», направленная на выпуск из ремонта двигателей с показателями надёжности не менее 80 % от соответствующих показателей новых.

Качество продукции обычно представляют совокупностью технико-экономических и потребительских показателей. Производственное качество продукции характеризуется уровнем показателей и параметров, обеспечиваемых в процессе производства, в сравнении с установленными технической документацией. Потребительские качества выражают показателями, непосредственно связанными с эффективностью использования оцениваемой продукции.

В настоящее время приняты следующие основные виды показателей качества продукции: назначения, надёжности, технологичности, эргономические, эстетические, стандартизации и унификации, патентно-правовые (рис. 1).



Рисунок 1 - Показатели качества капитально отремонтированных двигателей

Согласно ГОСТ 15467–79 формирование качества ремонтируемой продукции происходит следующим образом (рис. 2).

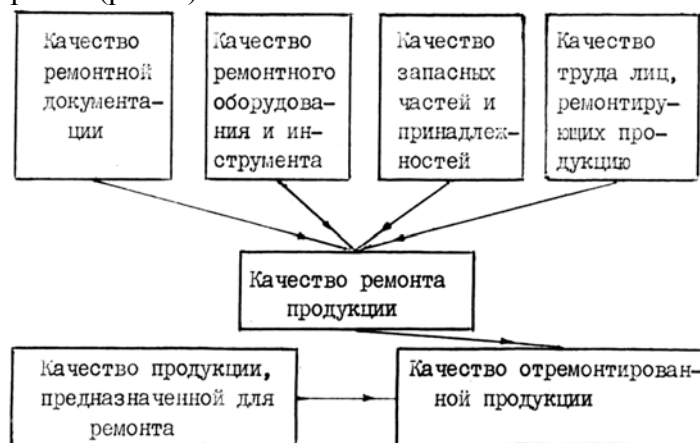


Рисунок 2 - Формирование качества ремонтируемой продукции

При определенной оценке качество отремонтированных однотипных двигателей будет определяться только качеством ремонта, так как качество поступающих в ремонт двигателей приблизительно одного уровня. Поэтому, согласно схеме (рис. 2) качество ремонта – определяющий фактор качества отремонтированной продукции, обусловленный в свою очередь совокупностью свойств технологического процесса ремонта, обеспечивающих его соответствие установленным требованиям.

Показатели качества новых машин, охватывая сферу проектирования, производства, потребления, дают возможность оценивать соответствие технического уровня машин мировым стандартам. Показатели качества отремонтированных машин, охватывая сферу ремонта и дальнейшей эксплуатации, определяют степень влияния факторов ремонтного производства на эксплуатационные показатели, т.е. они в основном сводятся к показателям надёжности.

Для оценки соответствия показателей капитально отремонтированных двигателей требованиям нормативно-технической документации (НТД) на ремонт методикой ГОСНИТИ предусматривается использовать следующие основные группы показателей: назначения, надёжности, эргономические, эстетические, экономические (рис. 1).

К показателям назначения относятся основные параметры двигателя (мощность, частота вращения коленчатого вала, расход топлива, давление масла), обеспечивающие нормальное его функционирование при заданных условиях.

Надёжность – это комплексное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость в отдельности или в определенном сочетании этих свойств, как для объекта в целом, так и для его частей.

Безотказность – свойство двигателя непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. К показателям безотказности ремонтируемых изделий относят вероятность безотказной работы, среднюю наработку до отказа, параметр потока отказов и наработку на отказ. Анализ показывает, что в основном эти показатели определяются временем работы и числом отказов. Определение этих величин требует продолжительных исследований. В работе установлена связь между качеством технологического процесса ремонта двигателей и количеством отказов при их производственной обкатке. Установлена возможность прогнозирования показателей безотказности отремонтированных двигателей по значению параметра потока их отказов при обкатке на ремонтном предприятии.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Показателями долговечности отремонтированных двигателей служат: гамма – процентный ресурс, средний ресурс между капитальными ремонтами, гамма – процентный срок службы, средний срок службы между капитальными ремонтами. Исследования долговечности двигателей базируются на теории прочности и износостойкости деталей и материалов. И если расчёт деталей на прочность в инженерной практике не представляет особой проблемы, то расчёт долговечности деталей с учётом главного их критерия – износостойкости – в теории надёжности машин представляет большую трудность. Изучение закономерностей различных видов изнашивания – ключ к повышению надёжности машин.

Износостойкость – это свойство оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания.

Долговечность двигателя, как правило, определяется только естественным износом сопрягаемых деталей, который рассматривают как постепенный отказ, заключающийся в постепенном изменении одного или нескольких заданных параметров. Долговечность отремонтированных двигателей при ускоренных испытаниях оценивается износостойкостью его деталей.

Ремонтопригодность двигателей – важнейшее эксплуатационно-техническое свойство, закладываемое при их проектировании и изготовлении. Оно показывает, в какой мере приспособлен дизель к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и повреждений, а также устранению их последствий путем проведения ремонтов и технических обслуживаний.

Сохраняемость – свойство двигателя непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения, а также после транспортирования. Показатели сохраняемости не характеризуют качества отремонтированных двигателей вследствие того, что материал деталей, устанавливаемых на ремонтных предприятиях, не отличается от материала заводских (новых) деталей.

Показатели технологичности характеризуют эффективность конструктивно-технологических решений в обеспечении высокой производительности труда при изготовлении и ремонте продукции.

Эргономическими и эстетическими показателями оценивают условия работы и предметного окружения человека. При оценке качества отремонтированных двигателей их влияние незначительно.

Экономические показатели используются при оценке качества продукции как в ремонтном производстве, так и в эксплуатационных условиях.

Уровнем качества продукции называется относительная характеристика, получаемая в результате сравнения совокупности полученных показателей. Базовый показатель качества продукции принят за исходный при сравнительной оценке качества. В связи с тем, что перед ремонтными предприятиями поставлена задача довести ресурс отремонтированных двигателей до 80 % ресурса новых, за базовые могут быть приняты показатели качества нового двигателя.

Относительный (частный) показатель качества продукции – это отношение определяемого показателя качества к соответствующему базовому.

Обобщенный показатель – это комплексный показатель качества продукции, включающий в себя совокупность свойств, которые приняты для оценки её качества.

Уровень качества отремонтированных двигателей предполагается оценивать единичными и обобщенными показателями в сравнении с аналогичными показателями качества базового двигателя (нового). При таком сопоставлении выявляется мера соответствия базовому уровню, а также обнаруживаются показатели, наиболее отличающиеся от базовых. При сопоставлении показателей качества оцениваемых двигателей с базовыми показателями могут возникать следующие варианты.

1. Все относительные показатели качества больше или равны единице. В этом случае уровень качества оцениваемых двигателей не ниже базового уровня.

2. Все относительные показатели качества меньше или равны единице. Тогда уровень качества рассматриваемых двигателей ниже базового уровня.

Из анализа следует, что для разработки метода оценки качества отремонтированных двигателей по результатам анализа моторного масла предстоит более полно обосновать показатели и критерии качества. Необходимо обосновать также их номинальные и допускаемые значения.

Методы оценки качества отремонтированных двигателей классифицируют по месту проведения работ (ремонтно-механический завод, машиноиспытательная станция, условия рядовой эксплуатации), по глубине проверки (частный и обобщенный) и по способу проверки (непосредственный контроль, определение показателей надежности, а также технико-экономических показателей).

На ремонтном предприятии оценка уровня качества капитально отремонтированных двигателей включает следующие этапы: оценка соответствия показателей качества отремонтированных двигателей требованиям нормативно-технической документации (НТД) на ремонт; оценка организационно-технического уровня ремонтного производства; оценка стабильности качества двигателей, выпускаемых из капитального ремонта. Количественная оценка достигнутого уровня качества ремонта не предусматривается.

Многочисленные исследования, посвященные анализу причин появления отказов у разных изделий, показывают, что обычно до 30 % всех отказов обусловлены технологическими факторами. Особенно велика роль этих факторов для изделий повышенной точности и сложности, характерных для современных условий. Причины отказов в этом случае могут классифицироваться следующим образом:

- наличие большого количества дефектных изделий;
- недостаточный уровень технологических возможностей для устранения эксплуатационных дефектов или дефектов предшествующего ремонта;
- несоответствие показателей надежности отремонтированных двигателей существующим требованиям;
- отсутствие оценки надежности при ремонте двигателей.

Технологический процесс ремонта состоит из операций подготовки детали к выявлению дефекта эксплуатации или предшествующего ремонта, выявления этого дефекта и его устранения с применением различных методов восстановления, последующей механической обработки, сборки и испытания. В процессе ремонта двигателей до 40 % общего объема работ приходится на сборочные операции, при которых должны обеспечиваться оптимальные зазоры (натяги), регулируемые параметры (давление, угол впрыска) и другие свойства двигателей, выполняется подбор деталей по величине функциональных параметров (весу, пропускной способности). Пооперационный контроль ремонтируемых деталей и выполняемых технологических операций является составной частью при оценке качества ремонта двигателей в рамках ремонтного предприятия. Правильно разработанные технические условия на ремонт и отсутствие факторов, воздействующих на процесс ремонта двигателей и придающих формированию качества ремонта на предприятии случайный характер, позволили бы оценить надежность при пооперационном определении степени соответствия ремонтируемых двигателей требованиям этих технических условий. Однако такое решение задачи при пооперационном контроле затрудняется, так как вышеприведенные условия не могут быть выполнены, поскольку они предусматривают довольно высокую степень детализации процесса ремонта, экономически невыгодную для ремонтного предприятия, и не учитывают неполного соответствия разрабатываемых технических условий на ремонт требованиям, предъявляемым к надежности отремонтированных двигателей. Поэтому, кроме пооперационного контроля с целью определения единичных показателей, необходимо проводить определение и контроль обобщенных показателей качества отремонтированных двигателей.

Чтобы выявить влияние технологического фактора на надёжность машин и оценить эффективность мероприятий, направленных на повышение качества ремонта и внедряемых на ремонтных предприятиях, проводят стендовые испытания на надёжность.

За последние годы в нашей стране и за рубежом разработан ряд методов оценки долговечности агрегатов по результатам стендовых испытаний на форсированных режимах работы до предельного состояния с использованием ведущего износа основных деталей. При этом предполагается использование коэффициентов перехода (коэффициентов ускорения) от стендовых (или полигонных) испытаний к эксплуатационным.

Как было установлено Б.И.Костецким, в зависимости от внешних факторов (механических воздействий среды, свойств трущихся металлов и состояния трущихся поверхностей) каждая пара сопряженных рабочих деталей имеет свой чётко выраженный износ ведущего вида, лимитирующий срок службы её при эксплуатации. Было установлено, что некоторые пары сопряженных деталей имеют несколько видов износа. Однако каждая деталь имеет наиболее изнашиваемый участок поверхности, где преобладает только один вид износа. Этот преобладающий и отчётливо выраженный вид износа определяет износостойкость всей детали и лимитирует её долговечность.

При обосновании методов ускоренных испытаний двигателей на износостойкость были определены ведущий вид износа основных деталей и способы его форсирования. Ускорить износ, например, деталей цилиндропоршневой группы дизеля можно путем подачи абразива в поступающий воздух и картерное масло, понижения температуры охлаждающей воды и некоторым форсированием работы двигателя по оборотам и нагрузке. Подобные методы ускоренных испытаний двигателей на износостойкость могут быть применены только для сравнительной оценки долговечности отдельных деталей или изделия в целом. Двигатели после таких испытаний становятся полностью непригодными для дальнейшей эксплуатации и нуждаются в ремонте. Это, в свою очередь, значительно повышает экономические затраты, связанные с оценкой качества отремонтированных двигателей. В силу отмеченных недостатков методы ускоренных форсированных испытаний двигателей не получили широкого применения в ремонтном производстве при оценке качества ремонта машин.

Более перспективными для оценки надёжности отремонтированных двигателей являются методы ускоренных испытаний с использованием экстраполяции случайного процесса появления отказов.

Методика стендовых испытаний двигателей, разработанная в НАМИ, основана на введении в двигатель кварцевой пыли. Состояние двигателя, прошедшего испытания на долговечность, оценивают по времени работы двигателя на режиме ввода в него пыли и по приведенному износу гильз цилиндров, поршневых колец, поршней, шеек и вкладышей коленчатого вала. По величине износа деталей проводится сравнительная оценка мероприятий, направленных на повышение износостойкости деталей двигателя.

В НАМИ создана методика определения влияния температурного режима двигателя на скорость изнашивания цилиндров и колец. Износные стендовые испытания состоят из 5 этапов, проводимых при температуре окружающей среды равной -40 ; -5 ; $+15$ и $+35^{\circ}\text{C}$ (дважды). При этом дизель работает на номинальном режиме в общей сложности 350 ч. На каждый из пяти этапов приходится одинаковое количество пусков и прогревов двигателя. Температуру и давление масла поддерживают постоянными.

Центральной исследовательской лабораторией долговечности двигателей ГАЗ совместно с кафедрой «Автомобили и тракторы» Нижегородской государственной с/х академии была создана методика ускоренного определения долговечности двигателей при коррозионном и абразивном изнашивании с целью решения вопроса об изменении или модернизации конструкций двигателей и внедрения новых мероприятий, направленных на повышение их срока службы.

В НАТИ была разработана методика ускоренной оценки долговечности двигателей заводской комплектации. Значения оценочных параметров приняты следующие: уменьшение или увеличение фактической мощности по сравнению с номинальной не более 10 %; увеличение удельного расхода топлива по сравнению с номинальным не более 10 %; увеличение угара масла не более 4 % к расходу топлива.

Рассмотренные методики включают в себя большой комплекс приёмов, каждый из которых воспроизводит один определенный вид изнашивания и предназначен для новых или модернизированных двигателей.

В Санкт-Петербургском государственном аграрном университете разработаны методы ускоренных испытаний отремонтированных двигателей на износостойкость с воспроизведением различных видов изнашивания.

На основании работ ускоренные испытания отремонтированных двигателей можно классифицировать по целям испытаний; по объектам испытаний; по видам разрушений, воспроизводимых при ускоренных испытаниях; по способу ускоренных испытаний; по месту проведения испытаний; по выбранным оценочным показателям износостойкости деталей двигателя.

По целям испытаний ускоренные испытания делятся на три группы: доводочные; контрольные и приёмо-сдаточные, обеспечивающие заданный уровень долговечности двигателей в процессе эксплуатации; исследовательские при модернизации серийно выпускаемых двигателей, при оценке новых материалов и технологических процессов, при анализе различных условий работы на износостойкость двигателей.

Существующие методы нефорсированных стендовых испытаний двигателей с использованием обычных эксплуатационных режимов работы позволяют оценивать их долговечность и безотказность по данным длительных испытаний. Большая стоимость и длительность таких испытаний делают их также малоприменимыми для оценки качества ремонта дизелей в условиях ремонтных предприятий. Кроме того, почти все методы стендовых испытаний с целью оценки долговечности требуют специальной дополнительной подготовки агрегатов перед сборкой и проведением испытаний.

Работами В.А. Дубовикова, Ш.П. Месяцева, В.И. Сиськова, Д.Ф. Холпина и других российских и зарубежных учёных были заложены основы прогнозирования надёжности машин по показателям, определяемым в процессе производства, обкатки и эксплуатационной приработки машин. При условии дальнейшего развития этого направления возможна разработка приемлемых для ремонтных предприятий методов ускоренной оценки качества отремонтированных двигателей в начальные периоды их работы.

Известно, что с ухудшением качества ремонта двигателей увеличивается средняя скорость изнашивания большинства деталей на протяжении всего периода их работы. Поэтому между скоростью изнашивания деталей на этапе их приработки и скоростью изнашивания при дальнейшей работе возможна определенная зависимость. Её выявление и исследование могут позволить сократить необходимую продолжительность контрольных испытаний двигателей при оценке их долговечности.

Проведенные в Санкт-Петербургском государственном аграрном университете исследования показали, что износ капитально отремонтированных двигателей на 20–30 % больше, чем новых. Первоначальные зазоры в основных сопряжениях капитально отремонтированных двигателей на 30–60 % превышают нормативные значения, с которыми двигатели СМД-14 выходили с завода-изготовителя. Часть деталей при ремонте двигателя заменена, новые поставлены в сочетании с изношенными или восстановленными при ремонте. При обезличенной системе ремонта в капитально отремонтированном двигателе оказываются детали разных двигателей, имевших разную наработку. Это обстоятельство необходимо учитывать, поскольку неизбежным следствием его будут форсированный износ деталей в период приработки и увеличение числа отказов, обусловленное неодинаковыми остаточными ресурсами сопряженных деталей.

Предварительно найденные функциональные зависимости изменения во времени признаков работоспособности конкретных деталей или узлов двигателя позволяют добиться сокращения продолжительности испытаний на надёжность.

Основным преимуществом такого рода испытаний является возможность получить необходимую информацию в кратчайшие сроки, сохраняя при этом испытываемое изделие пригодным для дальнейшей эксплуатации.

Для оценки качества промышленной продукции получили распространение следующие методы:

- 1) дифференцированный (с использованием единичных показателей качества);
- 2) комплексный (с использованием средневзвешенных показателей);
- 3) интегральный (с использованием интегрального показателя);
- 4) экономико-статистический.

Анализируя методы для оперативной оценки отремонтированных двигателей, как в условиях ремонтного предприятия, так и в условиях рядовой эксплуатации, приемлем метод для оценки качества их по результатам спектрального анализа моторного масла [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, М. А. Качество моторного масла и надёжность двигателей [Текст] / М. А. Григорьев, Б. М. Бунаков, В. А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 232 с.
2. Федин, Н. А. Качество отремонтированных двигателей [Текст] / Н. А. Федин // Известия вузов. Строительство – Новосибирск, 2000. -№ 1. - С. 81-84.
3. Федин, Н. А. Исследование результатов диагностирования моторного масла для оценки качества отремонтированных двигателей [Текст] // Материалы 1 международной научно-технической конференции. – Пенза: ПГАСА. - 2000. - Ч. 2. - С. 65-68.
4. Федин, Н. А. Оценка качества отремонтированных двигателей [Текст]: монография / Н. А. Федин, Т. Г. Федина. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 132 с.
5. Михлин, В. М. Прогнозирование технического состояния машин [Текст] / В. М. Михлин. - М.: Колос, 1976. - 288 с.
6. Костецкий, Б. И. Трение, смазки и износа в машинах [Текст] / Б. И. Костецкий. – Киев: Техника, 1970. – 396 с.
7. Артемьев, Ю. Н. Качество ремонта и надёжность машин в сельском хозяйстве [Текст] / Ю. Н. Артемьев. – М.: Колос, 1981. - 239 с.
8. Венцель, С. В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / С. В. Венцель. – М.: Химия, 1979. – 249 с.
9. Биргер, И. А. Техническая диагностика [Текст] / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
10. Величкин, И. Н. Ускоренная оценка стойкости деталей дизелей против абразивного износа [Текст] / И. Н. Величкин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 1981. – № 10. – С. 5–7.
11. Величкин, И. Н. Оценка технического состояния цилиндро-поршневой группы без разборки двигателя [Текст] / И. Н. Величкин, Н. Хоменко // Техника в сельском хозяйстве. – 1976. – № 7. – С. 67–69.
12. Волков, С. И. Структура и анализ показателей качества ремонта автотракторных двигателей [Текст] / С. И. Волков. – М.: ЦНИИТЭИ, 1975. – 64 с.
13. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 1975. – 333 с.
14. ГОСТ 15467–79. Управление качеством. Термины и определения [Текст]. – Взамен ГОСТов 15467–70, 16431–70, 17341–71, 17102–71; Введ. 01.07.79. – 25 с.
15. Федин, Н. А. Накопление продуктов износа в моторном масле двигателей внутреннего сгорания [Текст]. – / Н. А. Федин, С. С. Рябов С.С. // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2014. – С. 21-25.
16. ГОСТ 16468–79. Надёжность изделий машиностроения. Система сбора и обработки информации. Основные положения [Текст]. – Взамен ГОСТ 16468–70; Введ. 01.01.80. – 8 с
17. Пономарёв, С. Д. Изгиб многожильных пружин [Текст] / С. Д. Пономарёв Ю. В. А. Оленев. – М.: Машиностроение, 1976. – С. 15–17.
18. Ждановский, Н. С. Диагностика автотракторных двигателей с использованием электронных приборов [Текст] / Н. С. Ждановский, В. А. Аллилуев, В. М. Михлин. – Ленинград-Пушкин: ЛСХИ, 1973. – 127 с.
19. Федин, Н. А. Анализ математического модели процесса накопления продуктов износа в моторном масле и обоснование номенклатуры основных сопряжений двигателя, диагностируемых методом спектрального анализа масла [Текст] / Н. А. Федин Ю. С. С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2014. – С. 3-11.

Федин Николай Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Канд. тех. наук, доцент кафедры «Начертательная геометрия и графика»

E-mail: ngig@pguas.ru

Рябов Сергей Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Студент гр. ЭТМК-11

E – mail: sergryaboff@mail.ru

N. A. FEDIN, S. S. RYABOV

THE ASSESSMENT METHODS OF QUALITY OF REPAIRED ENGINES

The assessment methods of quality of repaired engines are given in the article, the indicators of entirely repaired engines, their comparison, their advantages and disadvantages are also represented.

Keywords: new and repaired engines, a running in, wear products, engine oil, a resource, quality.

BIBLIOGRAPHY

1. Grigor'ev, M. A. Kachestvo motornogo masla i nadezhnost' dvigateley [Tekst] / M. A. Grigor'ev, B. M. Bunakov, V. A. Doletskiy. - M.: Izd-vo standartov, 1984. - 232 s.
2. Fedin, N. A. Kachestvo otremonirovannykh dvigateley [Tekst] / N. A. Fedin // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo - Novosibirsk, 2000. - № 1. - S. 81-84.
3. Fedin, N. A. Issledovanie rezul'tatov diagnostirovaniya motornogo masla dlya otsenki kachestva otremonirovannykh dvigateley [Tekst] // Materialy I mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Penza: PGASA. - 2000. - CH. 2. - S. 65-68.
4. Fedin, N. A. Otsenka kachestva otremonirovannykh dvigateley [Tekst]: monografiya / N. A. Fedin, T. G. Fedina. - Penza: PGUAS, 2010. - 132 s.
5. Mikhlin, V. M. Prognozirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya mashin [Tekst] / V. M. Mikhlin. - M.: Kolos, 1976. - 288 s.
6. Kostetskiy, B. I. Trenie, smazki i iznosa v mashinakh [Tekst] / B. I. Kostetskiy. - Kiev: Tekhnika, 1970. - 396 s.
7. Artem'ev, YU. N. Kachestvo remonta i nadezhnost' mashin v sel'skom khozyaystve [Tekst] / YU. N. Artem'ev. - M.: Kolos, 1981. - 239 s.
8. Ventsel', S. V. Primenenie smazochnykh masel v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya [Tekst] / S. V. Ventsel'. - M.: Himiya, 1979. - 249 s.
9. Birger, I. A. Tekhnicheskaya diagnostika [Tekst] / I. A. Birger. - M.: Mashinostroenie, 1978. - 240 s.
10. Velichkin, I. N. Uskorennaya otsenka stoykosti detaley dizeley protiv abrazivnogo iznosa [Tekst] / I. N. Velichkin [i dr.] // Traktory i sel'khoz mashiny. - 1981. - № 10. - S. 5-7.
11. Velichkin, I. N. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya tsilindro-porshnevoy gruppy bez razborki dvigatelya [Tekst] / I. N. Velichkin, N. Homenko // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. - 1976. - № 7. - S. 67-69.
12. Volkov, S. I. Struktura i analiz pokazateley kachestva remonta avtotraktornykh dvigateley [Tekst] / S. I. Volkov. - M.: TSNIITEI, 1975. - 64 s.
13. Gmurman, V. E. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [Tekst] / V. E. Gmurman. - M.: Vyssh. shk., 1975. - 333 s.
14. GOST 15467-79. Upravlenie kachestvom. Terminy i opredeleniya [Tekst]. - Vzamen GOSTov 15467-70, 16431-70, 17341-71, 17102-71; Vved. 01.07.79. - 25 s.
15. Fedin, N. A. Nakoplenie produktov iznosa v motornom masle dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst]. - / N. A. Fedin, S. S. Ryabov S.S. // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet - UNPK. - 2014. - S. 21-25.
16. GOST 16468-79. Nadezhnost' izdeliy mashinostroeniya. Sistema sbora i obrabotki informatsii. Osnovnye polozheniya [Tekst]. - Vzamen GOST 16468-70; Vved. 01.01.80. - 8 s.
17. Ponomariov, S. D. Izzhib mnogozhil'nykh pruzhin [Tekst] / S. D. Ponomariov YU V. A. Olenov. - M.: Mashinostroenie, 1976. - S. 15-17.
18. Zhdanovskiy, N. S. Diagnostika avtotraktornykh dvigateley s ispol'zovaniem elektronnykh priborov [Tekst] / N. S. Zhdanovskiy, V. A. Alliluev, V. M. Mikhlin. - Leningrad-Pushkin: LSHI, 1973. - 127 s.
19. Fedin, N. A. Analiz matematicheskogo modeli protsessa nakopleniya produktov iznosa v motornom masle i obosnovanie nomenklatury osnovnykh sopryazheniy dvigatelya, diagnostiruemykh metodom spektral'nogo analiza masla [Tekst] / N. A. Fedin YU S. S. Ryabov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet - UNIK. - 2014. - S. 3-11.

Fedin Nikolay Akekseevich

ФГБОУ ВПО «Пенза State University of Architecture and Construction»

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

Candidate tech. science, assistant, professor of «Descriptive Geometry»

E-mail: ngig@pguas.ru

Ryabov Sergey Sergeevich

ФГБОУ ВПО «Пенза State University of Architecture and Construction»

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

Student gr. ETMK-11

E-mail: sergryaboff@mail.ru

УДК 629.113.012.5.001

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

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ЦЕЛИКОМ МЕТАЛЛОКОРДНЫХ ШИН

В статье приведены анализ тенденций развития и совершенствования шин, результаты испытаний целиком металлокордных шин.

Применение таких шин, обладающих высокими характеристиками, на транспортных средствах позволит повысить их ресурс, топливную экономичность, ремонтпригодность и безопасность, в том числе экологическую.

Целиком металлокордные шины позволят также экономить дорогостоящие материалы и ингредиенты в производстве, удовлетворять потребности автотранспорта в шинах при сокращении объема их выпуска.

Ключевые слова: *целиком металлокордная шина; результаты испытаний; тенденции развития и совершенствования шин.*

Отечественная промышленность выпускает массово шины комбинированной конструкции: с текстильным каркасом и металлокордным брекером.

Целиком металлокордные (ЦМК) шины (рис.1) для грузовых и легкогрузовых (коммерческих) автомобилей с точки зрения истории резиновой промышленности, современного состояния и тенденций развития мировой шинной промышленности являются наивысшим достижением [1-3]. По международной классификации такие шины имеют обозначение All steel (рис.2).

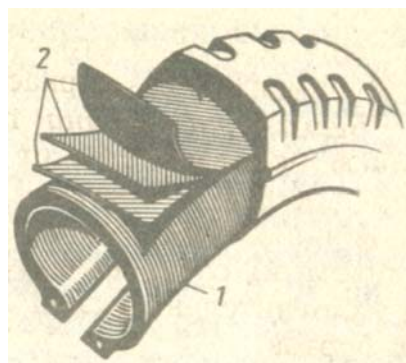


Рисунок 1 - Общий вид целиком металлокордной шины
1 – металлокордный каркас, 2 – металлокордный брекер



а)



б)

Рисунок 2 - Целиком металлокордная шина в односкатной (а) и двускатной(б) компоновке

По комплексу таких показателей, как максимальная скорость, топливная экономичность, ремонтпригодность, способность к утилизации, себестоимость производства и др. ЦМК шины опережают все другие известные конструкции грузовых шин.

Применение металлокорда в каркасе грузовых шин, по сравнению с шинами с текстильным кордом в каркасе позволяет [4, 5]:

- стабилизировать габариты;
- снижать теплообразование в процессе эксплуатации на 15-20 °С;
- повышать грузоподъемность на 10 %;
- улучшать скоростные характеристики;
- повышать ресурс шины с учетом углубления рисунка протектора нарезкой (регривинга) и многократного восстановления протектора на 70-100 %.

Повышенная износостойкость ЦМК шин, многократная ремонтпригодность и экономичность расхода топлива автотранспорта благоприятно сказывается на экологии за счет значительного уменьшения загрязнения окружающей среды выхлопными газами, пылевидными частицами резины и снижения количества свалок из непригодных к утилизации шин [6].

Производство указанных шин позволяет экономить дорогостоящие материалы и ингредиенты, используемые в процессе их изготовления, так как ЦМК шины пригодны к 4-5-ти кратному восстановлению и их суммарный пробег составляет 200-210 тыс. км, что в 1,7-2 раза выше, чем у шин комбинированной конструкции. Следовательно, потребности автотранспорта в шинах могут быть удовлетворены значительно меньшим (в 1,5-2 раза) объемом выпуска шин [7].

Ограничений в области применения ЦМК шин нет. Фирмы Мишлен, Гудьир, Бриджстоун и др. производят ЦМК шины в ассортименте крупно-габаритных шин (КГШ), сверхкрупно-габаритных шин (СКГШ), с регулируемым давлением и т.д. А в условиях скоростного автомобильного транспорта при перевозках грузов и пассажиров на междугородных трассах в режиме длительного безостановочного движения ЦМК шины, благодаря вышеуказанным преимуществам, незаменимы.

Научно-исследовательским институтом шинной промышленности (НИИШП) разработаны и испытаны ЦМК шины в ассортименте коммерческих и среднегабаритных размеров (более 20 типоразмеров), а также технологические процессы и отдельные позиции по оборудованию для их производства в условиях отечественных шинных заводов [8].

Высокие требования, предъявляемые автозаводами к шинам определяются, в первую очередь тем, что влияние шин на эксплуатационные качества современного грузового автомобиля соизмеримо с влиянием силового агрегата, трансмиссии и других важнейших элементов конструкции. Многочисленные результаты лабораторно-дорожных испытаний, которые проводились на КамАЗ, УралАЗ, НИИАТ, НАМИ, НИИШП подтверждают, что автомобиль не может отвечать современным потребительским требованиям, если он не укомплектован современными шинами, в самом широком смысле этого понятия [9].

Кроме того, на формирование технических требований отечественных автозаводов определенное влияние оказывают мировые тенденции и опыт ведущих зарубежных автомобильных фирм в части применяемых шин. По имеющимся данным, более 90 % грузовых радиальных шин, применяемых в Европе сегодня, это ЦМК шины [10].

Анализ литературных данных, каталогов ETRTO, TRA, INUFA, фирменных каталогов показывает, что [11-13]:

- структура типоразмеров и ассортимента грузовых шин существенно менялась в течение 70-80-х годов за счет появления и роста числа бескамерных шин и сформировалась к концу 90-х годов, практически не изменяясь в течение текущего пятнадцатилетия;
- в современном ассортименте бескамерных шин более 30 % - с посадочным диаметром 22,5", и приблизительно по 20 % - 17,5" и 19,5", на остальные типоразмеры приходится менее 30 %;
- выпускается большой диапазон низкопрофильных шин серии 80", 70" и ниже;

- применяются шины уменьшенного диаметра при повышении грузоподъемности автомобиля, то есть шины с уменьшенным внутренним объемом при увеличении ее нагруженности;

- существенно возрастают скорости движения до 140-150 км/час.

Для новых автомобилей требуются бескамерные, низкопрофильные и широкопрофильные современные шины с металлокордом в каркасе и брекере [14].

Металлокорд, обладая высокой теплопроводностью и теплостойкостью, способствует уменьшению напряжений и более равномерному распределению температуры в теле покрышки. Указанное улучшение условий работы резины в шине обеспечивает сохранность ее физико-механических свойств.

Необходимость металлокорда в каркасе указывается, как правило, явно, либо косвенно, исходя из требований по максимальной скорости (130 км/час и выше), коэффициенту сопротивления качению (0,006 и ниже), способности к многократному восстановлению протектора и др., которые могут быть стабильно гарантированы только при применении однослойного металлокордного каркаса. Это приводит к значительному уменьшению толщины каркаса, позволяет увеличивать толщину протектора и срок службы шины.

Металлокорд в брекере повышает прочность каркаса в окружном направлении, улучшает температурный режим шины. Такие шины успешно работают на дорогах с усовершенствованным покрытием и в условиях бездорожья при больших скоростях движения.

Учитывая долю радиальных шин в общем объеме грузовых шин около 60 %, оценена потребность автомобильной промышленности в ЦМК шинах (рис. 2).

Из всех шинных заводов России и СНГ, требуемым условиям для выпуска ЦМК шин, как по качеству ведения процессов, так и по потенциальному росту производства, удовлетворяет лишь «Ярославский шинный завод». На остальных предприятиях («Нижекамскшина», «Волтайр», «Омскшина», «Белшина») имеется минимальный набор специфического для производства ЦМК шин оборудования (агрегатов для изготовления металлокордного слоя каркаса, бортовых колец и сборки шин) с ограниченными возможностями производства.

Учитывая необходимость значительных капиталовложений можно рассчитывать на освоение мощностей «Ярославским шинным заводом» и, возможно, на увеличение, хотя бы, в 2 раза мощностей остальных предприятий до 2020 года.

К этому времени шинная промышленность сможет удовлетворить потребности автомобилестроителей в ЦМК шинах (рис. 3).

В отличие от ставшего уже традиционным для отечественной шинной промышленности технологического процесса производства грузовых радиальных покрышек с текстильным каркасом, для выпуска современных конструкций ЦМК шин потребуется [5]:

- для обеспечения необходимого качества резиновых смесей при выпуске ряда деталей шин проводить резиносмещение в три стадии;

- при изготовлении герметизирующего слоя бескамерных ЦМК шин проводить отработку процесса резиносмещения и переработки резиновых смесей на основе галобутиловых каучуков и натурального каучука (НК);

- общий объем смесей на основе НК при выпуске ЦМК шин увеличить значительно за счет его применения при обрешивании слоя каркаса, выпуске прослойки каркаса и деталей борта;

- для выпуска бортовых колец сложного поперечного сечения, которые вводятся в борт ЦМК шин, использовать специализированные кольцеделательные агрегаты;

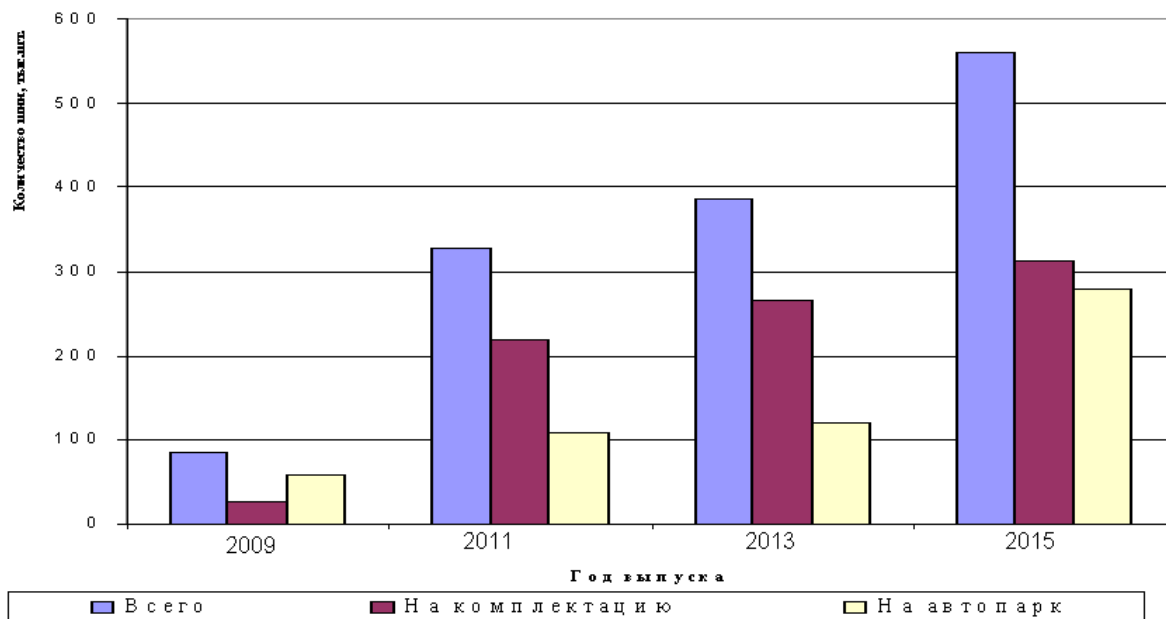


Рисунок 2 - Диаграмма потребности в грузовых и автобусных ЦМК шинах с посадочным диаметром 22,5"

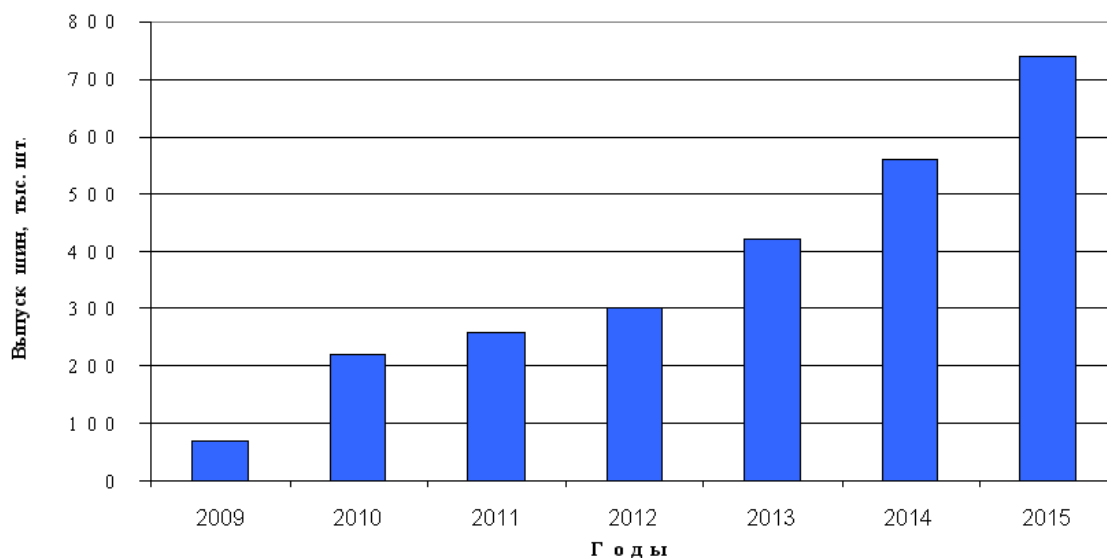


Рисунок 3 - Диаграмма освоения мощностей шинных заводов России и СНГ по выпуску ЦМК шин с посадочным диаметром 22,5"

- для ЦМК шин производить выпуск «высоких» наполнительных шнуров из двух резиновых деталей, накладываемых на бортовые кольца на специализированном оборудовании;
- для обрезаживания и раскроя металлокордовых деталей ЦМК шин, в связи с большим количеством марок металлокорда, в т.ч. и для однослойного каркаса, увеличить количество таких линий и значительно сократить количество оборудования для обрезаживания, раскроя и сквиджевания текстильного корда;
- для ЦМК шин применение специализированного оборудования для выпуска и дублирования герметизирующего слоя;

- при выпуске ЦМК шин методом отдельной сборки подавать на вторую стадию сборки протекторные заготовки, заранее сагрегированные с минибоковинами на линии профилирования с агрегатом сдвоенных или строенных червячных машин;

- для обеспечения точности изделий при выпуске ЦМК шин целесообразность оснащения шинных заводов линиями и агрегатами профилирования для выпуска боковин с деталями брекера, наполнительных шнуров из двух резин и т.д. Исходя из имеющегося технического опыта шинного производства, на первых этапах при организации опытно-промышленного производства ЦМК шин в камерном исполнении для 1-й и 2-й стадии сборки этих шин используется имеющееся на шинных заводах сборочное оборудование (при соответствующей дополнительной модернизации). На последующих стадиях (при расширении объема выпуска шин) проводится переоснащение участков сборки оборудованием, отвечающим всем современным техническим требованиям;

- для вулканизации ЦМК шин НИИШП рекомендует использовать форматоры-вулканизаторы ФВ 63,5", 75" и 1-600, оснащая их механизмами загрузки и секторными прессформами двухфазного действия;

- требования к проведению инспекции качества шин после вулканизации при выпуске ЦМК шин возрастает, что приводит к необходимости оснащать участки инспекции качества высокопроизводительными линиями с установками для рентгенодефектоскопии, измерения статического дисбаланса, геометрической и силовой неоднородности.

Таким образом, при переходе от выпуска грузовых радиальных покрышек с текстильным каркасом к производству ЦМК шин, с учетом возможности использования при выпуске шин новых конструкций части имеющегося на заводах отрасли технологического оборудования (при проведении соответствующей модернизации) потребуются дополнительно:

- линии (агрегаты) профилирования протекторов и боковин с 2-мя и 3-мя червячными машинами;

- агрегаты для раскроя и стыковки металлокордного слоя каркаса;

- оборудование для дублирования гермослоя;

- агрегаты для выпуска бортовых колец из одиночной проволоки;

- оборудование для выпуска наполнительных шнуров и сборки крыльев;

- оборудование для сборки ЦМК шин с посадочным диаметром борта 15";

- станки-агрегаты для сборки ЦМК шин 20" и 22,5" (при расширении объема выпуска);

- устройства для модернизации действующих на предприятиях отрасли форматоров-вулканизаторов;

- двухфазные пресс-формы;

- установки инспекции качества, в том числе: по рентгенодефектоскопии, статическому дисбалансу, геометрической и силовой неоднородности.

Наибольшие капиталовложения при организации производства ЦМК шин, естественно, требуются предприятиям, выпускающим только шины диагональной конструкции, в меньшей мере тем, на которых производятся комбинированные радиальные шины, так как первые не имеют, а на вторых имеется оборудование для подготовки и обработки обрезаемого металлокордного полотна для слоев брекера и бортовых лент.

Обращает на себя внимание тот факт, что чем больше капиталовложений будет сделано в производство, тем менее скажется доля затрат на контроль качества шин и более возрастет доля затрат на оснащение заготовительно-сборочных участков и, наоборот, при минимальных затратах на закупку специфического оборудования и модернизацию существующего, на контроль качества шин придется львиная доля капиталовложений. Причем, представить себе производство ЦМК шин без минимального набора современного оборудования для рентгеноде-

фектоскопии, контроля силовой неоднородности и статического дисбаланса практически невозможно.

Достижению качества ЦМК шин, в отсутствие современного оборудования, будут способствовать в этом случае тщательное выполнение технологических операций и оперативная обратная связь между производством и контролем качества шин.

Технико-экономические расчеты и сравнения показателей производства и эксплуатации ЦМК шин подтверждают, что при использовании современных технологических процессов и оборудования для выпуска металлокордных шин, правильной организации эксплуатации шин на автомобильном транспорте, своевременном и технически грамотном проведении восстановительного ремонта ЦМК шин, производство грузовых и автобусных металлокордных шин будет являться высокоэффективным как для самой шинной промышленности, так и для автомобилестроителей и автотранспортных предприятий.

В качестве примера, подтверждающего этот вывод, ниже приведена таблица 1 с технико-экономическими показателями производства грузовых шин с металлокордом в каркасе и брекере 11.00R20 в сравнении с производством грузовых покрышек 300-508P с текстильным каркасом.

Таблица 1 - Технико-экономические показатели производства грузовых шин 11.00R20 с металлокордом в каркасе и брекере

Наименование показателя	Значение показателя, %	
	11.00R20 ЦМК	300-508P
Расход каучука	89	100
Расход резины	91	100
Расход металлокорда	203	100
Технологическая трудоемкость	80	100
Расход топлива при эксплуатации автомобиля	92-97	100
Эксплуатационный ресурс	150	100
Ремонтопригодность	143	100
Расход текстильного корда	0	100

Эксплуатационная надежность и преимущества ЦМК шин по их конструктивным параметрам следующие:

- меньшая толщина однослойного каркаса ЦМК шин по сравнению с комбинированными позволяет конструкторам применять большую толщину подканавочного слоя протектора, что в свою очередь обеспечивает возможность нарезания рисунка протектора после его износа и тем самым увеличивает ходимость (ресурс) шин;

- меньшая толщина однослойного каркаса ЦМК шин по сравнению с комбинированными шинами благоприятно влияет на тепловой режим работы ЦМК шин;

- меньшая температура в шине благоприятно сказывается на работе шины, так как, во-первых, уменьшается вероятность расслоения между деталями покрышки, и, во-вторых, уменьшается интенсивность износа протектора;

- ЦМК шины сохраняют свои габариты при эксплуатации, т.е. не изнашиваются, в отличие от комбинированных шин;

- каркас ЦМК шин обладает большей усталостной прочностью по сравнению с комбинированными шинами;

- ЦМК шины имеют минимальные гистерезисные потери по сравнению с комбинированными;

- ЦМК шины имеют большую величину запаса по прочности связи корда с резиной.

Проведенные сравнительные испытания ЦМК шин и комбинированных позволили сопоставить многие эксплуатационные характеристики шин, к числу важнейших из которых относятся ресурс, износостойкость, работоспособность и эксплуатационный коэффициент восстановления. В ходе испытаний кроме этого, были получены данные о влиянии подвижного состава, качества дорожного покрытия на долговечность и работоспособность шин.

Проводились сравнительные эксплуатационные испытания шин 11.00R20 с металлокордом в каркасе и брекере (фирм Мишлен, Семперит, Гудьир, Нокиа), комбинированных шин 11.00R20 с 6-ю слоями вязкого корда в каркасе и металлокордом в брекере (фирмы Пирелли) и 300-508P мод. И111А с 6-ю слоями капронового корда в каркасе и металлокордом в брекере (НИИШП).

Шины были установлены на 105 ед. подвижного состава, в том числе на 17 автомобилях-тягачах Мерседес 2232, 17 автомобилях-тягачах Вольво-F-1225, 22 автомобилях-тягачах МАЗ-5432, 30 иностранных полуприцепах различных марок (SD-32, SPC-32, ED-32, Клежефранс, Фрюоф, ИВТ) и на 19 отечественных полуприцепах МАЗ-93971. Шины всех фирм в одинаковых соотношениях устанавливались на различные марки тягачей и полуприцепов.

Автомобили работали в условиях обычной эксплуатации международных перевозок. В среднем 63 % работы подвижного состава приходилось на страны Западной Европы, в том числе: 14 % на Скандинавию, 37 % по дорогам России. Средние скорости подвижного состава на прямых участках трасс – 70 км/час, коэффициент использования грузоподъемности 0,658-0,747; коэффициент использования пробега 0,792-0,837.

Испытания показали, что металлокордные шины, предназначенные для эксплуатации в условиях международных перевозок, имеют высокую работоспособность и долговечность. Средний пробег металлокордных шин, с учетом нарезки рисунка в подканавочном слое протектора, составил 123-148 тыс.км при интенсивности износа 0,07-0,08 мм/тыс.км.

Отечественные шины 300-508P мод. И-111А с применением текстильного корда в каркасе и металлокорда в брекере в условиях международных перевозок имели ожидаемый пробег 104 тыс.км, что на 16-30 % меньше, чем импортные, а интенсивность износа 0,10 мм/тыс.км, что на 20-30 % выше, чем у импортных.

Однако, в ходе испытаний было выявлено существенное влияние подвижного состава на основные показатели качества шин:

- средняя интенсивность износа шин на отечественных тягачах в 1,6 раза выше, чем на импортных;
- интенсивность износа шин на отечественных полуприцепах в 1,5 раза выше, чем на импортных полуприцепах;
- наибольшая интенсивность износа всех шин и наименьший пробег наблюдается на автомобилях-тягачах МАЗ-5432 и полуприцепах МАЗ-93971;
- средний пробег импортных металлокордных шин на отечественных автомобилях-тягачах составил 98 тыс. км, на импортных тягачах 147 тыс. км;
- в процессе эксплуатации шин был отмечен неравномерный износ ряда шин по окружности, которая характеризовалась различием в минимальных и максимальных значениях (размахом) оставшейся высоты рисунка протектора каждой шины в разных сечениях по центральным канавкам: наибольшую неравномерность износа среди импортных шин имели шины фирмы Семперит – размах до 2 мм – 79 % шин; примерно такой же неравномерностью износа характеризовались и шины НИИШП;
- шины фирмы Гудьир и Мишлен характеризовались очень высокой равномерностью износа – размах до 2 мм имели 93-99 % шин;
- к восстановлению рисунка протектора было пригодно в среднем 40 % металлокордовых шин при среднем пробеге 138 тыс. км (у шин фирмы Пирелли к восстановлению было пригодно 32 % шин при среднем пробеге 150 тыс. км);
- прирост ходимости шин за счет нарезки рисунка протектора составил значения, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Прирост ходимости шин за счёт нарезки рисунка протектора

Фирма	Количество нарезанных шин, шт.(%)	Глубина нарезки, мм	Прирост ходимости	
			тыс. км	%
Мишлен	84(53)	3,0-3,4	26,4-67	12
Гудьир	26(24)	3,2	24	6
Нокиа	14(8)	1,9-2,6	7	1
Семперит	73(45)	2,7-2,8	14,8-19	7
Пирелли	26(34)	2,6-2,8	7,4-19	2

Оценка технологической ремонтпригодности шин 11.00P20 после испытаний проводилась по результатам восстановления шин в НИИШП. В процессе восстановления было отбраковано в среднем 24,8 % шин с металлокордом в каркасе и брекере и 19,5 % комбинированных шин фирмы Пирелли. Самый высокий уровень технологической ремонтпригодности наблюдался у металлокордных шин фирмы Гудьир (88,2 %), самый низкий уровень – у шин фирмы Семперит (72,6 %). Наибольшая часть шин фирмы Семперит была отбракована на стадии их шероховки из-за скрытых расслоений брекера.

У шин фирмы Нокиа и Мишлен, имеющих наибольшие габаритные размеры, 10-15 % шин были отбракованы из-за деформации каркаса в прессформе при вулканизации. Эксплуатационный коэффициент ремонтпригодности металлокордных импортных шин составил в среднем 57,9 %, что на 11,2 % выше, чем у импортных комбинированных шин (табл. 3).

Суммарный коэффициент пригодности к восстановлению импортных шин 11.00R20 с металлокордом в каркасе и брекере составил в среднем 43,5 %, что на 5,9 % выше, чем у комбинированных шин. Условия эксплуатации шин характеризовались тем, что примерно половина протяженности маршрутов приходилась на зарубежные дороги с высокой культурой обслуживания.

Таблица 3 - Показатели пригодности к восстановлению шин 11.00P20 после специальных эксплуатационных испытаний

Изготовитель шин	Коэффициент пригодности к восстановлению, %		
	эксплуатационный	технологический	суммарный
Мишлен	54,8	76,2	41,8
Семперит	59,7	72,6	43,3
Гудьир	50,0	88,2	44,1
Нокиа	61,8	73,1	45,2
Итого: металлокордных шин	57,9	75,2	43,5
Пирелли	46,7	80,5	37,6

Позднее, проведенные исключительно на отечественных дорогах сравнительные эксплуатационные испытания шин 9.00R20 модели И-Н142Б-1 «Омкшина» (комбинированных) и шин 9.00P20 XZY, XZB фирмы Мишлен (с металлокордом в каркасе и брекере) также показали преимущество ЦМК шин по всем важнейшим эксплуатационным показателям перед комбинированными шинами. Испытания проводились на базе Владимирского АТП на 18 автомобилях КамАЗ-5320 и 2 автомобилях КамАЗ-5410 с соответствующим прицепным составом (автопоезда КамАЗ-5320 с прицепами ГКБ-8350 и КамАЗ-5410 с полуприцепами ЧМЗАП-9985).

Дорожные условия и эксплуатационные режимы работы испытываемых автомобилей являлись типичными для Владимирского АТП: 10 автомобилей КамАЗ-5320 – перевозка щебня по маршруту карьер «Мелехово» - г.Владимир, 2 автомобиля КамАЗ-5320 – внутригородские перевозки, 6 автомобилей КамАЗ-5320 и 2 автомобиля КамАЗ-5410 – междугородные перевозки. Испытывалось 180 шин фирмы Мишлен и 180 шин ПО «Омкшина».

На ведущие колеса автомобилей фирмой Мишлен были рекомендованы шины модели XZB, на ведомые колеса автомобилей и прицепов – шины модели XZY. Обе модели имели

идентичную конструкцию и отличались только типом рисунка протектора: у шин модели ХЗВ он более расчлененный, что обеспечивает им более высокие сцепные свойства.

В ходе испытаний было отмечено, что отечественные комбинированные шины, эксплуатирующиеся на передних колесах тягачей и прицепах, в большей степени подвержены неравномерному износу, чем шины ЦМК фирмы Мишлен: перепад по шашке грунтозацепа протектора (ступенька) у шин НИИШП в среднем составлял до 6 мм, у шин фирмы Мишлен – до 3 мм.

Надежность шин модели И-Н142Б-1 «Омкшина» оказалась ниже, чем шин фирмы Мишлен. Работоспособность и ремонтпригодность отечественных шин в значительной степени снижалась из-за дефекта «расслоение брекер-каркас», наступающего в основном на шинах, эксплуатирующихся на передних осях автомобилей.

На уровне выполненного пробега 154-187 тыс. км было снято с испытаний 61 шина фирмы Мишлен и 87 шин «Омкшина», из них 32 отечественные шины имели производственные дефекты, 42 шины фирмы Мишлен и 21 шина «Омкшина» сняты с испытаний для нарезки рисунка протектора.

Испытания показали преимущества шин ЦМК фирмы Мишлен перед отечественными комбинированными шинами по более равномерному износу рисунка протектора, возможности нарезки рисунка протектора на большую глубину, полному отсутствию выхода шин по производственным дефектам, высокой ремонтпригодности. Обобщенные результаты сравнительных испытаний шин ЦМК и комбинированных шин приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Обобщенные результаты сравнительных эксплуатационных испытаний шин ЦМК и комбинированных шин

Наименование показателя	9.00R20		11.00R20	
	ЦМК (Мишлен)	Комбинированные («Омкшина»)	ЦМК (Мишлен, Гудьир, Семперит, Нокиа)	Комбинированные (Пирелли, НИИШП)
Интенсивность износа, мм/тыс.км	0,078	0,106	0,07-0,08	0,10
Ходимость шин (ресурс), тыс. км	198	177	123-148	104
Выход шин по производственным дефектам, % при среднем пробеге, тыс. км	-	17,8	0,35	0,97
Эксплуатационный коэффициент восстановления, %	100	-	57,9	46,7

Проводилась также оценка теплового состояния шин на Дмитровском автополигоне. Шины поочередно устанавливались на автомобиль МАЗ-5332 (позицию заднего внутреннего колеса) при нагрузке 25000 Н, $P_v=0,67$ МПа и скорости 60 и 80 км/час. Температура окружающего воздуха колебалась от 17 до 25 °С. Замеры температуры проводились во время движения датчиками с терморезисторами, ввернутыми в шину. Замеры максимальных температур шин, проведенных при различных скоростях движения показали, что наиболее интенсивно при изменении скорости движения от 60 до 80 км/час растет температура комбинированных шин фирмы Пирелли (на 17 °С), наименее интенсивно – температура ЦМК шин (на

11⁰С). Температура шин 300-508Р модели И-111А при увеличении скорости движения от 60 до 80 км/ч изменяется на 14⁰С.

Таким образом, исходя из проведенного анализа тенденций развития и совершенствования шин передовых зарубежных фирм, отечественного опыта эксплуатации, выполненных НИР и ИР, перспективными направлениями для шин автомобилей следует считать:

- отказ от производства шин диагональной конструкции и использования текстильного корда с переходом к более прогрессивным радиальным шинам в бескамерном исполнении с целиком металлокордным (ЦМК) каркасом и брекером;

- разработку и реализацию в эксплуатации шин безопасной конструкции «каркасного» типа или возможности установки внутреннего упругого ограничителя деформации без снижения эффективности регулирования внутреннего давления воздуха в шинах для движения по деформируемым грунтам, с определением пределов регулирования этого давления или радиальных прогибов шин, применением протектора повышенной проходимости с развитыми грунтозацепами в плечевой части и более насыщенным расчлененным рисунком по центру беговой дорожки;

- обеспечение возможности ремонта проколов и пробоев в шине без демонтажа ее с обода или, в критических ситуациях, возможности движения автомобиля без избыточного давления воздуха в шинах;

- снижение гистерезисных потерь в шине, а следовательно энергетических затрат на качение, температуры разогрева и ходимости шин за счет применения шин ЦМК, новых, более совершенных полимерных материалов для изготовления шин;

- применение разъемных герметичных ободьев с резинокордным распорным кольцом или внутренним неподвижным ограничителем деформации, обеспечивающими надежную посадку шины на обод и герметичность.

- реализация передового опыта совершенствования отечественных шин потребует существенных инвестиций в шинную промышленность РФ для проведения ОКР по созданию перспективных образцов шинной продукции, для замены морально и физически устаревшего технологического оборудования, освоения в производстве новых эффективных материалов (4-5 видов каучуков, наполнителей, химических добавок, армирующих материалов, металлокорда) для шин ЦМК и в том числе для радиальных КГШ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарновский, В. Н. Автомобильные шины. Устройство, работа, эксплуатация, ремонт [Текст] / В. Н. Тарновский, В. А. Гудков, О. Б. Третьяков. - М.: Транспорт, 2010. - 272 с.
2. Веселов, И. В. О некоторых тенденциях технического прогресса в шинной промышленности [Текст] / И. В. Веселов, С. А. Любартович // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 18 симпозиум. - 2007. - С. 5-26.
3. Бирюков, Б. А. Концепция развития перспективных конструкций металлокорда [Текст] / Б. А. Бирюков, В. П. Фетисов, А. И. Шурушалов // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 16 симпозиум. - 2005. - С. 60-64.
4. Каспаров, А. А. Исследование влияния конструктивных параметров брекера и их изменения в процессе изготовления на выходные характеристики ЦМК шин [Текст] / А. А. Каспаров, В. П. Иванова, Т. Н. Володина // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 14 симпозиум. - 2003. - С. 211-225.
5. Веселов, И. В. Тенденции развития технологии производства шин [Текст] / И. В. Веселов, М. Р. Зарецкий // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 14 симпозиум. - 2003. - С.3-33.
6. Евзович, В. Е. Шины "Green Diamond" – сочетание эксплуатационной и экологической безопасности [Текст] / В. Е. Евзович, В. Д. Россин // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 21 симпозиум. - 2010. - С. 141-156.
7. Веселов, И. В. Потенциальные возможности создания перспективных конструкций и технологии изготовления автошин с регулируемым давлением [Текст] / И. В. Веселов, Г. П. Майоров // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 16 симпозиум. - 2005. - С. 71-82.
8. Направление развития шинной промышленности до 2015 г. о конъюнктуре мировой шинной промышленности. Экспресс-информация. Шинная промышленность. - М.: 2010.
9. Обухова, Е. В. Обзор результатов полевых испытаний шин «Волгайр» [Темы] / Е. В. Обухова // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 21 симпозиум. - 2010. - С. 92-101.

10. Веденеев, А. В. Металлокорд с полным проникновением резиновой смеси в структуру [Текст] / А. В. Веденеев // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 17 симпозиум. - 2006. - С. 70-79.
11. Любартович, С. А. Перспективные шинные технологии [Текст] / С. А. Любартович // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 17 симпозиум. - 2010. - С. 5-25.
12. Веселов, И. В. Инновационный потенциал шинной промышленности РФ и мероприятия по его реализации [Текст] / И. В. Веселов, С. А. Любартович // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 16 симпозиум. - 2005. - С. 5-16.
13. Исследование основных направлений создания и определение методов повышения уровня технических характеристик и эксплуатационных свойств перспективных транспортных средств: Отчет о НИР / 21 НИИ МО РФ, инв. 8735 – Бронницы, 2010. – 169 с.
14. Басаран, М. Перспектива армирующих материалов шин и в частности металлокорда [Текст] / М. Басаран // М.: Проблемы шин и резинокордных композитов, 20 симпозиум. - 2009. - С. 102-104.
15. Абрамов, В. Н. Расчетная оценка параметров проходимости полноприводного автомобиля при повреждении клесного двигателя [Текст] / В. Н. Абрамов, Т. А. Аипов, Г. П. Новиков, В. Б. Каспаров // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 1(48). - С. 19-26.

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, Россия, г. Бронницы, Московская область, ул. Советская, д. 106
Д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник
E-mail: tabakar456@mail.ru

Гербер Александр Григорьевич

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

Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. Маргелова, д.1
Доцент кафедры «Автомобильная служба»

Каспаров Владислав Борисович

НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, Россия, г. Бронницы, Московская область, п. Горка, д. 15
Начальник научного управления
E-mail: vladislav_2802@mail.ru

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

PROSPECTION DEVELOPMENT WHOLLY METALLOKORD BUSES

In article are brought analysis trend developments and improvements of the buses, results of the test wholly cordmetals buses.

Using of such buses, possessing high feature, on transport facility will allow raise their resource, fuel economy, maintainability and safety, including ecological.

Wholly cordmetals buses will allow also to spare the high-priced material and components in production, satisfy need of the motor transport in bus at reduction amounts their issue.

Keywords: *wholly cordmetals bus; the results of the test; trends of the development and improvements of the buses.*

BIBLIOGRAPHY

1. Tarnovskiy, V. N. Avtomobil`nye shiny. Ustroystvo, rabota, ekspluatatsiya, remont [Tekst] / V. N. Tarnovskiy, V. A. Gudkov, O. B. Tret`yakov. - М.: Transport, 2010. - 272 s.
2. Veselov, I. V. O nekotorykh tendentsiyakh tekhnicheskogo progressa v shinnoy promyshlennosti [Tekst] / I. V. Veselov, S. A. Lyubartovich // М.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 18 simpozium. - 2007. - S. 5-26.

3. Biryukov, B. A. Kontsepsiya razvitiya perspektivnykh konstruksiy metallokorda [Tekst] / B. A. Biryukov, V. P. Fetisov, A. I. Shurshalov // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 16 simpozium. - 2005. - S. 60-64.
4. Kasparov, A. A. Issledovanie vliyaniya konstruktivnykh parametrov brekera i ikh izmeneniya v pro-tsesse izgotovleniya na vykhodnye kharakteristiki TSMK shin [Tekst] / A. A. Kasparov, V. P. Ivanova, T. N. Vo-lodina // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 14 simpozium. - 2003. - S. 211-225.
5. Veselov, I. V. Tendentsii razvitiya tekhnologii proizvodstva shin [Tekst] / I. V. Veselov, M. R. Za-retskiy // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 14 simpozium. - 2003. - S.3-33.
6. Evzovich, V. E. Shiny "Green Diamond" - sochetanie ekspluatatsionnoy i ekologicheskoy bezopasnosti [Tekst] / V. E. Evzovich, V. D. Rossin // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 21 simpozium. - 2010. - S. 141-156.
7. Veselov, I. V. Potentsial'nye vozmozhnosti sozdaniya perspektivnykh konstruksiy i tekhnologii izgotovleniya avtoshin s reguliruemym davleniem [Tekst] / I. V. Veselov, G. P. Mayorov // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 16 simpozium. - 2005. - S. 71-82.
8. Napravlenie razvitiya shinnoy promyshlennosti do 2015 g. o kon'yunkte mirovoy shinnoy promyshlennosti. Ekspress-informatsiya. Shinnaya promyshlennost'. - M.: 2010.
9. Obukhova, E. V. Obzor rezul'tatov polevykh ispytaniy shin "Voltayr" [Temy] / E. V. Obukhova // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 21 simpozium. - 2010. - S. 92-101.
10. Vedeneev, A. V. Metallokord s polnym proniknoveniem rezinovoy smesi v strukturu [Tekst] / A. V. Vedeneev // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 17 simpozium. - 2006. - S. 70-79.
11. Lyubartovich, S. A. Perspektivnye shinnye tekhnologii [Tekst] / S. A. Lyubartovich // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 17 simpozium. - 2010. - S. 5-25.
12. Veselov, I. V. Innovatsionnyy potentsial shinnoy promyshlennosti RF i meropriyatiya po ego rea-lizatsii [Tekst] / I. V. Veselov, S. A. Lyubartovich // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 16 sim-pozium. - 2005. - S. 5-16.
13. Issledovanie osnovnykh napravleniy sozdaniya i opredelenie metodov povysheniya urovnya tekhnicheskikh kharakteristik i ekspluatatsionnykh svoystv perspektivnykh transportnykh sredstv: Otchet o NIR / 21 NI-II MO RF, inv. 8735 - Bronnitsy, 2010. - 169 s.
14. Basaran, M. Perspektiva armiruyushchikh materialov shin i v chastnosti metallokorda [Tekst] / M. Basaran // M.: Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov, 20 simpozium. - 2009. - S. 102-104.
15. Abramov, V. N. Raschetnaya otsenka parametrov prokhodimosti polnoprivodnogo avtomobilya pri pov-rezhdenii klesnogo dvizhitelya [Tekst] / V. N. Abramov, T. A. Aipov, G. P. Novikov, V. B. Kasparov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - № 1(48). - S. 19-26.

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"

Adress: 140170, g. Bronnitsy, Moscow area, str. Soviet, d. 106

Doctor of the technical sciences, professor, main scientific employee

E-mail: tabakar456@mail.ru

Gerber Alexander Grigorievich

Ryazanskoe high air - an desant command school (the Military institute) of the name of the general to armies V.F. Margelova – RVVDKU

Adress: 390031, Rossia, g. Ryazani, pl. Margelova, d.1

Assistant professor of the pulpit "Car service".

Kasparov Vladislav Borisovich

NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Adress: 140170, Rossia, g. Bronnitsy, Moscow area, p. Hutch, d. 15

Chief of scientific management

E-mail: vladislav_2802@mail.ru

УДК 621.43.01, 004.94

В. С. ЯНЧЕНКО, Н. Н. КИПЕНСКАЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВС

Рассмотрены вопросы функционального моделирования рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. Описано построение системы моделирования на базе сочетания диаграмм IDEF0 в Microsoft Visio, математической среды Scilab (Scicos/Xcos) и электронных таблиц Microsoft Excel. Приведены примеры функциональной схемы и диаграмм IDEF0.

Ключевые слова: функциональное моделирование; рабочий процесс ДВС; IDEF0.

Математическое моделирование процессов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является весьма сложной задачей, так как при этом необходимо рассматривать комплекс газодинамических и гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов, сопровождающихся химическими реакциями. Рабочее тело представляет собой многокомпонентную систему, претерпевающую значительные изменения. Необходимо рассматривать большое количество параметров, как внешних, так и внутренних. Некоторые из них являются справочными данными или принимаются на основе экспериментальных исследований.

Математическому моделированию ДВС посвящено достаточно много исследований, начиная с работ В.И. Гриневецкого, Н.Р. Брилинга и Е.К. Мазинга. Аналитические математические модели представляют собой системы дифференциальных и алгебраических уравнений, описывающих последовательно процессы, составляющие термодинамический цикл ДВС. При этом поиск оптимального сочетания конструктивных и эксплуатационных параметров требует выполнения большого количества вычислений [1].

С появлением компьютерной техники и развитием в связи с этим вычислительной математики были разработаны методы решения гидродинамических и теплообменных задач на основе метода конечных разностей и метода конечных элементов. Так же успешно решались оптимизационные задачи для описания наиболее эффективных режимов работы ДВС [2-14]. В настоящее время рабочий процесс ДВС как объект для математического моделирования рассматривается в качестве многокомпонентной динамической системы. Такой подход позволяет моделировать переходные и частичные режимы работы, задавать обратные связи, интерактивно изменять переменные параметры в уравнениях. Успешно используются математические среды, позволяющие строить визуальные модели на основе применения парадигм объектно-ориентированного моделирования (ООМ). Это такие продукты, как VisSim (семейство Mathcad), Simulink (семейство Matlab), Mathematic, Modelica, MVTU, GPSS и другие. Одним из перспективных подходов является использование формализма гибридного автомата, этот подход реализован, например, в MvSnidium, Scicos/Xcos (семейство Scilab) [15]. Компьютерное моделирование ДВС стало составляющей частью системы САПР в научных организациях и предприятиях данного профиля.

При проектировании таких сложных математических моделей, как рабочие процессы ДВС, возникают проблемы адекватной декомпозиции, рациональных связей для передачи данных между элементами модели, интерактивного управления, как локального, так и глобального. Поэтому представляется обоснованным предварительное построение функциональной модели. Разработано несколько методов создания функциональных моделей проектов, технологических устройств и процессов. Наиболее известно функциональное моделирование в стандарте IDEF0 (США) [16-20]. Основной концептуальный принцип методологии IDEF0 – представление любой изучаемой системы в виде набора взаимодействующих и взаимосвязанных блоков, отображающих процессы, операции, действия, происходящие в изуча-

емой системе. В качестве вычислительной системы необходимо использовать математические пакеты, в которых составляются программы для решения систем уравнений. Функциональная модель при этом должна на низшей ступени декомпозиции представлять собой блоки, совпадающие с элементарными, простейшими процессами (системами уравнений) и формулами для расчета параметров циклов ДВС.

Важен выбор программных продуктов для реализации этих трех составляющих проекта: программа для функционального моделирования, программа для математического численного моделирования, программа для создания базы данных и обмена данными. В описываемой работе используются следующие программы:

а) функциональная модель рабочего процесс ДВС составляется с использованием программы Microsoft Visio, которая является приложением пакета Microsoft Office. В этой программе при помощи включенных в него средств составляется требуемая иерархия диаграмм в стандарте IDEF0. Замечательной особенностью диаграмм Microsoft Visio является возможность связать фигуры с данными в определенных базах данных, например, с электронной таблицей Microsoft Excel;

б) программы для математических вычислений составляются в математической среде Scilab. Преимуществами этого пакета является его открытость, свободное распространение, кроссплатформенность, а математические возможности сопоставимы с Matlab. Кроме того, Scilab и его приложения для визуального моделирования Scicos/Xcos имеют возможности применения формализма гибридного автомата, что упрощает проектирование и управление визуальной моделью. Scilab имеет также средства обмена данными с Microsoft Excel;

в) для хранения справочных данных, обмена данными между диаграммами Microsoft Visio и математической моделью Scilab (Scicos/Xcos), а также их частичной обработкой используется электронная таблица Microsoft Excel.

Схема системы для такой комплексной модели приведена на рисунке 1.

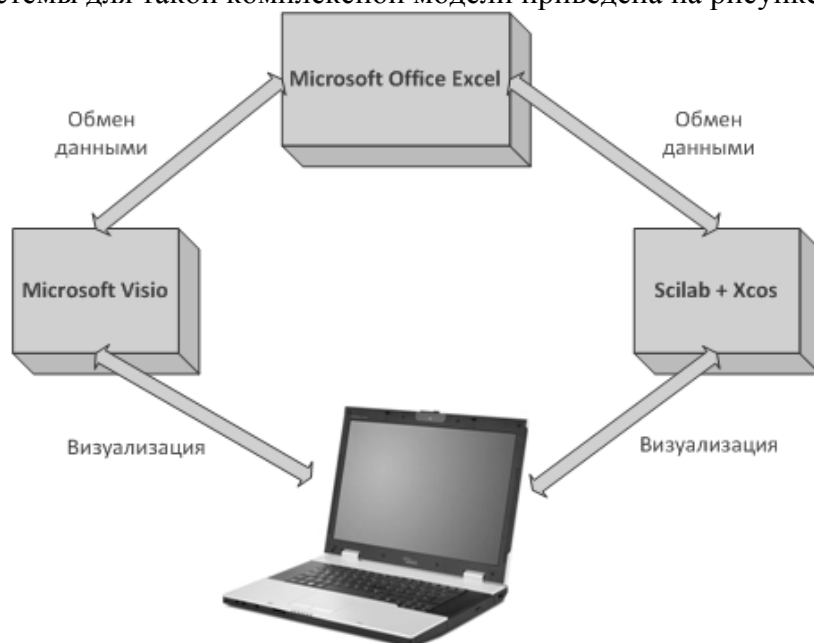


Рисунок 1 – Общая схема модели и обмена данными

В качестве примера рассмотрим функциональную IDEF0-модель для моделирования рабочего процесса карбюраторного ДВС.

Перечень узлов модели может быть представлен иерархической схемой, как на рисунке 2. На рисунке 3 приведена контекстная диаграмма верхнего уровня А-0. А на рисунке 4 – верхняя дочерняя диаграмма. В блоке А1 создается база справочных данных; эта операция осуществляется в электронной таблице Microsoft Excel, с которой связан данный блок.

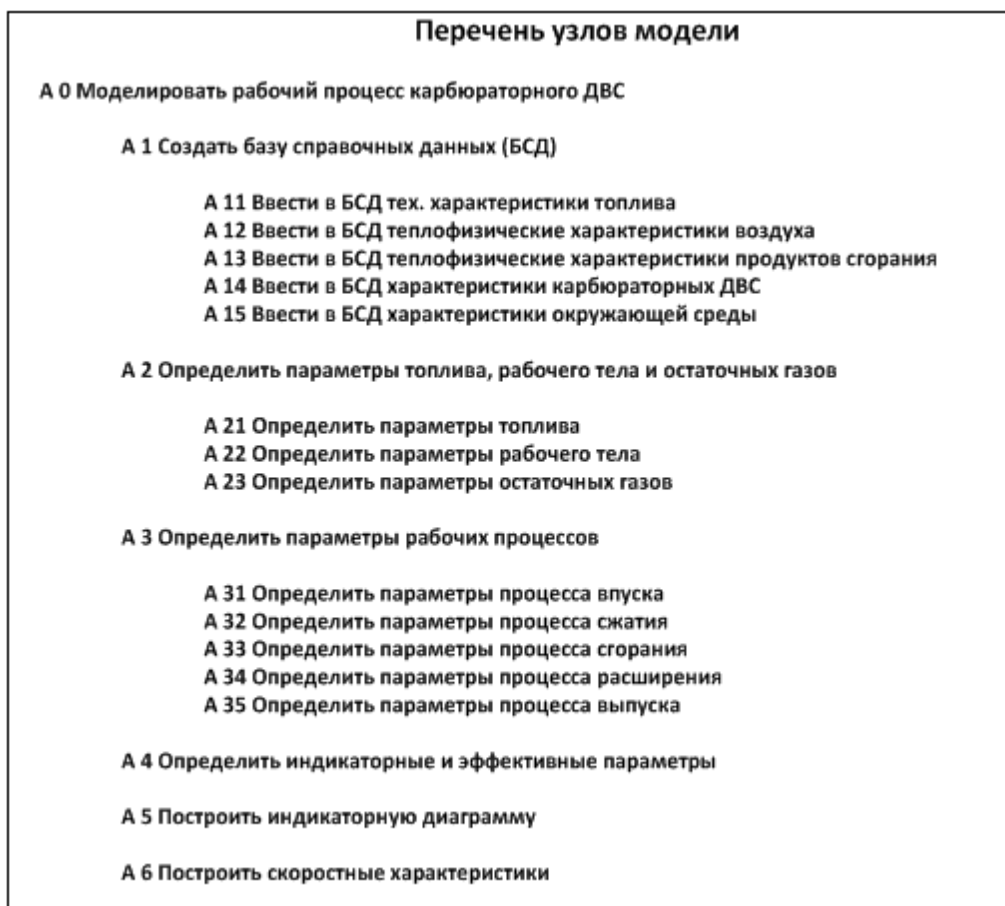


Рисунок 2 – Перечень узлов функциональной модели карбюраторного ДВС

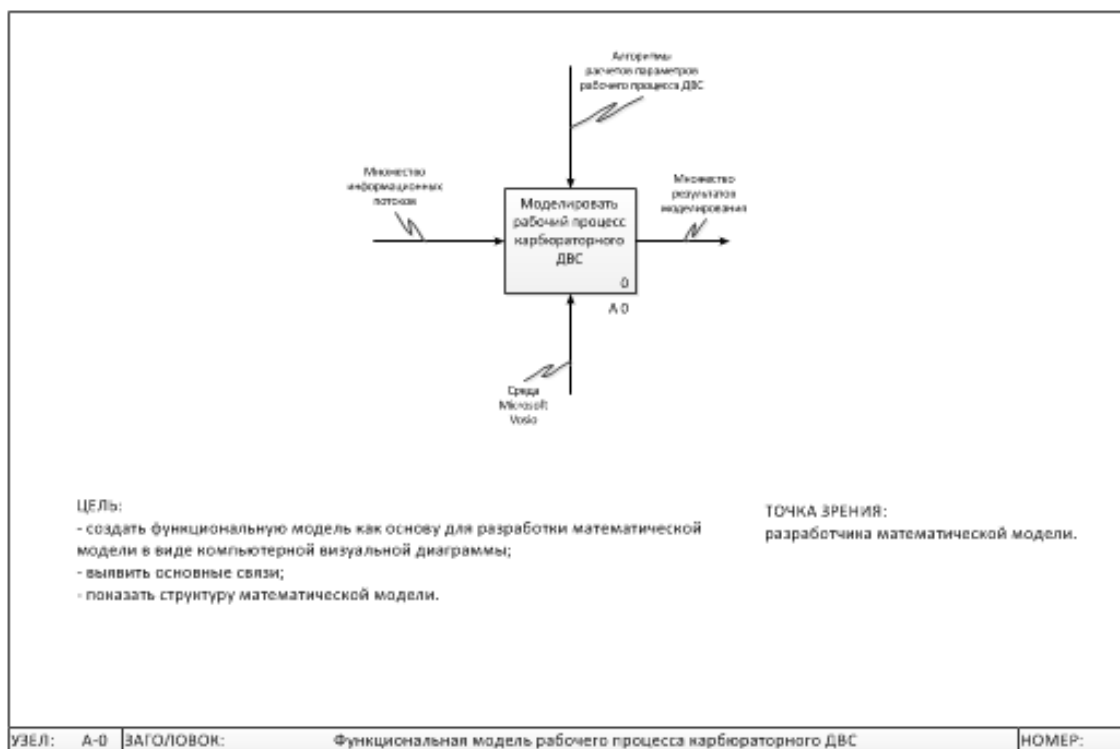


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма верхнего уровня

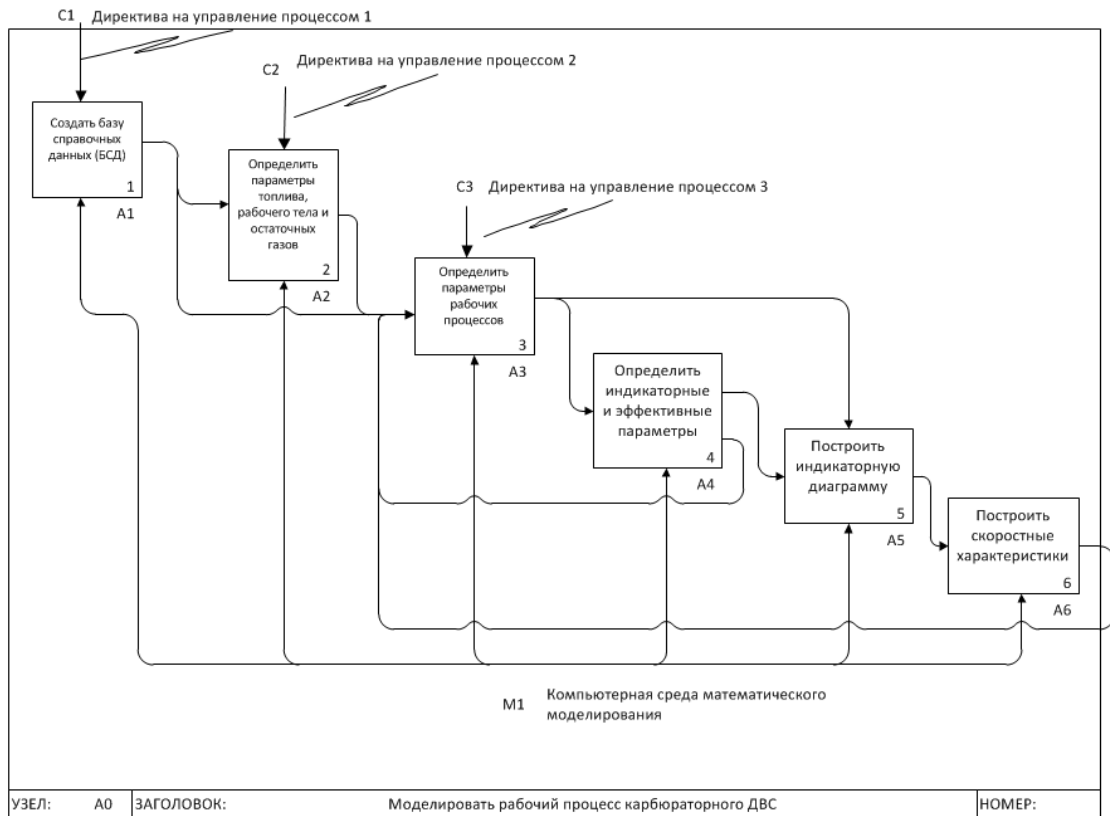


Рисунок 4 – Верхняя дочерняя диаграмма

Для примера приведен рисунок 5, который представляет дочернюю диаграмму следующего нижнего уровня для блока А3 – расчет основных рабочих процессов.

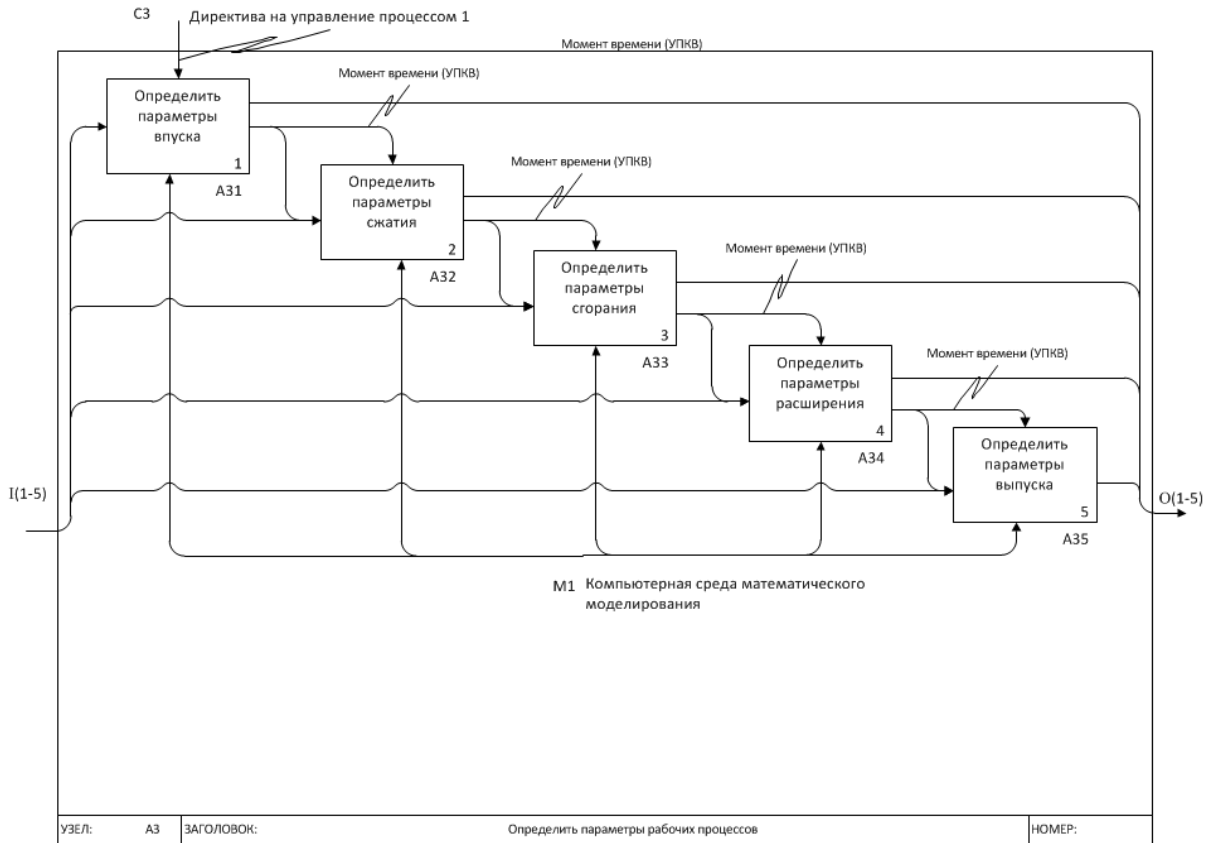


Рисунок 5 – Дочерняя диаграмма блока А3: расчет основных рабочих процессов

На этих диаграммах метка «M1» указывает потоки данных, связанных с соответствующими блоками, которые получены в результате вычислений в Scilab и накоплены в базе данных Excel.

Таким образом, создание функциональной модели в ходе ее проектирования организует рациональное структурирование визуальной модели и потоков данных, а также обратных связей, используемых при прогонке модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатров, М. Г. Моделирование процессов в ДВС: Двигатели внутреннего сгорания [Текст]: учебник для вузов в 3 кн. / М. Г. Шатров, В. Н. Луканин, Т. Ю. Кричевская; под ред. Луканина В. Н., Шатрова М. Г. - Кн. 3: Компьютерный практикум. - Изд. 3-е, перераб. Высшая школа, 2007. - 414 с.
2. Булгаков, Н. В. Математическое моделирование и численные исследования турбулентного тепло-массопереноса в двигателях внутреннего сгорания [Текст]: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.18. - Хабаровск, РГБ ОД, 61:05-1/373, 2004. - 174 с.
3. Кулешов, А. С. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания [Текст] / А. С. Кулешов, Л. В. Грехов. - М.: МГТУ, 2000. - 64 с.
4. Гончаров, А. А. Использование положений теории распознавания образа при оценке технического состояния электронных систем управления двигателем [Текст] / А. А. Гончаров, П. А. Гончаров, А. Н. Мельников, А. М. Федотов // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - №2(33).
5. Альмеев, Р. И. Теоретический анализ влияния теплового режима на ресурс подшипников коленчатого вала [Текст] / Р. И. Альмеев, А. С. Денисов // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - №2(33).
6. Лянденбургский, В. В. Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. С. Иванов, Ю. В. Родионов, Е. В. Кравченко // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 4(39). - С. 3.
7. Бондарев, Д. А. Аналитическое исследование изменения давления в конце такта сжатия с учетом утечки рабочего тела из цилиндропоршневой группы ДВС [Текст] / Д. А. Бондарев, И. К. Данилов // Мир транспорта и технологических машин. - 2013. - № 4(43) - С. 9.
8. Федянов, Е. А. Математическое моделирование самовоспламенения гомогенных метановоздушных смесей в ДВС [Текст] / Е. А. Федянов, Е. М. Иткис, В. Н. Кузьмин // Двигателестроение. - 2007. - № 2. - С. 3-5.
9. Куделин, О. Г. Математическая модель оценки качества технического состояния ДВС [Текст] / О. Г. Куделин, А. Г. Николаев // Двигателестроение. - 2009. - № 4. - С. 3-5.
10. Драгунов, Г. Д. Математическое представление скоростных характеристик автомобильных двигателей [Текст] / Г. Д. Драгунов, А. А. Юсупов, И. А. Мурог // Двигателестроение. - 2010. - № 1. - С. 23-25.
11. Новиков, Л. А. Моделирование характеристик перспективного высокооборотного судового дизеля в различных вариантах конфигурации [Текст] / Л. А. Новиков // Двигателестроение. - 2012. - № 4. - С. 8-14.
12. Васильев, А. В., Совершенствование обобщенной математической модели механизма газораспределения ДВС на основе вариативного представления клапанных пружин [Текст] / А. В. Васильев, Н. Н. Федоров // Двигателестроение. - 2013. - № 1. - С. 9-14.
13. Обозов, А. А. Математическое имитационное моделирование рабочего процесса автомобильного ДВС в целях получения диагностической информации [Текст] / А. А. Обозов, В. И. Таричко // Двигателестроение. - 2013. - № 2. - С. 21-25.
14. Терегулов, Т. И. Программный пакет ALLBEA: расчетный анализ и синтез характеристик газообмена дизеля с турбонаддувом [Текст] / Т. И. Терегулов, А. А. Черноусов // Двигателестроение. - 2013. - № 3. - С. 28-32.
15. Янченко, В. С. Моделирование обобщенного термодинамического цикла тепловых двигателей [Текст] / В. С. Янченко // Транспорт на альтернативном топливе. - 2011. - №4 (22). - С. 38-40.
16. INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993 December 21.
17. "Techniques of Functional Analysis". In: NASA Systems Engineering Handbook June 1995. p.142.
18. M. Lind. Modeling Goals and Functions of Control and Safety Systems in MFM. In Proceedings International Workshop on Functional Modeling of Engineering Systems, pages 1-7, Kyoto, Japan, January 25 2005.
19. Morten Lind. A Goal-Function Approach to Analysis of Control Situations. In Proceed-ings of 11th. IFAC/IFIP/IFPRS/IEA Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Human-Machine Systems, 2010
20. Давид Марка Методология структурного анализа и проектирования [Текст] / Давид Марка, Клемент МакГоуэн. - Пер. с англ. - М.: - 1993, 240 с., ISBN 5-7395-0007-9.

Янченко Виктор Степанович

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, 3
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Производство строительных конструкций»
E-mail: vsy50@mail.ru

Кипенская Наталья Николаевна

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, 3
Преподаватель кафедры «Тепловые двигатели»
E-mail: avkipenskaya@rambler.ru

V. S. YANCHENKO, N. N. KEPINSKA

FUNCTIONAL MODELING OF THE WORKING PROCESS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Considered are the issues of functional modelling of workflow processes of internal combustion engines. Building a simulation system on the basis of a combination of IDEF0 diagrams to Microsoft Visio, mathematical environment Scilab (Scicos/Xcos) and Microsoft Excel spreadsheets. Examples of functional diagrams and charts IDEF0.

Keywords: functional modeling; workflow engines; charts IDEF0.

BIBLIOGRAPHY

1. Shatrov, M. G. Modelirovanie protsessov v DVS: Dvigateli vnutrennego sgoraniya [Tekst]: uchebnik dlya vuzov v 3 kn. / M. G. Shatrov, V. N. Lukanin, T. YU. Krichevskaya; pod red. Lukanina V. N., Shatrova M. G. - Kn. 3: Komp'yuternyy praktikum. - Izd. 3-e, pererab. Vysshaya shkola, 2007. - 414 s.
2. Bulgakov, N. V. Matematicheskoe modelirovanie i chislennye issledovaniya turbulentnogo teplo-massoperenosa v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya [Tekst]: dis. ... kand. fiz.-mat. nauk : 05.13.18. - Habarovsk, RGB OD, 61:05-1/373, 2004. - 174 s.
3. Kuleshov A.S., Grekhov L. V. Matematicheskoe modelirovanie i komp'yuternaya optimizatsiya toplivopodachi i rabochikh protsessov dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst]. - M.: MGTU, 2000. - 64 s.
4. Goncharov, A. A. Ispol'zovanie polozheniy teorii raspoznavaniya obraza pri otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya elektronnykh sistem upravleniya dvigatelem [Tekst] / A. A. Goncharov, P. A. Goncharov, A. N. Mel'ni-kov, A. M. Fedotov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - №2(33).
5. Al'meev, R. I. Teoreticheskyy analiz vliyaniya teplovogo rezhima na resurs podshipnikov kolenchato-go vala [Tekst] / R. I. Al'meev, A. S. Denisov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - №2(33).
6. Lyandenburskiy, V. V. Virtual'noe diagnostirovanie toplivnoy sistemy dizel'nogo dvigatelya [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. S. Ivanov, YU. V. Rodionov, E. V. Kravchenko // Mir transporta i tekhnologi-cheskikh mashin. - 2012. - № 4(39). - S. 3.
7. Bondarev, D. A. Analiticheskoe issledovanie izmeneniya davleniya v kontse takta szhatiya s ucheto-m utehki rabocheho tela iz tsilindroporshnevoy gruppy DVS [Tekst] / D. A. Bondarev, I. K. Danilov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 4(43) - S. 9.
8. Fedyanov, E. A. Matematicheskoe modelirovanie samovosplamneniya gomogennykh metanovozdushnykh smesey v DVS [Tekst] / E. A. Fedyanov, E. M. Itkis, V. N. Kuz'min // Dvigatellestroenie. - 2007. - № 2. - S. 3-5.
9. Kudelin, O. G. Matematicheskaya model' otsenki kachestva tekhnicheskogo sostoyaniya DVS [Tekst] / O. G. Kudelin, A. G. Nikolaev // Dvigatellestroenie. - 2009. - № 4. - S. 3-5.
10. Dragunov, G. D. Matematicheskoe predstavlenie skorostnykh kharakteristik avtomobil'nykh dvigateley [Tekst] / G. D. Dragunov, A. A. YUsupov, I. A. Murog // Dvigatellestroenie. - 2010. - № 1. - S. 23-25.
11. Novikov, L. A. Modelirovanie kharakteristik perspektivnogo vysokooborotnogo sudovogo dizelya v razlichnykh variantakh konfiguratsii [Tekst] / L. A. Novikov // Dvigatellestroenie. - 2012. - № 4. - S. 8-14.
12. Vasil'ev, A. V., Sovershenstvovanie obobshchennoy matematicheskoy modeli mekhanizma gazoraspre-deleniya DVS na osnove variativnogo predstavleniya klapannykh pruzhin [Tekst] / A. V. Vasil'ev, N. N. Fedorov // Dvigatellestroenie. - 2013. - № 1. - S. 9-14.
13. Obozov, A. A. Matematicheskoe imitatsionnoe modelirovanie rabocheho protsessa avtomobil'nogo DVS v tselyakh polucheniya diagnosticheskoy informatsii [Tekst] / A. A. Obozov, V. I. Tarichko // Dvigatellestroenie. - 2013. - № 2. - S. 21-25.

14. Teregulov, T. I. Programmnyy paket ALLBEA: raschetnyy analiz i sintez kharakteristik gazoob-mena dizelya s turbonadduvom [Tekst] / T. I. Teregulov, A. A. Chernousov // Dvigatellestroenie. - 2013. - № 3. - S. 28-32.
15. YAnchenko, V. S. Modelirovanie obobshchennogo termodinamicheskogo tsikla teplovykh dvigateley [Tekst] / V. S. YAnchenko // Transport na al'ternativnom toplive. - 2011. - №4 (22). - S. 38-40.
16. INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993 December 21.
17. "Techniques of Functional Analysis". In: NASA Systems Engineering Handbook June 1995. p.142.
18. M. Lind. Modeling Goals and Functions of Control and Safety Systems in MFM. In Proceedings International Workshop on Functional Modeling of Engineering Systems, pages 1-7, Kyoto, Japan, January 25 2005.
19. Morten Lind. A Goal-Function Approach to Analysis of Control Situations. In Proceed-ings of 11th. IFAC/IFIP/IFPRS/IEA Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Human-Machine Systems, 2010
20. David Marka Metodologiya strukturnogo analiza i proektirovaniya [Tekst] / David Marka, Kle-ment Mak-Gouen. - Per. s angl. - M.: - 1993, 240 s. , ISBN 5-7395-0007-9.

Yanchenko Victor Stepanovich

FGBOU VPO "Bryansk State Academy of Engineering and Technology"
Address: 241037, Russia, g. Bryansk Prospect Stanke Dimitrov, 3
Candidate. tehn. , assistant professor of "Production of building structures"
E-mail: vsy50@mail.ru

Kepinska Natalia Nikolaevna

FGBOU VPO "Bryansk State Academy of Engineering and Technology"
Address: 241037, Russia, g. Bryansk Prospect Stanke Dimitrov, 3
Lecturer in "Heat Engines"
E-mail: avkipenskaya@rambler.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-utmk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

УДК 622.285.4: 624.191.6

Д. А. ЮНГМЕЙСТЕР, О. Г. АГОШКОВ, Р. Ю. УРАЗБАХТИН, А. В. ИВАНОВ

РАЦИОНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ КОМПЛЕКСА ДЛЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ШАХТАХ

Представлен вариант конструкции проходческого комплекса для проведения спасательных выработок.

Ключевые слова: комбайн, крепь, скорость проходки, циклы проходческих работ.

Предприятия горнодобывающей и, особенно, угольной промышленности даже при использовании самого современного оборудования являются потенциально опасными. Что вызвано рядом специфических особенностей, к числу которых относятся непостоянство горно-геологических условий, загрязнённость рудничной атмосферы горючими газами, проведение взрывных работ. Наличие самовозгорающихся пластов угля, а также горючесть некоторых газов создают опасность возникновения подземных пожаров и взрывов газа. Нарушение техники безопасности при ведении работ на шахтах могут привести к катастрофическим авариям, примером является авария на шахте "Распадская" [1]. 9 мая 2010 года на крупнейшей угольной шахте России "Распадская", произошли взрывы. Заблокированными под землей осталось 360 человек, 67 человек стали жертвами аварии. Расследование выявила факты нарушения техники безопасности. Одной из выявленных причин оказалось наличие пожароопасных предметов у шахтеров.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ РФ

Как показывает анализ литературных источников [2] (табл. 1) с каждым годом уменьшается число аварий, но задача спасения людей из завалов по-прежнему остается весьма актуальной.

Таблица 1 - Объемы добычи угля, травматизм и аварийность в 2004–2011 г

Годы	Объём добычи угля, млн. т	Число аварий	Число смертельно травмированных	Удельный показатель смертельного травматизма, чел./млн. т
2004	284,5	33	148	0,52
2005	300,2	27	107	0,36
2006	294,1	23	68	0,23
2007	320,2	21	232	0,73
2008	319,47	12	53	0,16
2009	301,79	9	48	0,15
2010	323,18	22	135	0,41
2011	337,4	13	46	0,13

При проведении горноспасательных работ главную роль играют спасатели, при этом существуют следующие типы роботизированных механизмов способных заменить людей:

1) Мини робот для сбора данных с места аварии и их передачи в штаб ликвидации аварии. Это машина, на которой установлена камера, передающее устройство и датчики для определения температуры и задымленности окружающей среды.

2) Робот для обеспечения работы спасателей при разборе завалов. Это более тяжелая машина в сравнении с первым вариантом, задача которой ускорить работу спасателей.

3) Комплекс (проходческий комбайн и средства крепления) для проведения спасательной выработки минимального сечения позволяющего эвакуировать людей из завалов.

Использование в работе горноспасателей указанных типов роботов позволило бы ускорить темп спасательных работ и минимизировать травматизм спасателей.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Известен агрегат для проведения выработок по завалу [3], содержит винтоповоротную проходческую машину (рис.1), крепь и энергоблок. Крепь выполнена из упругой полосы, уложенной в виде телескопической спирали. Витки спиральной телескопической крепи при их вытягивании проворачиваются относительно продольной оси.

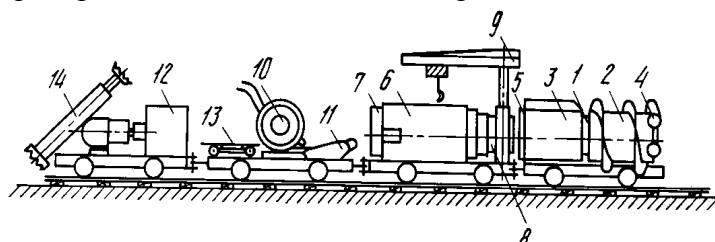


Рисунок 1 - Общая схема агрегата для проведения выработок по завалу

Недостатками устройства являются: полное заполнение призабойного пространства металлоконструкциями, что исключает возможность своевременного обнаружения и высвобождения пострадавшего. Устройство неработоспособно при встрече с элементами крепления и горным оборудованием.

Известно так же устройство для проведения спасательных эвакуационных выработок в шахтных завалах [4] в слабоустойчивых грунтах. Сдержит корпус (рис. 2), рабочий орган, состоящий из внедряемых элементов, снабженных блоком силовых гидроцилиндров, подающий став обсадной крепи и гидродомкрата с приводом. Внедряемые элементы рабочего органа выполнены в виде заостренных пластин, расположенных горизонтально с возможностью внедрения относительно корпуса.

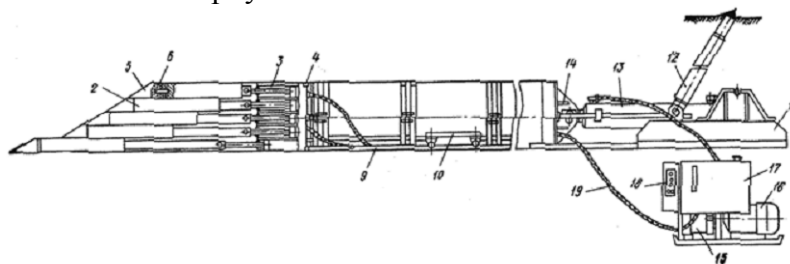


Рисунок 2 - Общая схема устройства для проведения выработок по завалу

Недостатком является то, что данное устройство исключает возможность его применения в породах с высокой крепостью.

По нашему мнению должен быть разработан унифицированный комплекс, который выполняет задачу высвобождения людей из завала. Можно определить следующие положения, которыми следует руководствоваться при выборе оборудования для выполнения всех остальных процессов при проведении аварийно-спасательных выработок комбайнами:

1. Комбайн с минимальными габаритами, позволяющий проходить выработки малого сечения.

2. Над комбайном и призабойной частью выработки кровля может закрепляться дополнительными гусеницами, но наиболее простым способом крепления является использование «шагающей» крепи, например механизированная крепь зоны обрушения (МКЗО) [5].

3. Для крепления выработки за МКЗО и комбайном в задней его части необходимо установить лебедку с барабаном незначительного диаметра и манипулятор – крепеустановщик для выполнения следующих операций: подтягивание по сбойке к комбайну комплекта рамы крепи с затяжкой, установка трапецеидальной рамы и внутренних перемычек, установка затяжки для крепления кровли и боков выработки.

4. Проветривание забоя спасательной выработки необходимо производить с помощью вентиляционных труб прикрепляемых к верхней части рамы, за счёт работы вентилятора местного проветривания.

5. Транспортировка отбитой горной массы целесообразно осуществлять посредством установки последовательно работающих стандартных ленточных перегружателей.

На рисунке 4 показана компоновка комплекса. Проходческий комбайн (1) производит отбойку породы. При этом кровля над комбайном удерживается распорно - шагающей крепью (2), которая осуществляет шагание по мере отработки по схеме указанной на рисунке. Транспортировка породы осуществляется ленточными перегружателями (3). Проветривание выработки производится с помощью вентиляционных труб за счёт работы вентилятора местного проветривания (4).

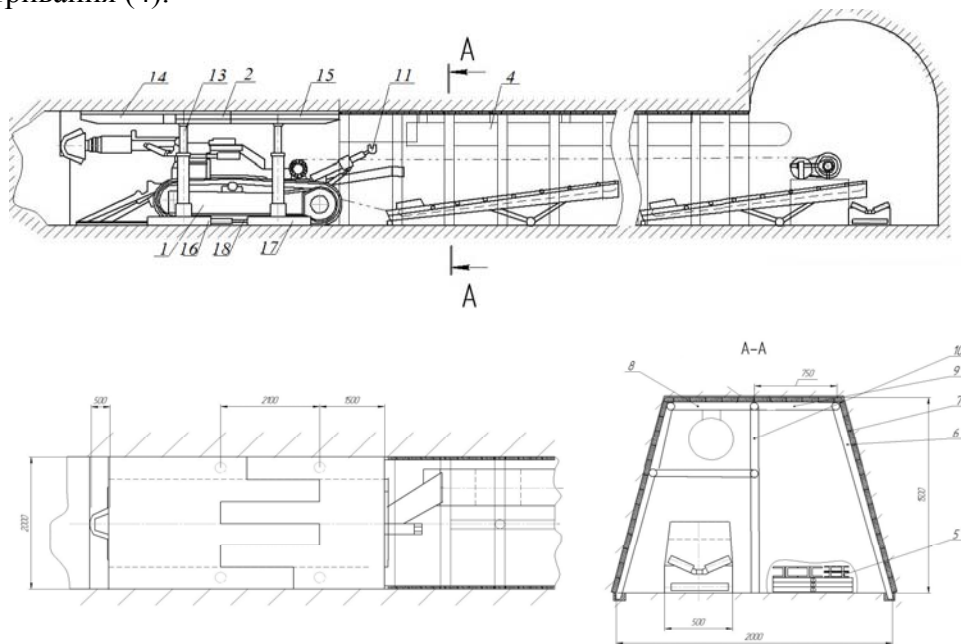


Рисунок 4 - Компоновка комплекса

Крепление спасательной выработки (сбойки) за МКЗО осуществляется посредством установки с определёнными интервалами секций временной крепи выработки для спасательных работ (ВКВСП), при этом при неустойчивых кровлях ВКВСП перекрываются затяжкой. ВКВСП в сборе при транспортировке (5), боковая стойка ВКВСП (6), элементы затяжки ВКВСП (7), левая (8) и правая (9) часть верхняка ВКВСП, центральная стойка ВКВСП (10), крепеустановщик (11).

Крепь МКЗО показана на рисунке 5. Она обеспечивает перекрытие призабойного пространства над проходческим комбайном и возведение постоянной крепи позади комбайна при помощи крепеустановщика установленного в задней части машины. Крепь состоит из головной и концевой секций крепи. Перемещение крепи по выработке осуществляется гидродомкратами передвижки методом “шагания” секций: перекрытие передней части опускается (А), передняя часть выдвигается на забой (Б), перекрытие передней части поднимается

до упора в кровлю (В), перекрытие задней части опускается (Г), задняя часть передвигается к передней части (Д), перекрытия задней части поднимается до упора в кровлю (Е).

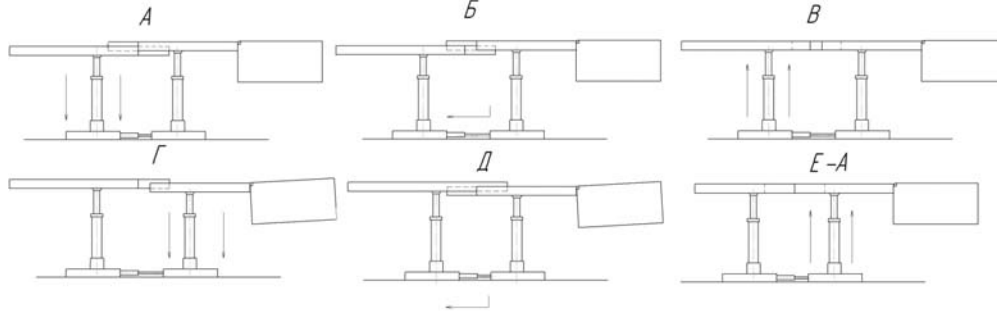


Рисунок 5 - Схема шагания крепи.

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ РАЗНЫХ ТИПОВ

На рисунке 6 представлены различные варианты конструкции исполнительного органа (ИО) проходческого комбайна. При воздействии на забой сдвоенным ударным ИО (рис.6, в) разрушающее воздействие на горный массив совершает два параллельно установленных ИО ударного действия (1), расположенных на стреле комбайна (2). В данном случае обеспечивается повышенная производительность, т.к. совместная работа двух ударников, расположенных на одной стреле, при их одновременном заглуплении и сдвигении скалывает больший объем породы в сравнении с суммарным объемом, получаемым такими же ударниками, но работающими индивидуально, каждый на своей стреле. Так же достоинством данного ИО является возможность проведения выработок в крепких породах. Достигается это тем, что в штоковой полости домкрата (3) двухстороннего действия нагнетается давление, тем самым сокращается расстояние между двумя пиками (4) и увеличивается скалывающий эффект, позволяя обрабатывать более крепкую породу.

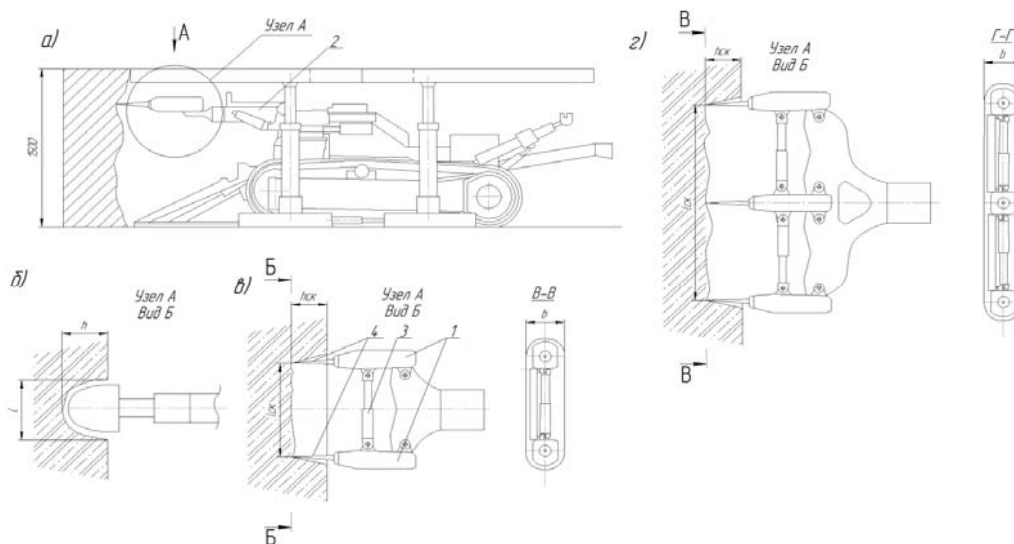


Рисунок 6 - Общий вид

компоновка в забое: а) комбайн и шагающая крепь; б) корончатый ИО;
в) сдвоенный ударный ИО; г) строенный ударный ИО

Расчет производительности корончатого ИО (рис.6 б) вращательного действия может быть произведен по формуле 1 [6]:

$$Q_{\text{тех}} = 3600 \cdot l_k \cdot D_k \cdot v_n \cdot \kappa_{\text{тех}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где l_k - длина коронки ($l_k=0,3$ м);
 D_k - диаметр коронки ($D_k=0,3$ м);
 $\kappa_{\text{тех}}=0,7-0,9$;
 v_n - скорость подачи, например, $v_n=0,2$ м/с при $f=2$;
 $v_n=0,05$ м/с при $f=6$.

Расчет производительности ИО (рис. 6 в) ударного действия может быть произведен по формуле 2 [13-14]:

$$Q_{\text{тех}} = 3600 \cdot k_{\text{ин}} \frac{l_{\text{ск}} \cdot h_{\text{ск}} \cdot b}{(t_{\text{р.уд}} + t_{\text{вс}})}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где $l_{\text{ск}}, h_{\text{ск}}, b$ - ширина, глубина и высота скола, м, ($l_{\text{ск}}=0,3$ м, $b=0,2$ м);
 $t_{\text{р.уд}}, t_{\text{вс}}$ - соответственно время удара и время на переустановку, с:

$$h_{\text{ск}} = h \cdot n_{\text{уд}} \cdot t_{\text{р.уд}} \cdot 10^{-3}, \text{ м} \quad (3)$$

где h - среднее заглубление за один удар, мм/уд;

$n_{\text{уд}}$ - количество ударов производимое ударником;

$k_{\text{ин}}$ - коэффициент интенсификации работы перфоратора при использовании ударной системы «поршень - боек - инструмент» для создания ударного импульса, состоящего из последовательности коротких подимпульсов с большой амплитудой [7-20], для обычных перфораторов $k_{\text{ин}}=1$, для перфораторов с ударной системы «поршень - боек - инструмент» $k_{\text{ин}}=1,3$.

В таблице 2 представлены расчетные значения $Q_{\text{тех}}$ для двух экстремальных значений крепости пород.

Вариант забоя - исходные данные I: сухая кембрийская глина (вязкий уголь): $f=2$; $h=25$ мм/уд; $n_{\text{уд}}=30$ уд/с; $t_{\text{р.уд}}=3$ с; $t_{\text{вс}}=6$ с.

Вариант забоя - исходные данные II: породы средней крепости, $f=6$; $h=2$ мм/уд.

Таблица 2

N поз.	Тип ИО (по рис.5)	$Q_{\text{тех}}, \text{ м}^3/\text{ч}$ Исх. дан. I	$Q_{\text{тех}}, \text{ м}^3/\text{ч}$ Исх. дан. II
1	б	65	-
2	в	54	4,3
3	г	108	8,6

РАСЧЕТ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ КОМПЛЕКСА

Время цикла распорно - шагающей крепи (продолжительность операций определялась для неблагоприятного режима работы) состоит из: опускание левой части крепи гидродомкратом распора - 15 с; подвигание левой части крепи на величину 0,5 - 1 м гидродомкратом шагания - 20 с; поднятие левой части крепи до упора гидродомкратом распора - 15; опускание правой части крепи гидродомкратом распора - 15с; подтягивание правой части крепи на величину к левой части гидродомкратом шагания 20с; поднятие правой части крепи до упора гидродомкратом распора -15с. Время цикла шагания крепи $T_{\text{цш}}$ равно 100 с.

Время установки временной крепи $T_{\text{уст.временной крепи}}$ состоит из: установки верхней левой, правой и центральной балки и их закрепление - 3 мин; установки левой и правой стойки и их закрепление - 1 мин; установки затяжки над временной крепью - 2 мин.

Примерное время установки 1 секции временной крепи с затяжкой $T_{УСТ. временной крепи}$ - 6 минут.

Для неустойчивой кровли и повышенной крепости пород в забое расчет времени цикла может быть произведен по следующей формуле:

$$T_{Ц} = T_{обр. забоя} + T_{цикл. шаг} + T_{креп. сбойки} + T_{подг}, \text{ ч}, \quad (4)$$

где $T_{обр. забоя}$, $T_{цикл. шаг}$, $T_{креп. сбойки}$, $T_{подг}$ – время образования забоя, цикла шагания, крепления сбойки, подготовительных операций (сумма времени подтягивания конвейера и наращивания вентиляционной трубы).

$$T_{обр. забоя} = \frac{V}{Q_{тех}} = \frac{S \cdot l}{Q_{тех}}, \text{ ч}, \quad (5)$$

где V - объем выработанного пространства, м^3 ;
 S - площадь сечения выработки ($S = 3\text{м}^2$);
 l -глубина выработанного пространства ($l = 0,5\text{м}$);
 $Q_{тех}$ - техническая производительность (табл. 2), $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$T_{цикл. шаг} = 1,7 \text{ мин};$$

$$T_{креп. сбойки} = 12 \text{ мин};$$

$$T_{подг} = 5 \text{ мин}.$$

Расчет скорости проходки:

$$v_{прох} = \frac{L_{Ц}}{T_{Ц}}, \text{ м/ч}, \quad (6)$$

где $L_{Ц}$ – величина проходки за один цикл ($L_{Ц} = 0,5 \text{ м}$).

Расчет времени проходки сбойки:

$$T_{прох. сб} = \frac{L_{Сб}}{v_{прох}}, \text{ ч}, \quad (7)$$

где $L_{Сб}$ - длина сбойки ($L_{Сб} = 50 \text{ м}$).

Для устойчивой кровли с низкой крепостью пород в забое при совмещении некоторых операций:

Расчет времени цикла:

$$T_{Ц} = T_{цикл. шаг} + T_{креп. сбойки} + T_{подг}, \text{ ч}, \quad (8)$$

при совмещении $T_{обр. забоя}$ и $T_{цикл. шаг}$ используется наибольшее время $T_{цикл. шаг}$.

Для крепления устойчивой кровли шаг установки ВКВСП может быть выбран равным 1м, тем самым $l = L_{Ц} = 1 \text{ м}$ в формулах 5, 6. Расчеты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Тип кровли	l , м	$L_{Ц}$, м	$T_{Ц}$, мин	$v_{прох}$, м/ч	$T_{прох. сб}$, ч
неустойчивая	0,5	0,5	40	0,75	67
устойчивая	1	1	20	3	17

Из расчетов видно, что время проходки 50-ти метровой сбойки при устойчивой кровле равно 17 часов, а при неустойчивой 67 часов. Однако, для каждого конкретного случая необ-

ходимо точное определение возможности совмещения операций работы комплекса, проработка поминутного процесса обеспечения и проведения монтажно-демонтажных работ (МДР). Комплекс должен обеспечить максимальную простоту и минимальное время выполнения МДР, при этом все конструкции узлов создаваемого комплекса должны рассчитываться и конструироваться по принципу максимальной монтажепригодности.

В настоящее время конструкция указанного универсального комплекса патентуется, при этом необходимо произвести подсчет необходимого числа комплексов для отдельного подразделения ВГСЧ, например, по одному комплексу для бассейновой ВГСЧ (Воркутинская ВГСЧ, Интинская ВГСЧ и т.д.), по условию: полный комплект может быть доставлен на шахту в течение часа. Необходима тщательная проработка инструкций использования комплекса, в том числе количества комплектующих для комплекса при проведении спасательной выработки средней длины.

После испытания в промышленных условиях и устранения конструкторских и технологических недостатков предлагаемый комплекс может эффективно использоваться для спасения людей при завалах в угольных, сланцевых шахтах и на калийных рудниках, а так же для проходки вспомогательных выработок малого сечения, в том числе для хозяйственных нужд при строительстве метрополитенов и военных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: www.online.zakon.kz/Document/?doc_id=30755726.
2. Информационный бюллетень Федеральной службы. "Аварийность и травматизм в угольной промышленности".
3. Пат. 2067175 Российская Федерация. Агрегат для проведения выработок по завалу [Текст] / Эллер А.Ф., Пушкина Н.Б.; заявл. 08.02.1994; опубл. 27.09.96.
4. Пат. 534569 СССР. Устройство для проведения спасательных эвакуационных выработок в шахтных завалах [Текст] / Попович А.А., Дыдзинский В.В., Горбатов В.С., Короленко В.Г.; заявл. 18.03.1968; опубл. 13.05.77.
5. Пат. 1831573 СССР. Механизированная крепь сопряжения [Текст] / Маслов А.Ф., Хармац Г.Ш., Рогов Ю.И.; опубл. 30.06.93.
6. Топчиев, А. В. Расчет производительности выемочных комплексов и агрегатов [Текст] / А. В. Топчиев, В. И. Солод. - М.: Госгортехиздат, 1966.
7. Юнгмейстер, Д. А. Экспериментальное и теоретическое исследование перфоратора с ударной системой «поршень - боек - инструмент» [Текст] / Д. А. Юнгмейстер, М. Ю. Непран, М. Ю. Платовских, В. А. Пивнев, Ю. В. Суденков, Г. В. Соколова // Горное оборудование и электромеханика. - №7. - 2011. - С. 9-14.
8. Пат. 2296850 Российская Федерация. Перфоратор [Текст] / Юнгмейстер Д. А., Пивнев В. А., Соколова Г. В. и др.; 2007, Бюл. №10.
9. Семенов, Б. Н. Моделирование процессов переноса импульса при ударе одиночным и двоярным стержнем – ударником [Текст] / Б. Н. Семенов, Ю. В. Суденков, А. В. Шин, Д. А. Юнгмейстер // XV Международная научная школа им. акад. С.А. Христиановича «Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках». – Алшута. - 2005.
10. Пат. 2302529 Российская Федерация. Комплекс для проведения выработок в слабоустойчивых породах [Текст] / Юнгмейстер Д. А., Бурак А. Я., Смирнов Д. В., Иванов А. В.; опубл. 2007, Бюл. №19.
11. Юнгмейстер, Д. А. Экспериментальные исследования пневматических перфораторов (ударных систем) с двухмассовым поршнем-ударником [Текст] / Д. А. Юнгмейстер, В. А. Пивнев, Ю. В. Суденков и др. // Гидравлика и пневматика. - 2004. - № 13-14.
12. Нагаев, Р. Ф. Исследования параметров пневмоперфораторов со двоярным ударником [Текст] / Р. Ф. Нагаев, Д. А. Юнгмейстер, В. А. Пивнев, Ю. В. Суденков и др // ГИАБ. – М.: изд. МГТУ. - № 1. - 2005.
13. Юнгмейстер, Д. А. Модернизированный комплекс для проходки специальных выработок на шахтах «Метрострой» в сложных горно-геологических условиях [Текст] / Д. А. Юнгмейстер, С. А. Лавренко, А. И. Исаев, В. В. Максаров, Г. В. Соколова, А. В. Иванов // Горное оборудование и электромеханика. - 2014. - №4. - С. 3-10.
14. Вержанский, А. П. Механизированные комплексы для проходки специальных выработок на шахтах ОАО «Метрострой» [Текст] / А. П. Вержанский, Д. А. Юнгмейстер, С. А. Лавренко, А. И. Исаев, А. В. Иванов // Горный журнал. - 2014. - №5. - С. 94-100.

15. Юнгмейстер, Д. А. Явление интенсификации передачи энергии удара при центральном повторяющемся соударении твердых тел через промежуточный упругий элемент [Текст] / Д. А. Юнгмейстер, Р. Ф. Нагаев, Л. К. Горшков и др. // Научное открытие, диплом №332. - М. – 2007.
16. Пивнев В.А. Юнгмейстер Д.А., Максаров В.В., Непран М.Ю., Лавренко С.А., Исаев А.И., Сабитов А.Э.//Горное оборудование и электромеханика. - 2013.-№11.-С.23-27.
17. Юнгмейстер, Д. А. Модернизация ударных буровых механизмов [Текст] / Д. А. Юнгмейстер, Л. К. Горшков, В. А. Пивнев, Ю. В. Суденков. - СПб.: Политехника, 2012. - 134 с.
18. Протосеня, А. Г. Механика подземных сооружений. Пространственные модели и мониторинг [Текст] / А. Г. Протосеня, Ю. Н. Огородников, П. А. Деменков, М. А. Карасев, М. О. Лебедев, Д. А. Потемкин, Е. Г. Козин. - СПб: СПГГУ-МАНЭБ, 2011. – 355 с.
19. Ставрогин, А. Н. Экспериментальная физика и динамика горных пород [Текст] / А. Н. Ставрогин, Б. Г. Тарасов. - СПб.: Наука, 2001.-343 с.
20. Нагаев, Р. Ф. Механические процессы с повторными затуханиями и соударениями [Текст] / Р. Ф. Нагаев. - СПб.: Наука, 1985. - 345 с.

Юнгмейстер Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально - сырьевой университет «Горный»»

Адрес: Россия, г. Санкт - Петербург, 22 линия, 1

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Машиностроение»

Email:iungmeister@yandex.ru

Агошков Олег Григорьевич

ФГБОУ ВПО «Балтийский государственный технический университет» «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Адрес: Россия, г. Санкт - Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д.1.

Д-р техн. наук, профессор, декан факультета «Оружие и системы вооружения»

Email:agosh@mail.ru

Уразбахтин Рустам Юсуфович

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально - сырьевой университет «Горный»»

Адрес: Россия, г. Санкт - Петербург, 22 линия, 1

Студент

Email:ruraz@mail.ru

Иванов Александр Вячеславович

ЗАО «МЕТРОКОН»

Адрес: 199155, Россия, г. Санкт-Петербург, ул.Кораблестроителей, 23

Зам. гл. инженера

D. A. IUNGMEISTER, O. G. AGOSHKOV, R. I. URAZBAKHTIN, A. V. IVANOV

RETIONAL DESINGN COMPLEX FOR SALVAGE ACTION ON MINE

The variants of structures for the conducting save excavations.

Keywords: *combine, timber, speed of development, cycle of work.*

BIBLIOGRAPHY

1. www.online.zakon.kz/Document/?doc_id=30755726.
2. Informatsionnyy byulleten` Federal`noy sluzhby. "Avariynost` i travmatizm v ugol`noy pro-myshlennosti".
3. Pat. 2067175 Rossiyskaya Federatsiya. Agregat dlya provedeniya vyrabotok po zavalu [Tekst] / Eller A.F., Pushkina N.B.; zayavl. 08.02.1994; opubl. 27.09.96.
4. Pat. 534569 SSSR. Ustroystvo dlya provedeniya spasatel`nykh evakuatsionnykh vyrabotok v shakhtnykh zavalakh [Tekst] / Popovich A.A., Dydzinskiy V.V., Gorbato V.S., Korolenko V.G.; zayavl. 18.03.1968; opubl. 13.05.77.
5. Pat. 1831573 SSSR. Mekhanizirovannaya krep` sopryazheniya [Tekst] / Maslov A.F., Harmats G.SH., Rogov YU.I.; opubl. 30.06.93.
6. Topchiev, A. V. Raschet proizvoditel`nosti vyemochnykh kompleksov i agregatov [Tekst] / A. V. Topchiev,

V. I. Solod. - M.: Gosgortekhzdat, 1966.

7. YUngmeister, D. A. Eksperimental'noe i teoreticheskoe issledovanie perforatora s udarnoy sistemoy "porshen' - boek - instrument" [Tekst] / D. A. YUngmeister, M. YU. Nepran, M. YU. Platovskikh, V. A. Pivnev, YU. V. Sudenkov, G. V. Sokolova // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. - №7. - 2011. - S. 9-14.

8. Pat. 2296850 Rossiyskaya Federatsiya. Perforator [Tekst] / YUngmeister D. A., Pivnev V. A., Sokolova G. V. i dr.; 2007, Byul. №10.

9. Semenov, B. N. Modelirovanie protsessov perenosa impul'sa pri udare odinochnym i sdvoennym sterzhnem - udarnikom [Tekst] / B. N. Semenov, YU. V. Sudenkov, A. V. Shin, D. A. YUngmeister // XV Mezhdunarodnaya nauchnaya shkola im. akad. S.A. Hristianovicha "Deformirovanie i razrushenie materialov s defektami i dinamicheskie yavleniya v gornykh porodakh i vyrabotkakh". - Alshuta. - 2005.

10. Pat. 2302529 Rossiyskaya Federatsiya. Kompleks dlya provedeniya vyrabotok v slaboustoychivykh porodakh [Tekst] / YUngmeister D. A., Burak A. YA., Smirnov D. V., Ivanov A. V.; opubl. 2007, Byul. №19.

11. YUngmeister, D. A. Eksperimental'nye issledovaniya pnevmaticheskikh perforatorov (udarnykh sistem) s dvukhmassovym porshnem-udarnikom [Tekst] / D. A. YUngmeister, V. A. Pivnev, YU. V. Sudenkov i dr. // Gidravlika i pnevmatika. - 2004. - № 13-14.

12. Nagaev, R. F. Issledovaniya parametrov pnevmoperforatorov so sdvoennym udarnikom [Tekst] / R. F. Nagaev, D. A. YUngmeister, V. A. Pivnev, YU. V. Sudenkov i dr // GIAB. - M.: izd. MG TU. - № 1. - 2005.

13. YUngmeister, D. A. Modernizirovannyi kompleks dlya prokhodki spetsial'nykh vyrabotok na shakhtakh "Metrostroy" v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh [Tekst] / D. A. YUngmeister, S. A. Lavrenko, A. I. Isaev, V. V. Maksarov, G. V. Sokolova, A. V. Ivanov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. - 2014. - №4. -S. 3-10.

14. Verzhanskiy, A. P. Mekhanizirovannye kompleksy dlya prokhodki spetsial'nykh vyrabotok na shakhtakh OAO "Metrostroy" [Tekst] / A. P. Verzhanskiy, D. A. YUngmeister, S. A. Lavrenko, A. I. Isaev, A. V. Ivanov // Gornyy zhurnal. - 2014. - №5. - S. 94-100.

15. YUngmeister, D. A. YAvlenie intensivatsii peredachi energii udara pri tsentral'nom povtoryayushchemsya soudarenii tverdykh tel cherez promezhutochnyy uprugiy element [Tekst] / D. A. YUngmeister, R. F. Nagaev, L. K. Gorshkov i dr. // Nauchnoe otkrytie, diplom №332. - M. - 2007.

16. Pivnev V.A. YUngmeister D.A, Maksarov V.V., Nepran M.YU., Lavrenko S.A., Isaev A.I., Sabitov A.E.//Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. - 2013.-№11.-S.23-27.

17. YUngmeister, D. A. Modernizatsiya udarnykh burovykh mekhanizmov [Tekst] / D. A. YUngmeister, L. K. Gorshkov, V. A. Pivnev, YU. V. Sudenkov. - SPb.:Politekhnik, 2012. - 134 s.

18. Protosenya, A. G. Mekhanika podzemnykh sooruzheniy. Prostranstvennye modeli i monitoring [Tekst] / A. G. Protosenya, YU. N. Ogorodnikov, P. A. Demenkov, M. A. Karasev, M. O. Lebedev, D. A. Potemkin, E. G. Kozin. - SPb: SPGGU-MANEB, 2011. - 355 s.

19. Stavrogin, A. N. Eksperimental'naya fizika i dinamika gornykh porod [Tekst] / A. N. Stavrogin, B. G. Tarasov. - SPb.: Nauka, 2001.-343 s.

20. Nagaev, R. F. Mekhanicheskie protsessy s povtornymi zatukhaniyami i soudareniyami [Tekst] / R. F. Nagaev. - SPb.: Nauka, 1985. - 345 s.

Yungmeister Dmitri Alekseevich

FGBOUVPO«National of mineral resources University «Mining»»

Adress: Russia, Saint - Petersburg, 22 line, 1

Dokt.tehn.,professor kaf. «Mashinostroenia»

Email: iungmeister@yandex.ru

Agoshkov Oleg Grigorevich

FGBOU VPO « BSTU "VOENMEX" named after D.F. Ustinov »

Adress: Russia, Saint - Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya Street, 1.

Dokt.tehn., professor, dean of the faculty «E»

Email: agosh@mail.ru

Urazbaktin Rustam Yusupovich

FGBOUVPO«National of mineral resources University «Mining»»

Adress: Russia, Saint - Petersburg, 22 line, 1

Student

Email: ruraz@mail.ru

Ivanov Alexander Vyacheslavovich

ZAO "METROCON"

Adress: 199155, Russia, Saint - Petersburg, Korablestroitel'tu street, 23

Zam. Chiefenginee

УДК 622.232

А. С. ТРУБИН

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАШИН УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены основные отечественные производители гидромолотов, сделано сравнение основных характеристик зарубежных молотов. Описаны область применения и пути повышения мобильности гидравлических ударных устройств. Рассмотрены основные тенденции дальнейшего развития гидравлических машин ударного действия.

Ключевые слова: Импульсная система, гидромолот, рабочий орган, высокомобильная машина, функциональность, маневренность, автоматизация, высокая надежность.

Наша страна была одним из пионеров разработки и развития нового научно-технического направления – создания импульсной техники. В относительно короткий срок в России организовывались, длительное время успешно работали крупные творческие коллективы, внесшие значительный вклад в разработку теории и практики силовых импульсных систем, проведение опытной проверки новых конструктивных решений [1].

В настоящее время гидромолоты, как сменный рабочий орган к гидравлическим экскаваторам и погрузчикам, производят десятки зарубежных фирм Европы и Азии. При этом производятся гидромолоты от ручных до тяжелых с энергией удара более 100 кДж. Типоразмерные ряды выпускаемых гидромолотов в ряде случаев насчитывают до 18 единиц. К примеру, фирма Caterpillar выпускает 16 моделей гидромолотов. В арсенале шведской компании AtlasCopco насчитывается порядка 43 моделей гидромолотов, от самых маленьких, массой 30 кг, до крупных, массой 10000 кг. На выставке «Строительная техника и технологии 2014» был представлен ряд зарубежных производителей машин ударного действия, основные параметры которых проанализированы и вынесены в таблицу 1. Россия тоже является производителем подобной техники. Так в настоящее время гидромолоты выпускают: НПО Технопарк «Импульс» (Домодедово), Невьянский машзавод, Тверской машзавод «Гидромолот», «Тверьтехоснастка», ОАО «Тверской экскаватор», ООО «Традиция-К». На протяжении многих лет наша страна поддерживает это направление в машиностроении, несмотря на экономический спад 90-х годов, кризисы и прочие факторы [1, 2].

Таблица 1 – Параметры зарубежных гидромолотов

Марка/модель гидромолота	Масса, кг	Энергия удара, Дж	Мощность, кВт	Частота ударов, уд/мин	Диаметр инструмента, мм
1	2	3	4	5	6
Hyper DYB-210T	178	-	-	500-900	60
Hyper DYB-760	1410	-	-	400-600	135
Hyper DHB-900S	2454	-	-	300-550	150
Atlas Copco SB452	-	800	-	390-780	95
Tecna T250	250	-	13	700-1100	65
Машина Brokk 60 с гидромолотом SB 52	60	101	5,5	720-1680	-
Машина Brokk 160 с гидромолотом SB 202	212	406	18,5	840-1800	-
Машина Brokk 330D с гидромолотом SB 302	310	610	-	600-1410	-

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Машина Brokk 400 с гидромолотом SB 552	535	1048	30	660-1140	-
Машина Brokk 800 с гидромолотом MB 1200	1200	по запросу	45	340-680	-

Дальнейшие усилия конструкторов, занимающихся разработкой гидромолотов, направлены на совершенствование отдельных узлов и деталей с целью повышения их надежности и долговечности, снижения их себестоимости изготовления и эксплуатационных расходов у потребителей [3].

Первоначально гидравлические устройства ударного действия проектировались как рабочее оборудование машин для угольной и горнодобывающей промышленности. Положительный опыт использования машин с ударно-скалывающим исполнительным органом стимулировал расширение области применения гидроударников, особенно в дорожно-строительной, коммунальной, металлургической и других отраслях промышленности.

В указанных выше отраслях промышленности в качестве базовых машин преимущественно используются экскаваторы с рабочим оборудованием «обратная лопата» на колесном или гусеничном ходу. Гидроударник навешивается на рукоять вместо обычного рабочего оборудования – ковша.



Рисунок 1 - Ударно-скалывающий исполнительный орган колесного погрузчика ПК-33

Однако, применение экскаваторов не всегда экономически выгодно, так как основное назначение этих машин – экскавация грунта. Низкая мобильность экскаваторов, за исключением созданных на базе тракторов, при выполнении работ, особенно в коммунальной и дорожно-строительной отраслях, требующих частого перемещения техники из одного района в другой, приводит к неоправданным затратам времени. Сократить их можно двумя способами: созданием комбинированных высококомбинированных машин или использованием существующих, обладающих силовым гидроприводом и мобильностью более высокой, чем у экскаваторов. Первое направление не всегда экономически выгодно, так как приходится создавать практически новую машину. В Проблемной научно-исследовательской лаборатории «Силовые импульсные системы» ОрелГТУ был разработан, изготовлен и опробован гидроударник модели 2944 для колесного погрузчика ПК-33 производства АО «Погрузчик» (Орел) (рис. 1) [2]. Второе направление - создание навесного оборудования с гидроударником к отработанным моделям мобильных машин, например к фронтальным погрузчикам на пневмоколесном ходу. На рисунке 2 [4] изображен экскаватор-погрузчик производства ЗАО «Дормаш» г.

Орёл, который может послужить базой для навески гидравлического ударного устройства.

Применение гидроударников в качестве рабочих органов фронтальных погрузчиков позволяет значительно расширить область их применения и мобильность, создать новый тип высокомобильной техники, снизить затраты на перебазирование с объекта на объект, увеличить время полезной работы машины, что вкупе с многофункциональностью дает ощутимый экономический эффект, повышая производительность.

Некоторые из работ, выполняемых с помощью гидравлических машин ударного действия, предполагают использование сменного инструмента. К примеру, для уплотнения грунта применяется трамбовка, а обработка скального грунта осуществляется с использованием пики и клина. Работы по вскрытию подземных коммуникаций также не обходятся без гидромолота.



Рисунок 2 – Экскаватор-погрузчик Д-80



*Рисунок 3 - Испытательный комплекс гидроударников с насосным агрегатом
(разработан ПНИЛ «Силовые импульсные системы» ОрелГТУ. Гидроударник модели 2944)*

Таким образом, в будущем неотъемлемым атрибутом развития этого класса машин будет расширение модельных рядов, повышение функциональности, дальнейшее повышение мобильности и маневренности за счет использования передовых разработок в качестве базовых машин. Все шире будет их применение в коммунальном хозяйстве и в условиях городского строительства. Предусматривается внедрение в производство новых технологических процессов и гибких переналаживаемых систем, механизация и автоматизация, обеспечивающие повышение производительности труда, увеличение объемов производства, улучшение качества, экономию материальных ресурсов. Надежность будет обеспечена на высоком уровне за счет применения современных материалов и технологий, централизованной смазки

узлов, защиты от пыли и грязи, снижения воздействия высоких температур, а производительность повышена благодаря уменьшению времени простоя в ремонте и увеличению межремонтных периодов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушаков, Л. С. Гидравлические машины ударного действия [Текст] / Л. С. Ушаков, Ю. Е. Котылев, В. А. Кравченко. - М.: Машиностроение, 2000. - 416 с. с ил.
2. Ушаков, Л. С. Гидравлические ударные механизмы: опыт расчета и проектирования. Обзор гидравлических схем и конструкций. [Текст] / Л. С. Ушаков // Palmariumacademicpublishing. Германия. – 2013. - 280 с.
3. www.osl.ru.
4. www.orel-dormash.ru
5. Ушаков, Л. С. Импульсные технологии и гидравлические ударные механизмы [Текст]: учебное пособие для вузов / Л. С. Ушаков. - Орел: ОрелГТУ, 2009. - 250 с.
6. Ушаков, Л. С. Экспериментальный комплект оборудования для изучения автоколебательных систем [Текст] / Л. С. Ушаков, Д. А. Юрьев, В. А. Кравченко // Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия: Материалы II международного научного симпозиума. - Орел: ОрелГТУ. – 2003.
7. Сагинов, А. С. Гидропневмоударные системы исполнительных органов горных и строительно-дорожных машин [Текст] / А. С. Сагинов, А. Ф. Кичигин, А. Г. Лазуткин, И. А. Янцен. - М.: Машиностроение, 1980. - 220 с.
8. Лобанов, Д. П. Машины ударного действия для разрушения горных пород [Текст] / Д. П. Лобанов, В. Б. Горовиц. - М.: Недра, 1983.
9. www.atlascorco.ru. Проспект компании AtlasCorco
10. www.brokk.ru. Проспект компании Brokk
11. www.exkavator.ru
12. Ушаков, Л. С. Импульсные технологии в горном деле и строительстве [Текст] / Л. С. Ушаков. - Орел: ОрелГТУ, 2008.
13. Ушаков, Л. С. Краткий анализ работ по созданию гидравлических молотов [Текст] / Л. С. Ушаков, В. Б. Горовиц // Материалы V международного научного симпозиума. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК». - 2013.
14. Ределин, Р. А. Стенд для проведения экспериментальных исследований гидравлических устройств ударного действия [Текст] / Р. А. Ределин, Д. А. Юрьев, Л. С. Ушаков // Материалы V международного научного симпозиума. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – 2013.
15. Фролов, А. В. Повышение эффективности рабочих процессов и оборудования при разработке прочных грунтов [Текст] / А. В. Фролов. - Саратов, 2000. - 222 с.
16. Баловнев, В. И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве [Текст] / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М., 1983. - 183 с.
17. Ушаков, Л. С. Комплекс для исследования силовой импульсной системы [Текст] / Л. С. Ушаков, Д. А. Юрьев, Р. А. Ределин // Горное оборудование и электромеханика. - №4. - 2008. - С. 43 – 44.
18. Юрьев, Д. А. Исследование рынка гидравлических ударных устройств по основным рабочим параметрам [Текст] / Д. А. Юрьев, Ван ЦунЦзянь, Ю. Н. Каманин, Р. А. Ределин // Материалы V международного научного симпозиума. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». – 2013.
19. Маттис, А. Р. Перспективы применения экскаватора с ковшом активного действия в строительстве [Текст] / А. Р. Маттис, В. Н. Лабутин // Изв. вузов. Строительство и архитектура. - 1999. - №8. - С. 53-57.
20. Земсков, В. М. Направления развития конструкций машин для разрушения прочных грунтов [Текст] / В. М. Земсков, Н. В. Краснолудский // Материалы V международного научного симпозиума. - Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК». - 2013.
21. Ушаков, Л. С. Методика оценки технической безопасности гидравлических ударных механизмов [Текст] / Л. С. Ушаков, Н. С. Севрюгина // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. - № 4(47). – С. 69-77.

Трубин Алексей Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

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

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

E-mail: alextrubin@yandex.ru

A. S. TRUBIN

MODERN DEVELOPMENT TRENDS OF HYDRAULIC SHOCK ACTION MACHINES

The main domestic producers of hydraulic hammers are reviewed, comparison of the basic characteristics of foreign hydraulic hammers is made. The field of application and the ways of increasing the mobility of hydraulic shock devices are described. The primary trends of further development of hydraulic shock action machines are discussed.

Keywords: Pulse system, hydraulic hammer, working body, highly mobile machine, functionality, maneuverability, automation, high reliability.

BIBLIOGRAPHY

1. Ushakov, L. S. Gidravlicheskiemashinyudarnogodeystviya [Tekst] / L. S. Ushakov, YU. E. Kotylev, V. A. Kravchenko. - M.: Mashinostroenie, 2000. - 416 s. s il.
2. Ushakov, L. S. Gidravlicheskieudarnyemekhanizmy: opytrascchetaiproektirovaniya. Obzorgidravlicheskihkhemikonstruktsiy. [Tekst] / L. S. Ushakov // Palmarium academic publishing. Germaniya. - 2013. - 280 s.
3. www.osl.ru.
4. www.orel-dormash.ru.
5. Ushakov, L. S. Impul'snyetekhnologiiigidravlicheskieudarnyemekhanizmy [Tekst]: uchebnoeposobiedlyavuzov / L. S. Ushakov. - Orel: OrelGTU, 2009. - 250 s.
6. Ushakov, L. S. Eksperimental'nyykomplektoborudovaniyadlyaizucheniyaavtokolebatel'nykhsistem [Tekst] / L. S. Ushakov, D. A. YUr'ev, V. A. Kravchenko // Mekhanizmyimashinyudarnogo, periodicheskogoivibratsionnogodeystviya: Materialy II mezhdunarodnogonauchnogosimpoziuma. - Orel: OrelGTU. - 2003.
7. Saginov, A. S. Gidropnevmodarnyesistemyispolnitel'nykhorganovgornykhstroitel'no-dorozhnykh mashin [Tekst] / A. S. Saginov, A. F. Kichigin, A. G. Lazutkin, I. A. YAntsen. - M.: Mashinostroenie, 1980. - 220 s.
8. Lobanov, D. P. Mashinyudarnogodeystviyadlyarazrusheniya gornykhporod [Tekst] / D. P. Lobanov, V. B. Gorovits. - M.: Nedra, 1983.
9. www.atlascopco.ru. Prospektkompanii Atlas Sopco
10. www.brokk.ru. ProspektkompaniiVrokk
11. www.exkavator.ru
12. Ushakov, L. S. Impul'snyetekhnologii v gornom dele stroitel'stve [Tekst] / L. S. Ushakov. - Orel: OrelGTU, 2008.
13. Ushakov, L. S. Kratkiy analiz rabot po sozdaniyu gidravlicheskiikh molotov [Tekst] / L. S. Ushakov, V. B. Gorovits // Materialy V mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2013.
14. Redelin, R. A. Stend dlya provedeniya eksperimental'nykh issledovaniy gidravlicheskiikh ustroystv udarnogo deystviya [Tekst] / R. A. Redelin, D. A. YUr'ev, L. S. Ushakov // Materialy V mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2013.
15. Frolov, A. V. Povyshenie effektivnosti rabochikh protsessov i oborudovaniya pri razrabotke prochnykh gruntov [Tekst] / A. V. Frolov. - Saratov, 2000. - 222 s.
16. Balovnev, V. I. Intensifikatsiya zemlyanykh rabot v dorozhnom stroitel'stve [Tekst] / V. I. Balovnev, L. A. Hmara. - M., 1983. - 183 s.
17. Ushakov, L. S. Kompleks dlya issledovaniya silovoy impul'snoy sistemy [Tekst] / L. S. Ushakov, D. A. YUr'ev, R. A. Redelin // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. - №4. - 2008. - S. 43 - 44.
18. YUr'ev, D. A. Issledovanie rynka gidravlicheskiikh udarnykh ustroystv po osnovnym rabochim parametram [Tekst] / D. A. YUr'ev, Van TsunTSzyan', YU. N. Kamanin, R. A. Redelin // Materialy V mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2013.
19. Mattis, A. R. Perspektivy primeneniya ekskavatora s kovshom aktivnogo deystviya v stroitel'stve [Tekst] / A. R. Mattis, V. N. Labutin // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. - 1999. - №8. - S. 53-57.
20. Zemskov, V. M. Napravleniya razvitiya konstruktsiy mashin dlya razrusheniya prochnykh gruntov [Tekst] / V. M. Zemskov, N. V. Krasnoludskiy // Materialy V mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet - UNPK". - 2013.
21. Ushakov, L. S. Metodika otsenki tekhnicheskoy bezopasnosti gidravlicheskiikh udarnykh mekhanizmov [Tekst] / L. S. Ushakov, N. S. Sevryugina // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 4(47). - S. 69-77.

Trubin Alexey Sergeevich

FGBOU VPO «State university-unpk»

Address: 302030, Russia, g. Orel, Moskovskayast., 77

Post graduate student to «Hoisting-and-transport, building and road machines»

E-mail: alextrubin@yandex.ru

УДК 620.17.051

В. Г. МАЛИНИН, Н. А. МАЛИНИНА, Д. В. МАВЛЮБЕРДИНОВ

УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ТЕРМО И БАРОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЙ

В статье представлена доработка конструкции оригинальной установки, которая позволит проводить испытания в условиях сложного напряженного состояния в тонкостенных цилиндрических образцах в условиях термо и баромеханического воздействия.

Ключевые слова: сложное напряженное состояние, механические испытания материалов, высокое гидростатическое давление, испытание материалов при различных температурах.

Современное транспортное машиностроение, как отечественное, так и мировое, не обходится без внедрения новых конструкционных материалов призванных увеличить эффективность работы узлов и агрегатов транспортных машин. Ограничению широкого применения новых материалов препятствует недостаточное знание законов их функционально-механического поведения в различных условиях термомеханического воздействия, и как следствие отсутствие инженерных методик и критериев оценки прочности и жизнеспособности конструкций узлов и механизмов машин. Таким образом, складывается ситуация, когда при эскизном этапе работы над проектом совершенствования какого-либо изделия инженер, не использует материалы с необычными физикомеханическими свойствами в силу недостатка необходимой информации для их проектирования. В качестве примера можно привести, материал с эффектом памяти формы (ЭПФ), механические свойства которого определяются как термическим, так и механическим воздействиями. Особенно интерес представляет применение данного типа материалов в транспортном машиностроении [1-3]. Однако, не смотря на обилие патентов, материалы с ЭПФ применяется в практике только для достаточно простых конструкций, что как, замечает автор [4], вызвано отсутствием сформулированных инженерных методик расчета их напряженно деформированного состояния при различных видах термо и баромеханического нагружения.

Формулировка законов поведения материалов в различных условиях невозможна без экспериментальных установок, которые должны изменять, как вид напряженного состояния, так и температуру в испытываемых образцах и, тем самым, давать возможность, как для формулировки, так и для полноценной проверки критериев работоспособности изделий в различных условиях термомеханического воздействия. Подобные установки должны создавать в исследуемых образцах наиболее общий случай напряженно деформируемого состояния, путем одновременного действия высокого гидростатического давления, осевой силы, крутящего момента и температуры в тонкостенных цилиндрических оболочках. Тем самым реализовывая в образце трехосное напряженное состояние, главные значения которого можно изменять в широком диапазоне, моделируя нагрузки, приходящиеся на деталь кого-либо устройства. В работах [5, 6] по такой методике анализируются технологические процессы обработки металла давлением, даются рекомендации по улучшению процесса волочения проволоки.

В [7, 8] авторами предложена методика, удовлетворяющая требованиями по созданию наиболее общего случая нагружений исследуемого образца. Однако предложенная экспериментальная установка не позволяет проводить исследования механического поведения материала при различных значениях температуры, что существенно ограничивает моделирование работы узлов и агрегатов, где температура существенно влияет на их прочность, пластичность. В данной статье авторы предлагают вариант доработки созданной методики, для изу-

чения температурного воздействия на исследуемые материалы в условиях сложного напряженного состояния и высоких гидростатических давлениях.

Известно несколько методов изменения температуры в испытательной камере, в которой реализуется высокое гидростатическое давление:

- нагрев и охлаждение камеры высокого давления осуществляется снаружи [9];
- нагрев осуществляется внутри при помощи электропечи сопротивления, а охлаждение путем теплообмена с окружающей средой - окружающий воздух [10], жидкий азот или водяная рубашка [11].

Нагрев внутри камеры высокого давления (КВД) применяют при высоких температурах испытания (до 1273К), когда возникает опасность ослабить прочность испытательной камеры, для дополнительной защиты КВД от перегрева применяется рубашка охлаждения. Данный способ хорошо зарекомендовал себя при испытаниях в газовых средах, однако, при проведении исследований в жидкой среде, ввиду более высокой теплопроводности жидкостей, возникает сложность в поддержание постоянной температуры среды, в которой происходят испытания.

В случае, когда достижение высоких температур не требуется, более эффективно осуществлять передачу тепла внешним нагревом КВД. При этом исследуемый верхний диапазон температур может [9] составлять 508 К, что достаточно для изучения термомеханического поведения материалов с ЭПФ. При этом для поддержания постоянной температуры испытания необходимо значительно меньшее количество энергии. Следует так же заметить, что конструктивное решение при внешнем нагреве могут быть разнообразнее и проще, например, возможно использование стандартных термостатов [9]. Термостат так же может быть использован для охлаждения рабочей среды в камере высокого давления.

Ввиду сложностей размещения нагревательного элемента внутри КВД и в силу конструктивных особенностей установки, авторами статьи был выбран метод регулирования температуры испытаний снаружи камеры высокого давления. Схема терморегулирования установки представлена на рисунке 1.

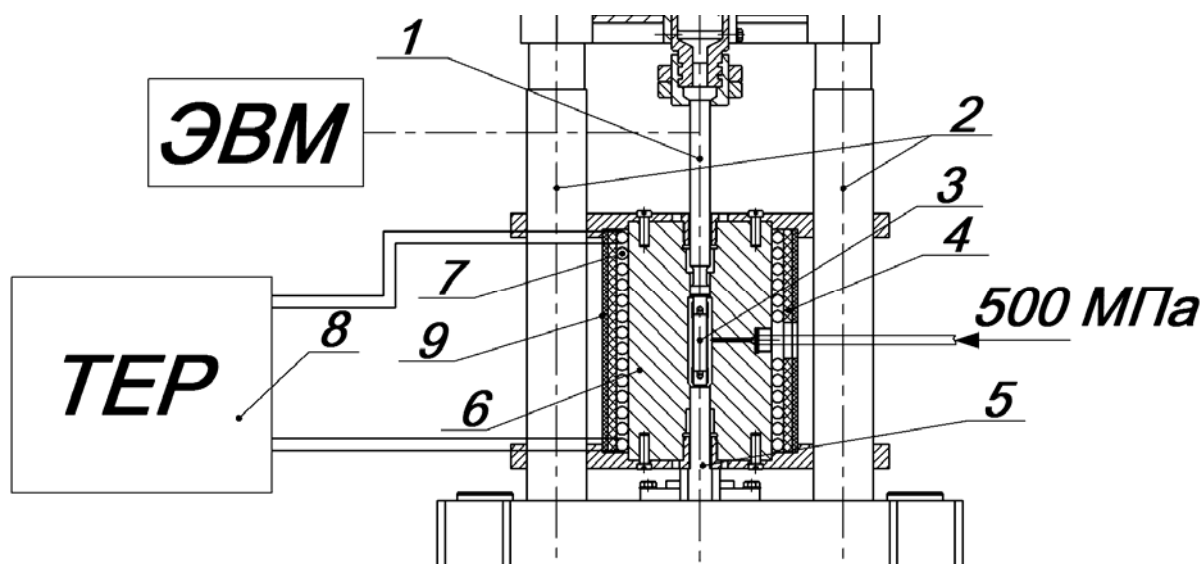


Рисунок 1 – Схема терморегулирования установки ВГД

1 – верхний шток; 2 – силовая рама; 3 – образец; 4 – теплоизоляционный материал;
5 – нижний шток; 6 – камера высокого давления; 7 – медные трубки; 8 – термостат; 9 – кожух

Нагрев или охлаждение КВД осуществляется путем теплопередачи от медных трубок. Для уменьшения теплопотерь вокруг трубок проложен теплоизоляционный материал. Медные трубки соединяются с термостатом, схема которого представлена на рисунке 2.

Термостат может работать в двух режимах: в режиме нагрева, жидкость в данном случае нагревается от электрической печи, и в режиме охлаждения, жидкость поступает в пластинчатый теплообменник, который может быть погружен в среды с различной температурой, например в сухой лед. В качестве рабочей жидкости используется тосол.

Измерение температуры во время испытаний осуществляется термопарой на основе сплава из хромель-алюмеля, расположенной на измерительной ячейке верхнего штока, введенными внутрь камеры высокого давления через тензовод штока. Выбор термопары на основе сплава хромель-алюмель (ХА) определялся малой величиной изменения ЭДС с ростом гидростатического давления [12].

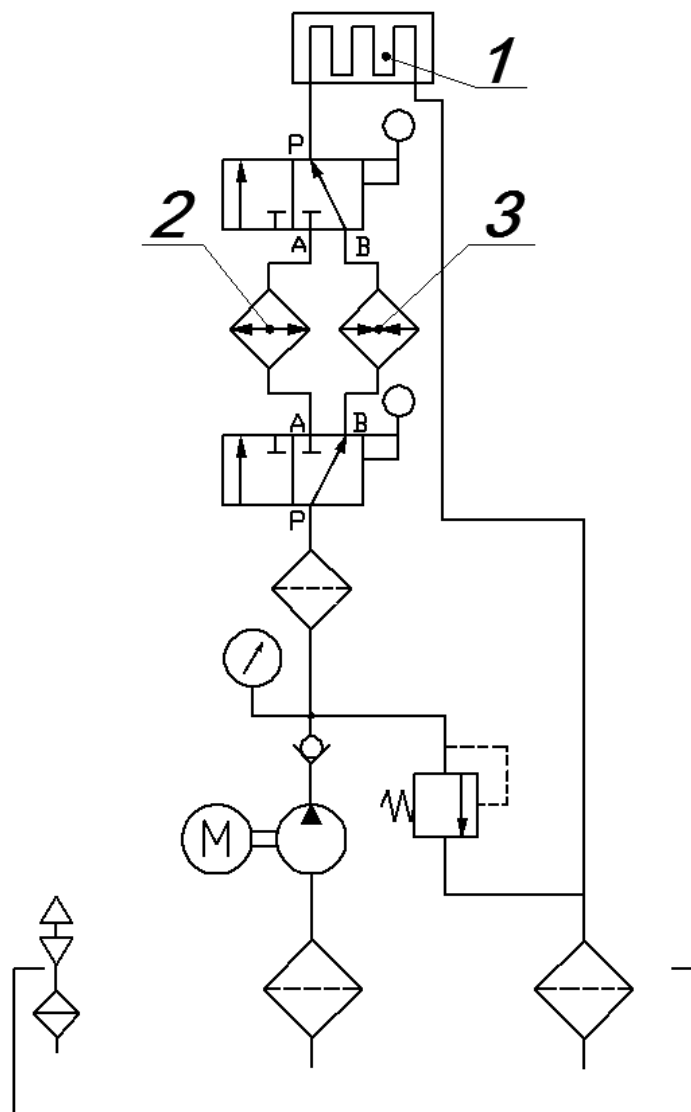


Рисунок 2 – Гидравлическая схема термостата

1 – медные трубки; 2 – пластинчатый теплообменник; 3 – электрическая печь

Измеренное значение температуры, вместе с другими параметрами процесса нагружения образца, отображается на экран ЭВМ. При замене ручной распределительной аппаратуры на электрическую аппаратуру, возможна автоматизация процесса задания температуры испытаний.

Таким образом, доработанная установка для проведения испытания позволяет, кроме нагружения тонкостенных трубчатых образцов в условиях сложного напряженного состояния при гидростатическом давлении до 500 МПа, так же осуществлять регулирование температуры испытаний. Это дает возможность проводить более полные и корректные исследования с целью получения и проверки определяющих соотношений теории пластичности, на основании которых становится возможна разработка инженерных методик расчета конструкций и устройств из новых материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. US20030106761 A1 Соединенные Штаты Америки. Shape memory alloy wrap spring clutch [Текст] / № US 10/017,284; заявл. 07.01.01; опубл. 12.06.03. - 5 с.:ил.
2. Пат. US8662443 B2 Соединенные Штаты Америки. Shape memory alloy actuated torsion lock [Текст] / № US 13/019,973; заявл. 14.03.14; опубл. 02.02.11. - 17 с.:ил.
3. Пат. EP2000718 A1 Европейский союз. Thermally activated pressure relief device with shape memory effect material [Текст] / № EP20070109508; заявл. 04.06.07; опубл. 10.12.08. - 7 с.: ил.
4. Богатов, А. А. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением [Текст] / А. А. Богатов. - М.: Металлургия, 1984. - 144 с.
5. Богатов, А. А. Влияние гидростатического давления на пластичность при малоциклового усталости металлов [Текст] / А. А. Богатов // Физика металлов и материаловедение. - 1979. - Выпуск №4. - Том 47. - С. 854-857.
6. Разов, А. И. Механика материалов с эффектом памяти формы: Теоретические и прикладные исследования [Текст] / А. И. Разов. - Санкт-Петербург, 2000. - 359 с.
7. Малинин, В. Г. Универсальный стенд для испытания материалов в условиях высокого гидростатического давления и контролируемого сложного напряженного состояния [Текст] / В. Г. Малинин, Н. А. Малинина, Д. В. Мавлюбердинов, Д. К. Петров // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия «Естественные, технические и медицинские науки». - Орел: изд-во ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». - 2014. - С. 61-64.
8. Пат. №115483 Российская федерация. Универсальная испытательная машина для проведения исследований материалов в условиях высокого гидростатического давления [Текст] / № 2011151215/28; заявл. 14.12.11; опубл. 27.04.12. 4 с.: ил.
9. Чурбаев, Р. В. Влияние давления на хрупкопластический переход и пластичность металлов при различных скоростях и температурах деформации [Текст] / Р. В. Чурбаев. - Екатеринбург, 1993. - 23 с.
10. Беляев, С. П. Функциональные свойства никелида титана при комплексных физико-механических воздействиях [Текст]. - Санкт-Петербург, 2011. - 279 с.
11. Верещагин, Л. Ф. Избранные труды. Твердое тело при высоких давлениях [Текст] / Л. Ф. Верещагин. - Издательство «Наука», 1981. - 286 с.
12. Рогельберг, И. Л. Сплавы для термопар [Текст]: справочное издание / И. Л. Рогельберг. - М.: Машиностроение, 1983. - 360 с.

Малинин Владислав Георгиевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

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

Д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой «Динамика и прочность машин»

Малинина Надежда Аркадьевна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

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

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Динамика и прочность машин»

Мавлюбердинов Дмитрий Вадимович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

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

Аспирант кафедры «Динамика и прочность машин»

E-mail: Dmitry_mav@mail.ru

V. G. MALININ, N. A. MALININA, D. V. MAVLYUBERDINOV

TEST MACHINE FOR INVESTIGATION MATERIAL UNDER CONTROLLED TERMO AND BAROMECHANICAL CONDITIONS

The paper is presented improvements of test machine that helps investigate material under complex load in cylindrical samples under thermal and baromechanical conditions.

Keywords: *complex load; mechanical investigation of materials, high hydrostatic pressure, investigation of materials under different temperature.*

BIBLIOGRAPHY

1. Pat. US20030106761 A1 SoedinennyeShtatyAmeriki. Shape memory alloy wrap spring clutch [Tekst] / № US 10/017,284; zayavl. 07.01.01; opubl. 12.06.03. - 5 s.: il.
2. Pat. US8662443 B2 SoedinennyeShtatyAmeriki. Shape memory alloy actuated torsion lock [Tekst] / № US 13/019,973; zayavl. 14.03.14; opubl. 02.02.11. - 17 s.: il.
3. Pat. EP2000718 A1 Evropeyskiysoyuz. Thermally activated pressure relief device with shape memory effect material [Tekst] / № EP20070109508; zayavl. 04.06.07; opubl. 10.12.08. - 7 s.: il.
4. Bogatov, A. A. Resursplastichnostimetallovpriobrabotkedavlenie [Tekst] / A. A. Bogatov. - M.: Metallurgiya, 1984. - 144 s.
5. Bogatov, A. A. Vliyaniemgidrostaticheskogodavleniyapanastichnost` primalotsiklovoyustalostimetallov [Tekst] / A. A. Bogatov // Fizikametallovmaterialovedenie. - 1979. - Vypusk №4. - Tom 47. - S. 854-857.
6. Razov, A. I. Mekhanikamaterialov s efektompamyatiformy: Teoreticheskieiprikladnyeissledovaniya [Tekst] / A. I. Razov. - Sankt-Peterburg, 2000. - 359 s.
7. Malinin, V. G. Universal`nyustenddiyaispytaniyamaterialov v usloviyakhvysokogogidrostaticheskogodavleniyaikontroliruemogoslozhnogonapryazhennogosostoyaniya [Tekst] / V. G. Malinin, N. A. Malinina, D. V. Mavlyuberdinov, D. K. Petrov // UchenyepapiskiOrlovskogogosudarstvennogouniversiteta. Seriya "Estestvennye, tekhnicheskiesiemeditsinskienauki". - Orel: izd-vo FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK". - 2014. - S. 61-64.
8. Pat. №115483 Rossiyskayafederatsiya.Universal`nayaipyatel`nayaishinadlyapovedeniyaissledovaniyamaterialov v usloviyakhvysokogogidrostaticheskogodavleniya [Tekst] / № 2011151215/28; zayavl. 14.12.11; opubl. 27.04.12. 4 s.: il.
9. Churbaev, R. V. Vliyaniemavleniyankhrupkoplasticheskoyiperekhodiplastichnost` metallovpriprazlichnykhskorostyakhitemperaturakhdeformatsii [Tekst] / R. V. Churbaev. - Ekaterinburg, 1993. - 23 s.
10. Belyaev, S. P. Funktsional`nyesvoystvanikelidatanaprikompleksnykhfizikomekhanicheskikhvozdeystviyakh [Tekst]. - Sankt-Peterburg, 2011. - 279 s.
11. Vereshchagin, L. F. Izbrannyetrudy. Tverdoeteloprivysokikhdavleniyakh [Tekst] / L. F. Vereshchagin. - Izdatel'stvo "Nauka", 1981. - 286 s.
12. Rogel'berg, I. L. Splavydlyatermopar [Tekst]: spravochnoeizdanie / I. L. Rogel'berg. - M.: Mashinostroenie, 1983. - 360 s.

MalininVladislavGeogeevich

FGBOU VPO «State University –UNPK»

Address: 302020, Rossia, g. Orel, Naugorskoe, 29

Dr. Dr. of Physic and Mathematic Sc., professor, the head of «Dynamic and strength of material»

MalininaNadegdaArkadeevna

FGBOU VPO «State University –UNPK»

Address: 302020, Rossia, g. Orel, Naugorskoe, 29

Dr. Dr. of Technical Sc., professor of «Dynamic and strength of material»

Mavlyuberdinov Dmitry Vadimovich

FGBOU VPO «State University –UNPK»

Address: 302020, Rossia, g. Orel, Naugorskoe, 29

Post graduate student of «Dynamic and strength of material»

E-mail: Dmitry_mav@mail.ru

СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Опыт проведения работ с использованием строительной техники (экскаваторов, бульдозеров, погрузчиков и т.д.) демонстрирует, что зачастую техника и человек-оператор работают в сложных производственных условиях. Выполнение работ в среде грозящей обрушением, на нестабильной или зараженной местности, при разборке завалов, увеличивает общее воздействие на организм оператора неблагоприятных факторов производственной среды. В условиях, при которых оператор подвергает себя риску, на территории производства рационально применять технологии удаленного управления технологическими процессами.

Ключевые слова: агрессивная среда, ликвидация, машина, безопасность, система управления.

INTRODUCTION

The designers developing modern construction and road-making machinery have to take into account a variety of functionality indices determined by psychophysical capabilities of operators, to ensure efficient and safe operation within the man-machine-environment system.

It is due to the fact that, as long the industry development intensifies and new machinery is conceived, the operators's activity is becoming increasingly complex and subject to stresses. The functional specifications of construction and road-making machinery do not at all times meet the requirements of the sites where it is operated. This results in deployment of substandard process layouts, which, in turn, leads to impaired efficiency and increased labor consumption [6, 13]. Such production sites feature specific operational conditions, whether natural and climatic or due to the highest level of man-made impact. Ensuring quality and safety of the operational tasks under such conditions becomes a real challenge, and the environment conditions set thresholds for the operator's work. On great many occasions, when the personnel's actions prove to be wrong, it is not due to poor skill level (though there are many problems on this side as well) but to the mismatch between the machinery's design features and human capabilities [14]. The physical environment of the production site has to correlate with the human performance features, and only then one can expect high productivity from him/her [10]. Certain conditions demand from operators to use their psychophysical capabilities to the utmost extent, which, under adverse operational environment, may provoke erroneous actions, resulting not from poor skill level but from the mismatch between the machinery's design features and the operational environment, on the one side, and human capabilities.

Adverse factors in the operational environment provoke occupational diseases of operators, often resulting in permanent disability [11]. The operators of construction and road-making machinery are subjected to continuous vibration loads, noises, and dust, which can give rise to hand-arm vibration syndrome, hearing disturbances, diseases of peripheral nervous system, locomotor and respiratory diseases. Unfortunately, the design of modern digging and road-making machinery fails to ensure protection of operators from adverse factors caused both by operational environment and the machines [20].

Various transport, digging, filling, compacting, and crushing machinery is used at the above sites, all subjected to aggressive environment and quickly going out of service.

If we consider a specific machine as a complex unit of equipment, the principal natural, climatic, and environmental factors produce the following impact on it (tab.1):

Table 1 - Factors affecting the device

High temperature	reduced viscosity and modified structure of diesel fuel, lubricants, pressure and process fluids, impaired cooling of internal combustion engines, accelerated ageing of rubber seals and other insulating materials
Low temperature	increased viscosity of diesel fuel, congealed lubrication oils and solid greases, frozen condensate in pneumatic systems, reduced toughness of steels, hardened and embrittled rubber seals
Increased humidity	accelerated corrosion of steel parts, reduced insulation resistance, water intrusion into fuel and process liquids, mold build-ups
Reduced humidity	thickening lubrication oils, drying out seals, fracturing insulation materials
Sun radiation	changing coefficient of friction for friction materials, accelerated ageing of polymer coatings
Wind	drying of materials, increased heat output of machine parts and extra strain on them
Dust	changing coefficient of friction for friction materials, clogging of ducts and reduction of air flows, impaired cooling and ventilation, build-up on heated surfaces reduces heat exchange, and intensely heated items may become a source of ignition
Aggressive environment	accelerated deterioration of materials. The following groups of environments is among the most widespread: potent oxidizers (nitric, chromic acids etc.); mineral and organic acids (phosphoric, acetic acids, etc.); alkali; organic compounds (petroleum products, etc.); halogen compounds. Aggressive environments can produce chemical transformation, deterioration, cracking, stiffening, etc.

MATERIALS AND METHODS

Working under complicated operational conditions relies on operation, upkeep, and maintenance costs of machinery. If insufficient capacity, inappropriate or unreliable equipment is selected, early failures may occur which, under urgent work pressure, may prove to be critical.

Special operational conditions for machinery are accounted for at the stage of design and manufacture. Modern equipment is manufactured in various climatic options as regards their fitness for operation in various macroclimatic zones: for cold, moderate, arid, or humid tropical climate. Standard machinery greatly outnumbers the specialized options, which is due to overwhelming proportion of brown field areas with moderate climate, as well as to manufacturing industrial facilities, production cost of machinery etc. In this connection, it is necessary to adapt standard machinery to special operational conditions by means of special refit and by changing their modes of operation [5]. Such necessity arises during operation of standard machinery in climatic areas with high temperature fluctuations or when it is required to operate such machinery in a variety of meteorologic conditions [7].

To adapt process systems to their operational conditions, proven methods are used to refit such systems, thus obtaining high efficiency of standard equipment under special conditions. The solutions improving the efficiency of machinery have to be coordinated against each factor affecting the productivity (purpose, operational environment, operating mode, technical condition, technologies deployed) and the duration of the machinery operation, as well as any possible variations of all these factors. Therefore, the aggregate range of impact for each specific factor builds into the set of positive/adverse factors affecting the productivity of process systems.

Analysis of the man-machine-environment system enables to suggest a way to reduce the impact of aggressive environment on such system [3]:

- develop a set of activities which have to include the selection and setup of specialized equipment;
- remove the operator from the potential hazard area where the operations are carried out by implementing remote control;

- comprehensive integration of technology to improve efficiency, safety, and enhance quality control of the processes and remake them into a single high added value production line.

This is what brings research and development of deploying modern remote control systems in construction and road making machinery to the top of the chart in order to improve the productivity of machinery, enhance the safety and quality control of the jobs carried out. There is a widespread solution for such tasks: a team of equipment enabling two operation modes, direct or remote, depending on the operational conditions.

INFORMATIVE PART

Currently the electronic control systems of construction and road making machinery are monitoring and optimizing the operation of the engine, hydraulics, all sensors and operating controls, and ensure that information is shown on the display. The consistent operation of such electronic control systems is due to digital communication and control features applied. Operators may use the electronic control system to adjust the operating force and receive feedback about the condition of and load on such machinery resulting from interaction with the objects [12, 15]. Reliable feedback is ensured between the operator and equipment, to monitor the reaction force when actuators contact the working surface. The existing level of construction and road making machinery and the capabilities of radio electronic features enable creation of a set of radio devices which can be applied to provide remote control over operation of specialized machinery under a variety of conditions.

The capability to handle the necessary process operations is the key functionality for construction machinery remote control systems. It can only become possible subject to a fail-free control of the actuators of such machinery, which requires a homogeneity and optimization of operation for all units and modules. The construction machinery control system operation can divide into the following tasks:

- a) principal: a set of control features to carry out the machinery operational cycle (its core function).
- b) auxiliary: a set of auxiliary features enabling control between the operational cycles.
- c) visual and spatial control of process operations. A system of cameras, microphones, positioning sensors, and data from the electronic control console enables visualization of parameters and positioning of the machinery and of the working members of its actuators.

The world experience of using technology remote control for road construction and utility vehicles allowed to identify the main company in developing the direction of the remote control equipment. It is known for world class companies (Volvo, CAT, Komatsu, Brokk, XCMG, CHETRA), as well as design Bureau offering services for the conversion of standard equipment for the remote control (Hetric, Brodrene Gjermundshaug Anlegg AS, Armofer Cinerari Luigi S.r.l.).

A variety of remote control means is large because a significant impact on their development district operating conditions, perform a production task and the type of Construction and Road-Making Machines [4, 8, 9, 17, 18]. Therefore, the requirements to the means of remote control will be in each case different. The analysis of literary sources allows to determine what remote control Construction and Road-Making Machines can be classified as follows:

System:

- special purpose RMS;
- group of RMS.

Control channel:

- wire;
- radio;
- laser (infrared).

Controller:

- remote control (the remote control to perform the main work tasks);
- point the remote control (the control is equipped with elements for remote control of the machine, often repeats the functionality of the operator).

The level of automation:

- full control by the operator;
- partial automation of the operating cycle;
- full automation of the business cycle.

We established that the design specifics of the construction and road-making machines enable them to go far beyond the standard process layout giving into a much wider range of application, up to aggressive and hazardous environments. Such conditions may become incompatible with the normal psychophysical loads on construction machinery operators, resulting in a variety of adverse effects. There are modern examples of successful deployment of remote control over machinery. In 2010 Brodrene Gjermundshaug Anlegg AS. was busy reclaiming the territory of a former military firing range on the territory of the actual Dovre National Park (Norway). The hazard consisted in the occurrence of many unexploded shells in the ground. One of the operators, Havard Thoressen, said: "It was quite a strange bit of experience, learning to do my normal job sitting in a steel box miles away from the place I am actually working at. It took me about two weeks to get used to the new way of working. First we had some difficulties to retain control over everything, but now there are no more problems" [2]. This is the justification for remote control system implementation in operation of construction and road-making machines in aggressive environments, to reduce psychophysical loads on the operators and enhance their safety.

CONCLUSION

Operational and design are the two types of requirements applied to the construction machinery remote control systems.

Operational requirements consist in fail-safe and reliable operation of all remote control systems under the given weather and climatic conditions. The importance of this condition is due to the fact that the current development of equipment mostly targets its improved precision and implementation into control systems of high speed computers assuming an increasing amount of the operators' functions. Such control systems are complex and contain many different components. Whereas a failure of any single component may disturb the operation of the entire system, it is, therefore, of utmost importance that all components and the system as a whole should be highly reliable [1].

Design requirements consist in quality of the installed features' operation. It must have minimal dimensions and weight, resist overloads, and be immune to vibration. These features should be operable under a wide range of temperatures, humidity, and pressure.

Remote control features fitted on the construction machinery will increase its base cost up to 30%. Taking into account the process operations carried out by the machinery and the conditions of such operation, the development of remote control sets for such machinery must be based on the value added. This consideration is viable both to design new machinery and to retrofit the existing equipment. For the latter, to avoid excessive costs, onboard equipment may be installed without any material redesign of the machinery. The consideration of extra costs is overshadowed by the totally different level of safety and comfort offered by the remote control systems.

At this stage of the research we established that the design specifics of the construction and road-making machines enable them to go far beyond the standard process layout giving into a much wider range of application, up to aggressive and hazardous environments. Such conditions may become incompatible with the normal psychophysical loads on construction machinery operators, resulting in a variety of adverse effects. Justification was provided for remote control system implementation in operation of construction and road-making machines in aggressive environments, to reduce psychophysical loads on the operators and enhance their safety [16, 19].

Further research will focus on the technical aspects of the project safe and effective system of remote control of Construction and Road-Making Machines.

Статья подготовлена на основе материала авторской статьи Волкова Е.А. "Justification for Remote Control of Construction and Road-Making Machines" (<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/39973/22175>)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов, А. А. Технические основы создания машин [Текст] / А. А. Богомолов. - Белгород: БГТУ им В.Г. Шухова, 2008.
2. CAT Magazine Issue 2/2010. Shaping the future by remote control. Date Views 14.09.2012 mining.cat.com/miningtechnology.
3. Hirabayashi T. (2006). Name lost. *KENSETSU KIKAI Magazine*, 42(6), 27-32.
4. Kajita Shigeo, Awano Katsusuke, Tozawa Shoji, Nishikawa Hiroyasu. Remote radio operating system, and remote operating apparatus, mobile relay station and radio mobile working machine. PatentNo.: EP 0 976 879 B1. DateofaPatent: 20.12.2006.
5. Каракулев, А. В. Эксплуатация строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин [Текст] / А. В. Каракулев, М. Е. Ильин, О. В. Маркеданец. - Москва: Транспорт, 1991.
6. Хмара, Л. А. Определение средств механизации для разборки разрушенных зданий на основе анализа структуры завала [Текст] / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Механизация Строительства. - 2012. - №1.
7. Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация, автоматизация и механовооруженность строительства [Текст] / Е. М. Кудрявцев. - Москва: Стройиздат, 1989.
8. Martin Carlsson. Control system for a remote control work machine. Patent No.: US 2011/0282519 A1. Date of a Patent: Nov, 17.2011.
9. Michael A. Staab. Remotely controlled backhoe. Patent No.: US8,272,467 B1. DateofaPatent: Sep, 25.2012.
10. Мунипов, В. М. Основы эргономики [Текст] / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. - Москва: Логос, 2001.
11. Порожнюк, Л. А. Роль экологического аудита в управлении отходами в Белгородской области [Текст] / Л. А. Порожнюк, В. А. Василенко, Е. С. Порожнюк // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2012. - С. 177-180.
12. Robert S., James M., Leif A. Remote Control System. Patent No.: WO 02/061515 A2. Date of a Patent: Jan, 29.2002.
13. Романович, А. А. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных строительных, дорожных и коммунальных машин [Текст] / А. А. Романович, Е. В. Харламов. - Белгород: БГТУ им В.Г. Шухова, 2009.
14. Скопылатов, И. А. Управление персоналом [Текст] / И. А. Скопылатов, О. Ю. Ефремов // Библиотекарь.ру URL: <http://www.bibliotekar.ru/biznes-33/24.htm>. (дата обращения: 18.01.2013).
15. Safford, Edward Zenfesty. Radio control manual / S.E.Zenfesty VII, 192 p.p., ill., 1.25 sh «Brif Nat. Bibliogr.» 1973. - Slough: Fonlskam, 1973. -№ 1231: 19.
16. Севрюгина, Н. С. Обоснование применения систем дистанционного управления строительными-дорожными машинами [Электронный ресурс] / Н. С. Севрюгина, Е. А. Волков, Е. П. Литовченко // Современная Прикладная Наука, Выпуск. 8, № 5. Дата обращения 17.09.2014 www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/39973/22175.
17. Steven E. Nielsen, Curtis Chambers. Virtual white lines for delimiting planned excavation sites. PatentNo.: US8,218,827 B2. DateofaPatent: Jul, 10.2012.
18. Устинов, Ю. Ф. Проблема построения систем дистанционного управления землеройно-транспортными машинами [Текст] / Ю. Ф. Устинов, И. М. Тепляков, А. А. Кононов, Ю. В. Авдеев // Известия вузов. Строительство. - 2006. -№ 1. - С.83-86.
19. Волков, Е. А. Изучение эргономических характеристик технологических машин, как фактора оценки эффективности системы "человек-машина-среда" [Текст] / Е. А. Волков // Безопасность труда в промышленности. - 2013. - №6. - С. 32-34.
20. Зорин, В. А. Требования безопасности к наземным транспортным системам [Текст]: учебник / В. А. Зорин, В. А. Даугелло, Н. С. Севрюгина. - Белгород.: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009.

Волков Евгений Александрович

ФГБОУ ВПО «Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова»
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Аспирант кафедры "Сервис транспортных и технологических машин"
E-mail:ujinisthebigwolf@yandex.ru

Корнеев Артем Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова»
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Старший преподаватель кафедры "Сервис транспортных и технологических машин"

E. A. VOLKOV, A. S. KORNEEV

**REMOTE CONTROL SYSTEMS
FOR CONSTRUCTION AND ROAD-MAKING MACHINES**

It is evident from the experience of operating the construction machinery (excavators, bulldozers, loaders etc.) that quite often the machinery and its operators are working under severe conditions. Working under threat of rock fall, on unstable or contaminated grounds, or debris handling tends to increase the impact of adverse occupational environment on the operators' health. When the operators are at risk, it is advisable to deploy remote process control technologies on the work sites. This is what brings research and development of modern remote control systems to the top of the chart in order to improve the productivity of machinery, enhance the safety and quality of the jobs carried out. The use of remote control will exclude the adverse impact of aggressive environment during the process operations.

Keywords: aggressive environment, elimination, machine, safety, control system.

BIBLIOGRAPHY

1. Bogomolov, A. A. Tekhnicheskie osnovy sozdaniya mashin [Tekst] / A. A. Bogomolov. - Belgorod: BGTU im V.G. Shukhova, 2008.
2. CAT Magazine Issue 2/2010. Shaping the future by remote control. Date Views 14.09.2012 mining.cat.com/miningtechnology.
3. Hirabayashi T. (2006). Name lost. KENSETSU KIKAI Magazine, 42(6), 27-32.
4. Kajita Shigeo, Awano Katsusuke, Tozawa Shoji, Nishikawa Hiroyasu. Remote radio operating system, and remote operating apparatus, mobile relay station and radio mobile working machine. Patent No.: EP 0 976 879 B1. Date of a Patent: 20.12.2006.
5. Karakulev, A. V. Eksploatatsiya stroitel'nykh, putevykh i pogruzochno-razgruzochnykh mashin [Tekst] / A. V. Karakulev, M. E. Il'in, O. V. Markedanets. - Moskva: Transport, 1991.
6. Hmara, L. A. Opredelenie sredstv mekhanizatsii dlya razborki razrushennykh zdaniy na osnove analiza struktury zaval [Tekst] / L. A. Hmara, S. V. Shatov // Mekhanizatsiya Stroitel'stva. - 2012. - №1.
7. Kudryavtsev, E. M. Kompleksnaya mekhanizatsiya, avtomatizatsiya i mekhanovoorozhennost' stroitel'stva [Tekst] / E. M. Kudryavtsev. - Moskva: Stroyizdat, 1989.
8. Martin Carlsson. Control system for a remote control work machine. Patent No.: US 2011/0282519 A1. Date of a Patent: Nov, 17.2011.
9. Michael A. Staab. Remotely controlled backhoe. Patent No.: US8,272,467 B1. Date of a Patent: Sep, 25.2012.
10. Munipov, V. M. Osnovy ergonomiki [Tekst] / V. M. Munipov, V. P. Zinchenko. - Moskva: Logos, 2001.
11. Porozhnyuk, L. A. Rol' ekologicheskogo audita v upravlenii otkhodami v Belgorodskoy oblasti [Tekst] / L. A. Porozhnyuk, V. A. Vasilenko, E. S. Porozhnyuk // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. - Belgorod: BGTU im. V.G. Shukhova. - 2012. - S. 177-180.
12. Robert S., James M., Leif A. Remote Control System. Patent No.: WO 02/061515 A2. Date of a Patent: Jan, 29.2002.
13. Romanovich, A. A. Tekhnicheskaya eksploatatsiya pod"emno-transportnykh stroitel'nykh, dorozhnykh i kommunal'nykh mashin [Tekst] / A. A. Romanovich, E. V. Harlamov. - Belgorod: BGTU im V.G. Shukhova, 2009.
14. Skopylatov, I. A. Upravlenie personalom [Tekst] / I. A. Skopylatov, O. YU. Efremov // Bibliotekar.ru URL: <http://www.bibliotekar.ru/biznes-33/24.htm>. (data obrashcheniya: 18.01.2013).
15. Safford, Edward Zenfesty. Radio control manual / S.E.Zenfesty VII, 192 p.p., ill., 1.25 sh "Brif Nat. Bibliogr." 1973. - Slough: Fonskam, 1973. -№ 1231: 19.
16. Sevryugina, N. S. Obosnovanie primeneniya sistem distantsionnogo upravleniya stroitel'nymi-dorozhnymi mashinami [Elektronnyy resurs] / N. S. Sevryugina, E. A. Volkov, E. P. Litovchenko // Sovremennaya Prikladnaya Nauka, Vypusk. 8, № 5. Data obrashcheniya 17.09.2014 www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/39973/22175.
17. Steven E. Nielsen, Curtis Chambers. Virtual white lines for delimiting planned excavation sites. Patent No.: US8, 218,827 B2. Date of a Patent: Jul, 10.2012.
18. Ustinov, YU. F. Problema postroyeniya sistem distantsionnogo upravleniya zemleroyno-transportnymi mashinami [Tekst] / YU. F. Ustinov, I. M. Teplyakov, A. A. Kononov, YU. V. Avdeev // Izvestiya vu-zov. Stroitel'stvo. - 2006. -№ 1. - S.83-86.
19. Volkov, E. A. Izuchenie ergonomicheskikh kharakteristik tekhnologicheskikh mashin, kak faktora otsenki effektivnosti sistemy "chelovek-mashina-sreda" [Tekst] / E. A. Volkov // Bezopasnost' truda v promyshlenno-sti. - 2013. - №6. - S. 32-34.
20. Zorin, V. A. Trebovaniya bezopasnosti k nazemnym transportnym sistemam [Tekst]: uchebnik / V. A. Zorin, V. A. Daugello, N. S. Sevryugina. - Belgorod.: BGTU im. V.G. Shukhova, 2009.

Volkov Evgeny Aleksandrovich

FGBOU VPO «Belgorod State Technological University named after VG Shukhov»

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

Graduate student

E-mail: ujinisthebigwolf@yandex.ru

Korneev Artem Sergeevich

FGBOU VPO «Belgorod State Technological University named after VG Shukhov»

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

Senior lecturer in the «Tools transport and technological machines»

УДК 62-831.2

А. В. САМОТКАНОВ

СНИЖЕНИЕ МОЩНОСТИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА ОХЛАЖДЕНИЯ НА ТЯГОВОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

Приведена математическая модель мощности потерь энергии электропривода с двумя асинхронными двигателями, один из которых содержит поворотный статор. Рассчитана мощность потерь электропривода при его работе на тяговом подвижном составе при питании от вспомогательного синхронного генератора на различных позициях контроллера машиниста. Синтезирована автоматическая система регулирования температуры обмоток тяговой асинхронной машины, обеспечивающая минимизацию мощности потерь энергии электропривода вентилятора охлаждения.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, поворотный статор, тяговый двигатель, мощность потерь, температура обмоток

В данной статье рассмотрены вопросы оптимизации электропривода вентилятора охлаждения на тяговом подвижном составе с точки зрения энергетических показателей качества. В качестве оптимизируемого показателя качества выбрана мощность потерь энергии, в качестве электропривода вентилятора рассмотрен электропривод с двумя асинхронными двигателями, один из которых содержит поворотный статор [1].

Математическое описание электропривода с двумя фазными асинхронными двигателями, статор одного из которых выполнен поворотным, а роторы соединены посредством добавочных резисторов, осуществлен на основе схемы замещения (рис. 1) и двухфазной модели электропривода.

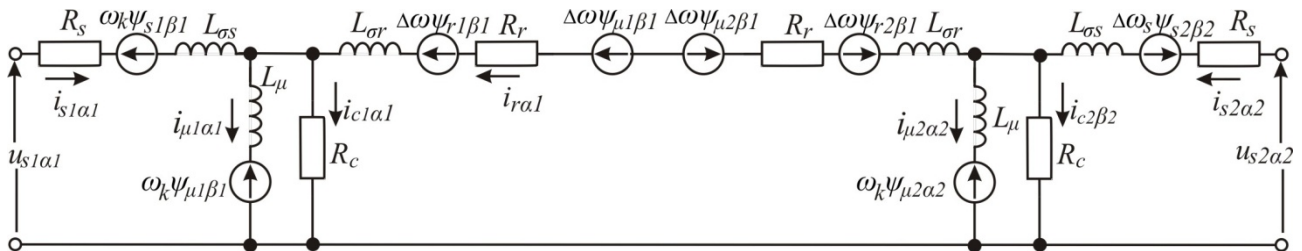


Рисунок 1 – Эквивалентная схема замещения одной фазы электропривода

Система дифференциальных уравнений электрического равновесия обмоток двигателей в рассматриваемом электроприводе в соответствие с его эквивалентной схемой замещения:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{u}_{s1,2} = \vec{i}_{s1,2} R_s + \frac{d\vec{\psi}_{s1,2}}{dt} + \frac{d\vec{\psi}_{\mu1,2}}{dt} + j\omega_k (\vec{\psi}_{s1} + \vec{\psi}_{\mu1}), \\ \vec{u}_{r,2} = \vec{i}_{r,2} R_r + \frac{d\vec{\psi}_{r,2}}{dt} + \frac{d\vec{\psi}_{\mu2}}{dt} + j(\omega_k \pm \omega_s) (\vec{\psi}_{r,2} + \vec{\psi}_{\mu2}), \\ 0 = 2\vec{i}_{r,2} R_r + \frac{d\vec{\psi}_{r,2}}{dt} + \frac{d\vec{\psi}_{r,2}}{dt} + \frac{d\vec{\psi}_{\mu2}}{dt} + \frac{d\vec{\psi}_{\mu2}}{dt} + j(\omega_k - \omega) (\vec{\psi}_{r1} + \vec{\psi}_{r2} + \vec{\psi}_{\mu1} + \vec{\psi}_{\mu2}), \\ \vec{i}_{c1,2} R_c = j\omega_k \vec{\psi}_{\mu1,2} + \frac{d\vec{\psi}_{\mu1,2}}{dt}, \\ \vec{i}_{c1,2} + \vec{i}_{\mu1,2} = \vec{i}_{s1,2} + \vec{i}_{r1,2}. \end{array} \right. \quad (1)$$

На рисунке 1 и в выражениях (1) приняты следующие обозначения: R_s, R_r – сопротивления обмоток статора и ротора соответственно, R_c – сопротивление, учитывающее потери в стали, R_d – добавочное сопротивление, вводимое в цепь роторов, L_{os}, L_{or} – собственные индуктивности рассеяния обмоток статоров и роторов, L_μ – главная индуктивность, $\omega_k, \omega_s, \omega_r$ – частоты вращения системы координат, поворотного статора и валов роторов соответственно, φ – угол поворота статора, $u_{s1,2}, i_{s1,2}$ – напряжения и тока двух статоров, $i_{r1,2}$ – токи роторов, $i_{c1,2}$ – токи, протекающие через сопротивление, учитывающее потери в стали, $i_{\mu 1,2}$ – токи намагничивания, $\psi_{s1,2}, \psi_{r1,2}, \psi_{\mu 1,2}$ – собственные потокосцепления статора, ротора и главное потокосцепление соответственно.

Для получения корректной картины электромеханических и энергетических процессов сопротивление обмотки ротора определено с учетом эффекта вытеснения тока, т.к. он оказывает влияние при работе на низких частотах. Также при моделировании учтено явление насыщения по главному магнитному пути и нелинейная зависимость потерь в стали статора от частоты тока статора. На рисунке 2 приведены нелинейности (рассчитаны по эмпирическим выражениям [2, 3]), учитываемые при моделировании двигателя. Все величины представлены в относительных единицах.

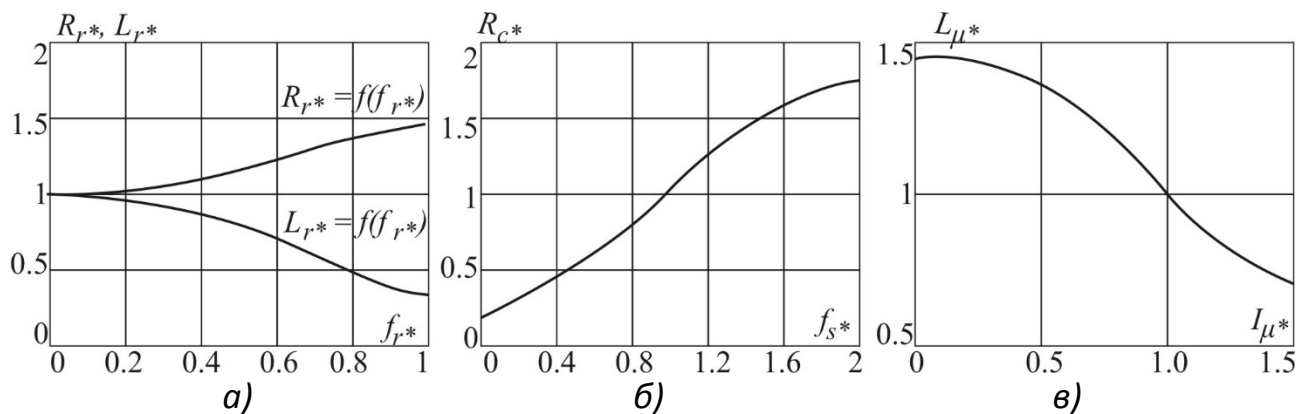


Рисунок 2 – Зависимости сопротивления R_{r*} и индуктивности L_{r*} ротора от частоты тока ротора $f_{r*} = f/f_{s,ном}$ (а), сопротивления R_{c*} от частоты тока статора f_{s*} (б), зависимость взаимной индуктивности $L_{\mu*}$ от тока намагничивания $I_{\mu*}$ (в)

Уравнения электромагнитного момента каждого двигателя:

$$M_1 = \frac{3 P_n}{2 L_{\sigma r}} [(L_{\sigma r} i_{r\alpha 1} + \psi_{\mu 1\alpha 1}) \psi_{\mu 1\beta 1} - (L_{\sigma r} i_{r\beta 1} + \psi_{\mu 1\beta 1}) \psi_{\mu 1\alpha 1}],$$

$$M_2 = \frac{3 P_n}{2 L_{\sigma r}} [(L_{\sigma r} i_{r\alpha 1} - \psi_{\mu 2\alpha 2} \cos \varphi - \psi_{\mu 2\beta 2} \sin \varphi)(\psi_{\mu 2\alpha 2} \sin \varphi - \psi_{\mu 2\beta 2} \cos \varphi) + (L_{\sigma r} i_{r\beta 1} + \psi_{\mu 2\alpha 2} \sin \varphi - \psi_{\mu 2\beta 2} \cos \varphi)(-\psi_{\mu 2\alpha 2} \cos \varphi - \psi_{\mu 2\beta 2} \sin \varphi)].$$

Суммарный момент электропривода:

$$M = M_1 + M_2.$$

Для оценки энергетических процессов использованы следующие выражения. Механическая мощность на валу двигателя:

$$P_{мех} = M\omega.$$

Активная мощность, потребляемая из сети:

$$P_{sa} = 3/2(i_{sa}u_{sa} + i_{s\beta}u_{s\beta}).$$

Баланс мощностей с учетом потерь в меди статора и ротора, а также в стали статора:

$$P_{sa} = P_{мех} + \Delta P_{м.ст.} + \Delta P_{м.рот.} + \Delta P_{с.ст.}$$

Принятый при моделировании момент сопротивления:

$$M_c = 0,0044\omega^2.$$

Моделирование выполнено для электропривода с асинхронными двигателями ДМТГ 012-06. Зависимость относительной мощности потерь энергии $\Delta P/P_{мех.ном}$ и абсолютного скольжения $s_a = (\omega_0 - \omega)/\omega_{0,ном}$ от угла поворота статора φ показана на рисунке 3.

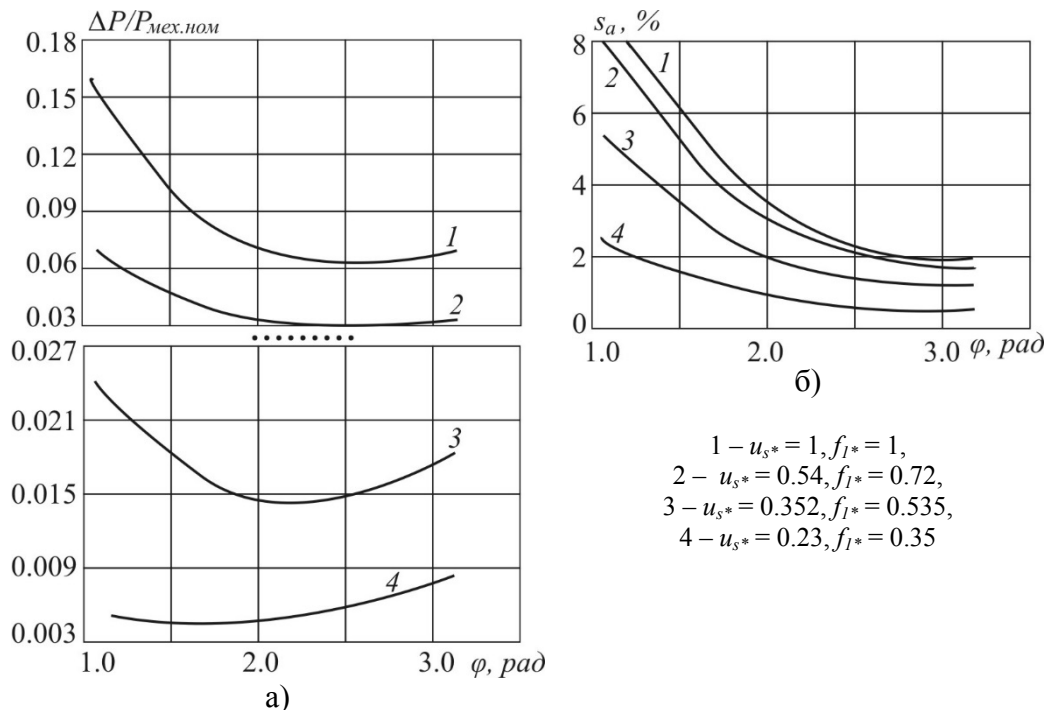


Рисунок 3 – Зависимость относительной мощности потерь энергии $\Delta P/P_{мех.ном}$ (а) и скольжения s_a (б) от угла поворота статора φ

Анализ графиков (рис. 3) показывает, что кривые мощности потерь имеют выраженный минимум при углах поворота, меньших π , что указывает на возможности снижения потерь энергии электропривода по сравнению со схемой прямого включения (нерегулируемый электропривод). Режим минимума мощности потерь смещается в сторону меньших углов поворота статора при уменьшении текущей позиции контроллера машиниста. Так на верхней позиции минимум мощности наступает при $\varphi = \pi/1,2$ (при этом мощность потерь энергии снижается на $0,005\Delta P/P_{мех.ном}$, что соответствует 7% мощности потерь при $\varphi = \pi$, т.е. когда двигатели работают аналогично схеме механического вала, развивая одинаковые моменты). На нижней позиции контроллера машиниста минимум мощности наступает при $\varphi = \pi/2,5$ (мощность потерь энергии снижается на $0,004\Delta P/P_{мех.ном}$, что более, чем в два раза меньше

мощности потерь при $\varphi = \pi$ на текущей позиции контроллера машиниста). Скольжение при этом меняется в узком диапазоне (минимум мощности потерь на верхней позиции контроллера машиниста наступает при повышении скольжения на 0,28%, на нижней позиции – при 0,98%), что обеспечивает достаточно высокую стабильность поддержания частоты вращения. Следует отметить, что изменение напряжения и частоты тока генератора происходит таким образом, что напряжение уменьшается в меньшей степени по отношению к частоте при переходе на пониженные позиции контроллера машиниста.

Анализ переходных процессов, протекающих в электроприводе, показал, что с уменьшением частоты вращения электропривода затягивается время переходного процесса, увеличивается число колебаний и перерегулирование. При отработке возмущающих воздействий наибольшее перерегулирование по скорости наблюдается при изменении момента сопротивления и амплитуды напряжения. Что касается воздействия на систему величины регулятора, то здесь, как и ожидалось, наименьшая статическая ошибка регулирования присутствует при наибольшем значении пропорционального коэффициента, наибольшим значениям коэффициента соответствуют более колебательные процессы с большей величиной отклонений скорости от установившегося значения. При изменениях «в большом» переходные процессы характеризуются меньшими колебательностью и перерегулированием, чем при изменениях «в малом».

Автоматическая система регулирования температуры тяговой асинхронной машины, обеспечивающая минимизацию мощности потерь энергии электропривода вентилятора охлаждения, показана на рисунке 4.

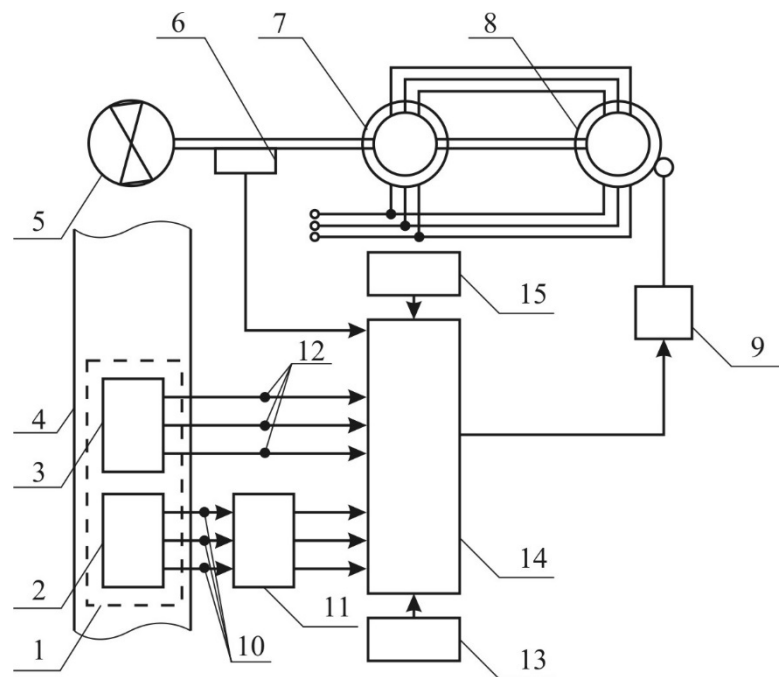


Рисунок 4 – Функциональная схема автоматической системы регулирования температуры тяговой асинхронной машины: 1 – тяговая асинхронная электрическая машина, 2 – ротор тяговой машины, 3 – ротор тяговой машины, 4 – канал охлаждения, 5 – вал вентилятора, 6 – датчик частоты вращения вала вентилятора, 7 – асинхронный двигатель, 8 – асинхронный двигатель с поворотным статором, 9 – привод поворота статора, 10 – датчики температуры статора, 11 – скользящий контакт, 12 – датчики температуры ротора, 13 – блок задания температуры, 14 – микропроцессорный контроллер, 15 – датчик мощности электропривода вентилятора

Автоматическая система регулирования температуры тяговой асинхронной машины работает следующим образом.

При значении регулируемой температуры наиболее нагретого узла t_p меньше минимально заданного в блоке задания температуры 13 значения t_{pmin} выходной сигнал микропроцессорного контроллера 14, подаваемый на механизм поворота статора 9 асинхронного двигателя 8, имеет минимальное значение, при этом выходной сигнал механизма поворота статора также имеет минимальное значение. Статор асинхронного двигателя 8 занимает положение (т.е. угол поворота), при котором скорость вращения вала вентилятора 6 и его подача воздуха равны нулю. Это обусловлено тем, что при согласном положении статоров асинхронных двигателей 7 и 8, когда угол поворота статора двигателя 8 составляет 0 эл.град., эдс в роторных обмотках направлены встречно, и результирующая эдс ротора равна нулю. При этом ток в роторной цепи равен нулю, электромагнитный момент электропривода равен нулю, скорость вращения вала вентилятора 6 равна нулю.

При увеличении t_p и достижения значения выше t_{pmin} выходной сигнал микропроцессорного контроллера 14 увеличивается выходной сигнал микропроцессорного контроллера 14, подаваемый на механизм поворота статора 9 асинхронного двигателя 8. Это приводит к увеличению выходного сигнала механизма поворота статора 9 и, соответственно, к увеличению угла поворота статора асинхронного двигателя 8. При этом результирующая эдс роторов асинхронных двигателей 7 и 8 больше нуля, в обмотках роторов протекает ток, у электропривода вентилятора развивается момент, вал начинает вращаться, увеличивается подача воздуха вентилятором охлаждения 5. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока не наступит равновесный тепловой режим в системе охлаждения тяговой асинхронной машины.

При достижении t_p максимального значения t_{pmax} , заданного в блоке задания температуры 13, выходной сигнал микропроцессорного контроллера 14 максимален. Угол поворота статора составляет 180 эл.град., векторы эдс обмоток роторов полностью совпадают, результирующая эдс ротора достигает максимального значения, электропривод развивает максимальный момент, скорость вращения вала вентилятора, а, следовательно, и его подача воздуха будут максимальны.

Минимизация мощности потерь энергии происходит в установившемся режиме. Микропроцессорный контроллер вырабатывает тестовый сигнал отклонения угла поворота статора треугольной формы, вследствие чего позиция текущей рабочей точки относительно минимального значения мощности потерь может быть определена регистрацией изменения мощности потерь датчиком 15 в течение первого полупериода.

Алгоритм поиска экстремума приведен ниже:

- если мощность потерь ΔP увеличивается), то текущее значение угла поворота статора φ меньше своего оптимального значения φ_{opt} при заданных условиях работы электропривода;

- если ΔP уменьшается, то $\varphi > \varphi_{opt}$;

- если $\Delta P \approx 0$, то $\varphi = \varphi_{opt}$.

Для того, что бы режим работы электропривода был максимально приближен к режиму минимума мощности потерь, необходимо задать требуемый знак скорости нарастания угла поворота следующим образом:

- если ΔP увеличивается, то управляющее воздействие должно уменьшать угол поворота статора;

- если ΔP уменьшается, то управляющее воздействие должно увеличивать угол поворота статора.

Приведенная автоматическая система регулирования температуры обмоток тягового асинхронного двигателя позволит повысить надежность работы тяговых асинхронных двигателей и локомотива в целом, за счет более высокой точности обеспечения температурного режима обмоток тяговой асинхронной машины и уменьшения мощности потерь энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Космодамианский, А. С. Дифференциальные уравнения асинхронного электропривода с поворотным статором [Текст] / А. С. Космодамианский, В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // НТТ – наука и техника транспорта. - № 3. - 2008. - С. 50-55.
2. Пугачев, А. А. Моделирование энергетических процессов в электроприводах с асинхронным двигателем на базе эквивалентной схемы замещения [Текст] / А. А. Пугачев, В. И. Воробьев, А. С. Космодамианский // Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: IV Международная научно-техническая конференция. - Тольятти. - Ч. 1. - 2012. - С. 208-213.
3. Космодамианский, А. С. Моделирование электропривода с асинхронным двигателем в режиме минимума мощности потерь [Текст] / А. С. Космодамианский, В. И. Воробьев, А. А. Пугачев // Электротехника. - 2012. - № 12. - С. 26 - 31.

Самотканов Александр Васильевич

Российская открытая академия транспорта (филиал МГУПС) (РОАТ МИИТ)

Адрес: 125808, г. Москва, ул. Часовая, 22/2

Старший преподаватель кафедры «Тяговый подвижной состав»

A. V. SAMOTKANOV

REDUCE ELECTRIC POWER LOSS COOLING FAN ON TRACTION ROLLING STOCK

The mathematical model of power losses of electric drive consisted of two induction motors one of which has rotatory stator are shown. Electric drive power losses used on a traction rolling stock and fed by auxiliary synchronous generator under different controller position is calculated. The automatic temperature control system of traction induction motor windings providing of cooling fan electric drive power losses minimization are designed.

Key words: induction motor, rotatory stator, traction motor, power losses, windings temperature

BIBLIOGRAPHY

1. Kosmodamianskiy, A. S. Differentsial'nyeuravneniyaasinkhronnogoelektroprivoda s povorotnymstatorom [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy, V. I. Vorob`ev, A. A. Pugachev // NTT - naukaitehnikatransporta. - № 3. - 2008. - S. 50-55.
2. Pugachev, A. A. Modelirovanieenergeticheskikhprotsessov v elektroprivodakh s asinkhronnymdvigatelemn-abazeekvivalentnoyskhemyzameshcheniya [Tekst] / A. A. Pugachev, V. I. Vorob`ev, A. S. Kosmodamianskiy // Problemyelektrotehniki, elektroenergetikiiiektrotekhnologii: IV Mezhdunarodnayananauchno-tekhnicheskayakonferentsiya. - Tol`yatti. - CH. 1. - 2012. - S. 208 - 213
3. Kosmodamianskiy, A. S. Modelirovanieelektroprivoda s asinkhronnymdvigatelem v rezhimeminimumamoshchnostipotery [Tekst] / A. S. Kosmodamianskiy, V. I. Vorob`ev, A. A. Pugachev // Elektrotehnika. - 2012. - № 12. - С. 26 - 31.

Samotkanov Alexander Vassilievich

Russian Open Transport Academy (MSUT branch)

Adress: 22/2 Chasovaya str., 125808 Moscow

Senior teacher of the Department "Tractive Stock"

Ж. М. КУАНЫШБАЕВ, М. И. АРПАБЕКОВ, Ю. ЧАРСКИЙ

АНАЛИЗ ПРОЕКТА НЕОБЫЧНО РАСПОЛОЖЕННОГО МНОГОУРОВНЕВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ В АСТАНЕ

Авторы приводят анализ движения на примере многоуровневой дорожной развязки улиц Бауыржан Момышұлы даңғылы и Тәуелсіздік даңғылы в Астане, столице Республики Казахстан. Так как известно, эти две улицы являются основными транспортными артериями, которые соединяют правый и левый берег столицы Республики Казахстан. Анализ показывает, что там всегда в пиковые периоды сформированы очень большие пробки следующих транспортных средств в обоих направлениях. В этой связи авторы этой статьи предложили схему многоуровневой транспортной развязки, которая устраняет точки конфликта и увеличивает мощность развязки и обеспечивает безопасность пешеходов.

Ключевые слова: пропускная способность дороги, пересечение, полоса движения, транспортная развязка, многоуровневая развязка, левый поворот, правый поворот, дорожные разметки, дорожные знаки.

1. INTRODUCTION – ROAD INTERCHANGE

Road interchange is a complex of road structures (bridges, tunnels, roads), designed to minimize the intersection traffic flow and, as a consequence, to increase road capacity. Mainly as road interchange is understood traffic intersection in different levels, but the term is also used for special occasions transport crossings at the single level. In Kazakhstan, the best known transport interchanges are located in the cities of Almaty and Astana (the intersection of Dostyk Avenue and Al-Farabi Avenue, Furmanov Street and Al-Farabi Avenue, Sarayshyq Street and Orynbor Street, ... etc.), as well as railway interchanges. Multilevel road interchange allows transport to move in the course of its motion with constant velocity and without crossing traffic streams, eliminates congestion, leading to higher throughput and ensures safety.

2. PROPOSAL OF MULTILEVEL ROAD INTERCHANGE OF BAUYRZHAN MOMYSHULY AVENUE AND TAUELSIZDIK AVENUE

This proposal relates to the construction of bridges and can be used in the construction of new multilevel road interchange (see fig. 1 and fig. 2). Technical task is to raise safety and increase bandwidth of traffic. Multilevel road interchange at the location of current one level intersection of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue is equivalent to crossroads formed by interchanges type as “cloverleaf” and “duplex clover funded”.

Since this intersection is located in a densely populated and busy part of the city, traffic almost does not stop. Design and construction of road interchanges will solve the problem of traffic jams in the so-called peak time. The proposed multilevel road interchange at the location of current one level intersection of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue takes into account presence of current buildings and facilities (business center, high-rise apartment buildings, palace of scholars ... etc.) using the specified modification of interchange (see fig. 1 for the basic and more expensive modification and fig. 2 for the simplified cheaper modification). At this interchange there are provided all right-turns and left-turns (totally 12 various directions of traffic flows including the straight directions), as well as unhindered U-turn at the western part of Bauyrzhan Momyshuly Avenue (fig. 3 and location in the frames of proposed interchange at fig. 1 and at fig. 2) to enable drivers drive to the desired street and make the maneuver without disturbing other drivers.

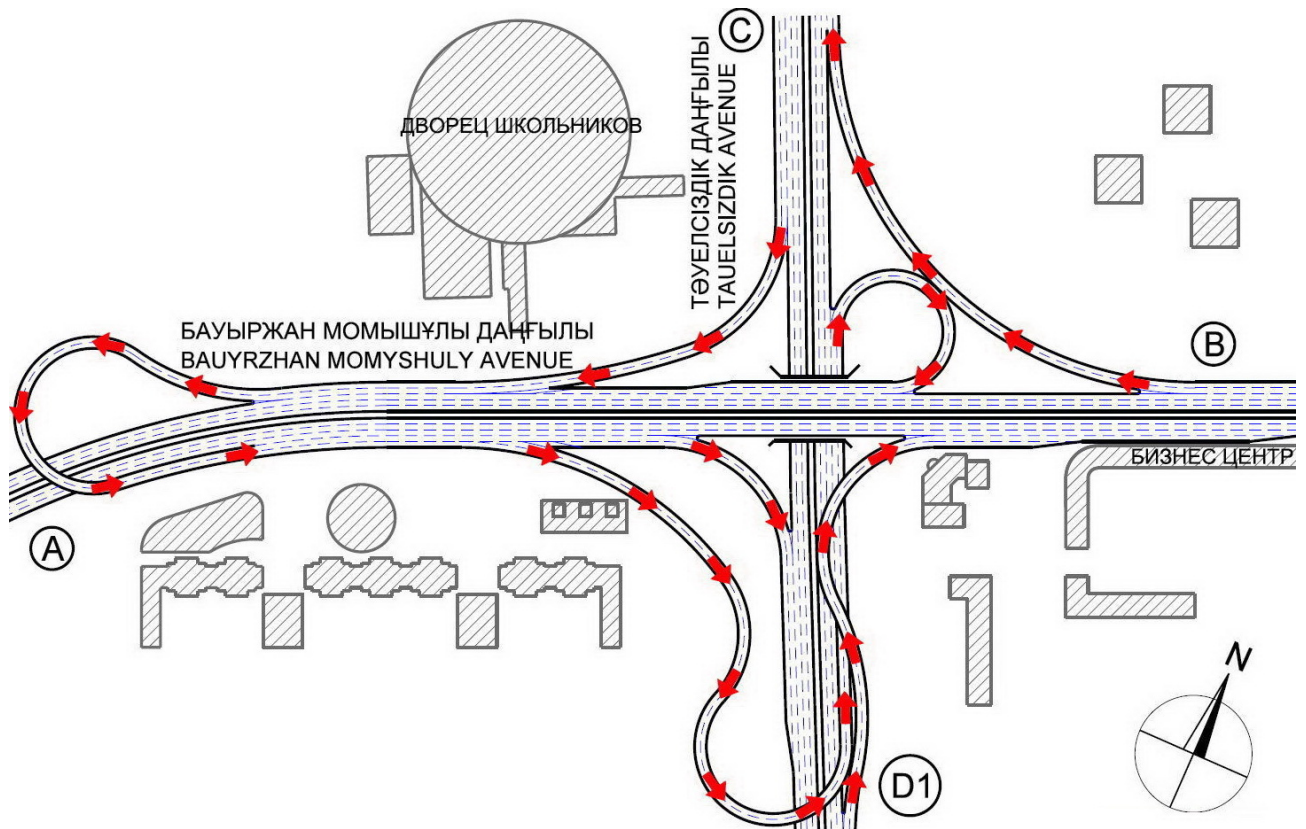


Figure 1 – Overview scheme of proposed multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue (Astana, Republic of Kazakhstan) – basic (more expensive) variant

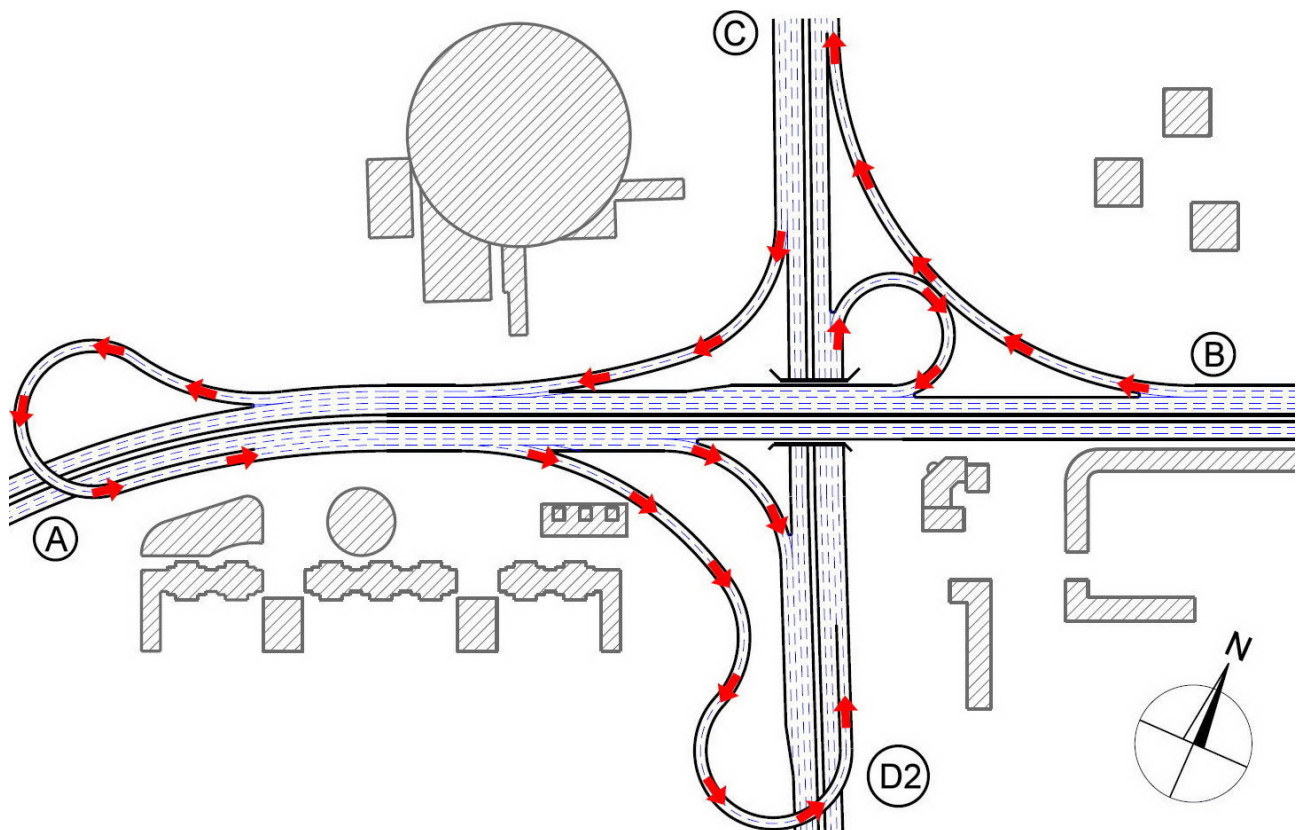


Figure 2 – Overview scheme of proposed multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue (Astana, Republic of Kazakhstan) – simplified cheaper variant

3. USING OF U-RAMP TO ENABLE ALL DIRECTIONS OF TRAFFIC FLOWS

The proposed U-turn ramp mentioned above provides 2 various directions of traffic flows (when the basic modification of interchange is used – the scheme of these traffic flow motions used at the traffic sign see at the fig. 4 and fig. 5), resp. 3 various directions of traffic flows (when the simplified cheaper modification of interchange is used – the scheme of these traffic flow motions used at the traffic sign see at the fig. 4, fig. 5 and fig. 8) – because the main goal is to increase the capacity of the majority of traffic flows, the multilevel road interchange will provide non-stop vehicular traffic at the intersection.

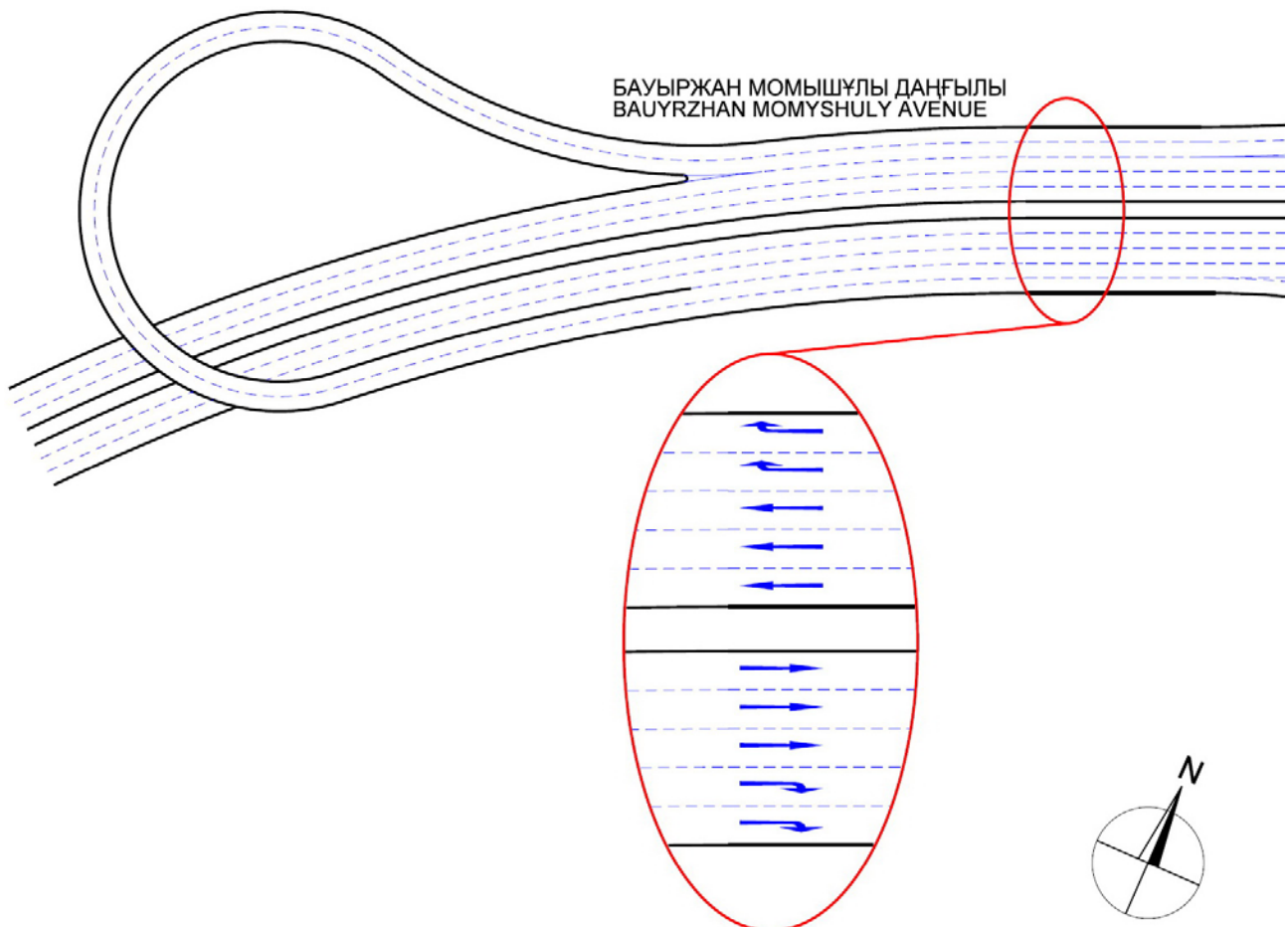


Figure 3 – Example of proposed U-turn ramp (including the road marking in the section between the main area of interchange and U-turn ramp) at the western part of Bauyrzhan Momyshtuly Avenue

Vehicles entering the interchange from the Presidential Park (the western part of Bauyrzhan Momyshtuly Avenue) and following the Zhastar Micro District (the northbound of Tauelsizdik Avenue) will use the right traffic lane shorter than usually and then they will quickly turn right as first and use the left-turn semi-loop ramp (fig. 6, scheme of the traffic flow motion used at the traffic sign see at the fig. 7). Vehicles turning right from the Presidential Park (the western part of Bauyrzhan Momyshtuly Avenue) will use normal short right-turn ramp to catch the southbound of Tauelsizdik Avenue (fig. 6, scheme of the traffic flow motion used at the traffic sign see at the fig. 7). Therefore the new design of multilevel road interchange eliminates conflict points and more ensures the road safety.

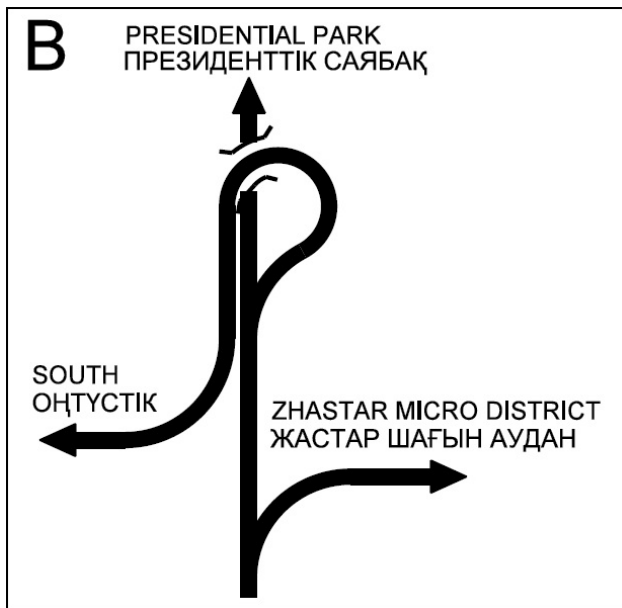


Figure 4 – Example of proposed traffic signs showing to driver how to catch correctly the required exit – entry from the eastern part of Bauyrzhan Momyshuly Avenue

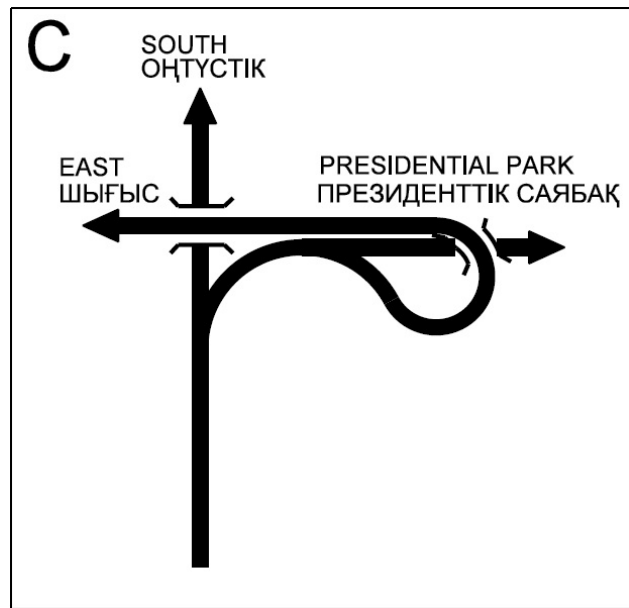


Figure 5 – Example of proposed traffic signs showing to driver how to catch correctly the required exit – entry in the direction from the Zhastar Micro District (the northern part of Tauelsizdik Avenue)

4. TWO MODIFICATIONS OF RIGHT-TURN FROM THE SOUTHERN PART OF TAUELSIZDIK AVENUE

For the right-turning vehicles from the southern part of Tauelsizdik Avenue there are two modifications to solve this problem. There is not possible to use usual normal solution with the short direct right-turn ramp because of the buildings of the business center and park in front of these buildings using the space suitable for this ramp mentioned above.

First modification, what can be considered basic variant (fig. 1) although more expensive, is using of unusual and longer “S-shaped” right-turn ramp with three curves (fig. 9) to avoid and bypass the space of existing buildings of business center and park in front of them.

The second, simplified and cheaper variant of solution is based on missing right-turn ramp and directing of drivers to the very difficult, but safe, route (using at first one loop ramp for right turning and then follow to the U-ramp at the western part of Bauyrzhan Momyshuly Avenue) how to catch the desired destination at the eastern part of Bauyrzhan Momyshuly Avenue. The principle of this more difficult route (but cheaper from the point of view of costs of this interchange) is shown at the scheme of the road signs for drivers at figure 8.

5. BENEFITS AND DISADVANTAGES OF THE NEW PROPOSAL

Benefits & advantages of new proposal of multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue:

- high capacity of intersection in all entries;
- saving the travel time of vehicles passing through the interchange in comparison with the current state of the intersection;
- exit from interchange is sometimes realized before entering new vehicles to the same traffic flow;
- using not so much space for the structure of the multilevel road interchange than could be usually supposed;
- there is reduced the necessity and the amount of mutual changing the traffic flows and traffic lanes before the turning right and left inside the interchange.

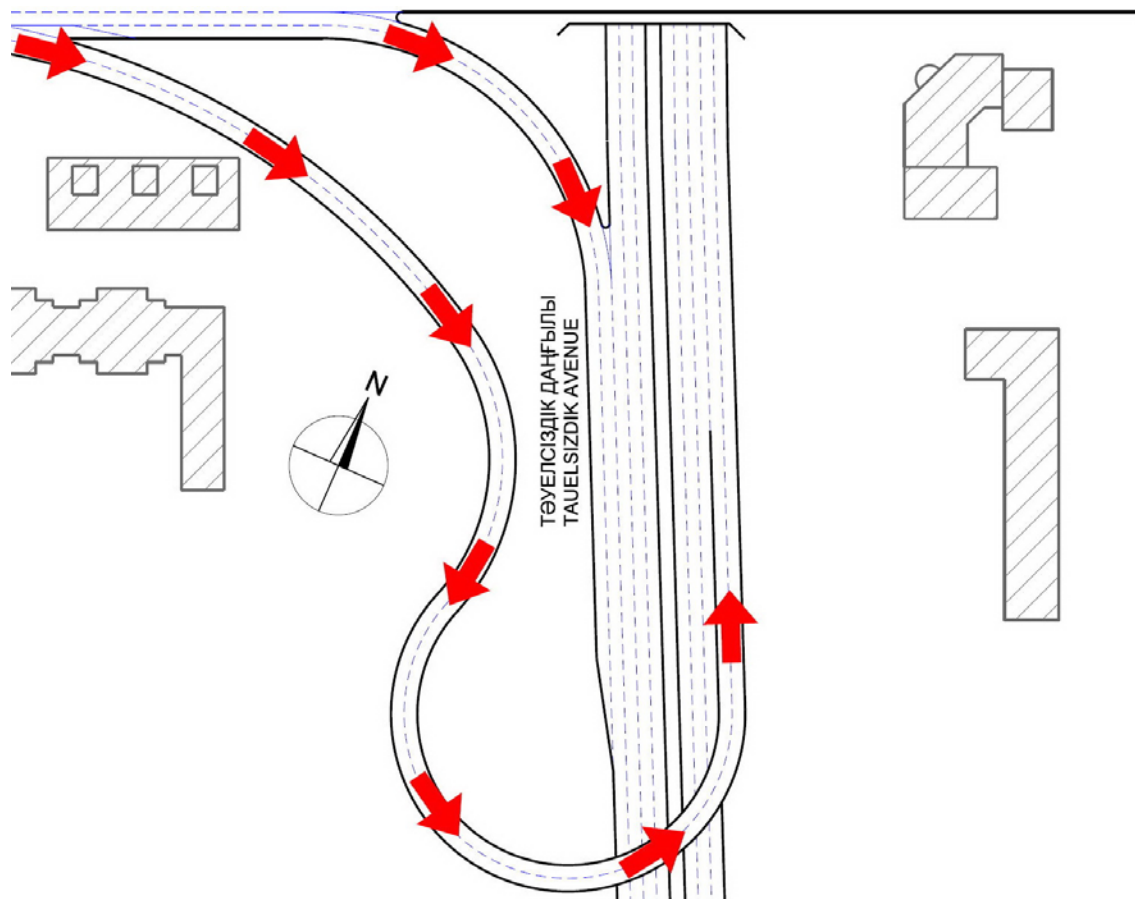


Figure 6 – Left-hand turn and right-hand turn in the direction from the Presidential Park (the western part of Bauyrzhan Momyshuly Avenue) at the simplified cheaper variant of proposed multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue (Astana, Republic of Kazakhstan)

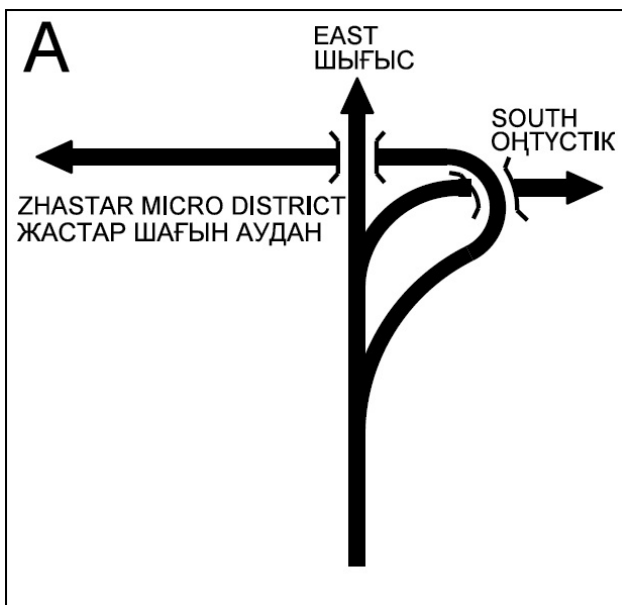


Figure 7 – Example of proposed traffic signs showing to driver how to catch correctly the required exit – entry in the direction from the Presidential Park (western part of Bauyrzhan Momyshuly Avenue)

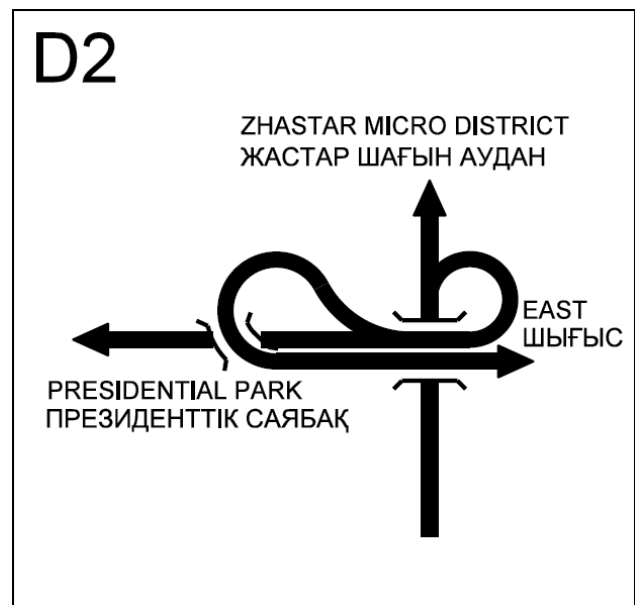


Figure 8 – Example of proposed traffic signs showing to driver how to catch correctly the required exit – entry from the southern part of Tauelsizdik Avenue (the simplified cheaper variant)

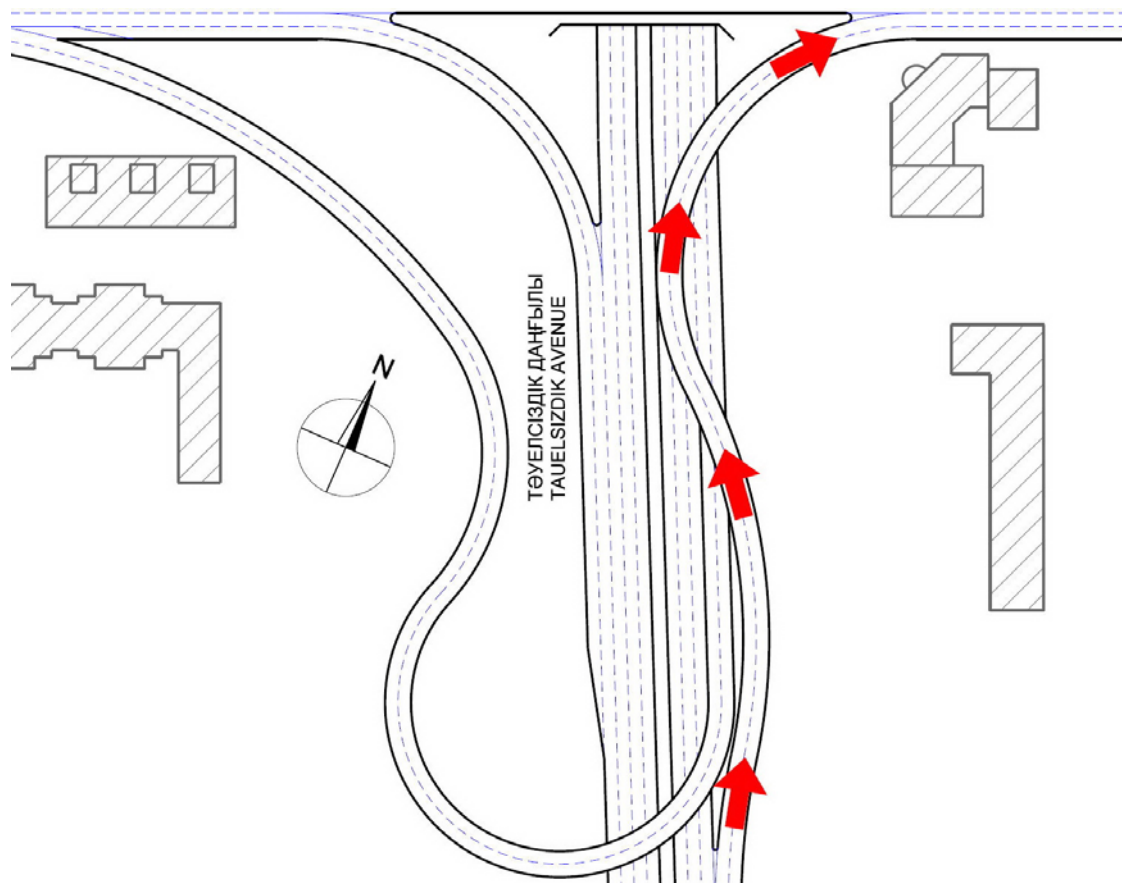


Figure 9 – Proposal of unusual right-turn ramp from the southern part of Tauelsizdik Avenue at the basic variant of proposed multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue (Astana, Republic of Kazakhstan)

- there are reduced the conflict traffic flows in the area of interchange – the drivers prepare to use their traffic lane in advance before entering the area of original intersection.
- in some occasions there is possible to turn back although it is sometimes difficult.
- construction with minimal problems – first step is construction of ramps for right turn, in the second step the direct traffic lanes will be closed to enable the construction of bridges and after it the interchange will be completed.

Disadvantages of new proposal of multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue:

- sophisticated design (fig. 10).
- high cost of construction structures.
- except the crossing of direct traffic flows crossing there is necessary to build next 3 (sometimes unusual) bridge constructions for curved flyovers of left turn (in total 3, resp. 4 bridges are necessary).
- the need to build special constructions to enable traffic of pedestrians (under the interchange or above the interchange).
- new proposal of interchange will have limit for the lorries and heavy freight road vehicles (the will have to pass around this interchange – currently it is usual to not allow the entry of lorries and heavy freight road vehicles into the centers of large cities in the world, therefore this is not considered to be a future problem).

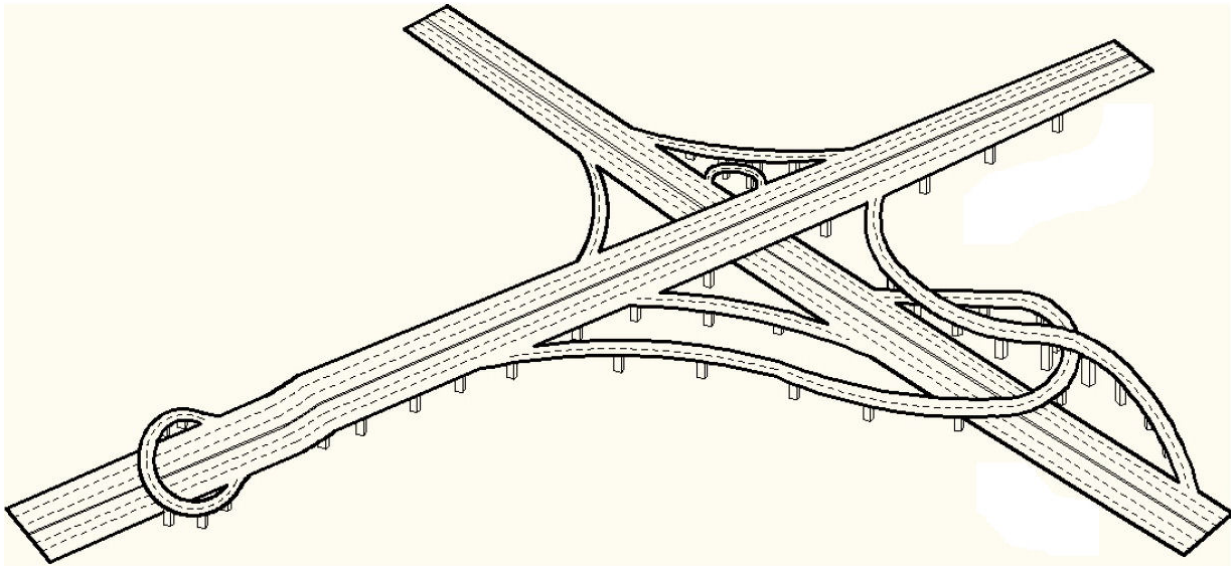


Figure 10 – 3D scheme of proposed multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue (Astana, Republic of Kazakhstan)

6. TRAFFIC SIGNS AND ROAD MARKING

There will be necessary to use very well designed and prepared traffic signs in connection with the road marking (fig. 3) at the proposed multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue. The traffic signs (examples see at fig. 4, 5, 7, 8 and 11) must show to the drivers how pass through interchange to catch correctly the required exit.

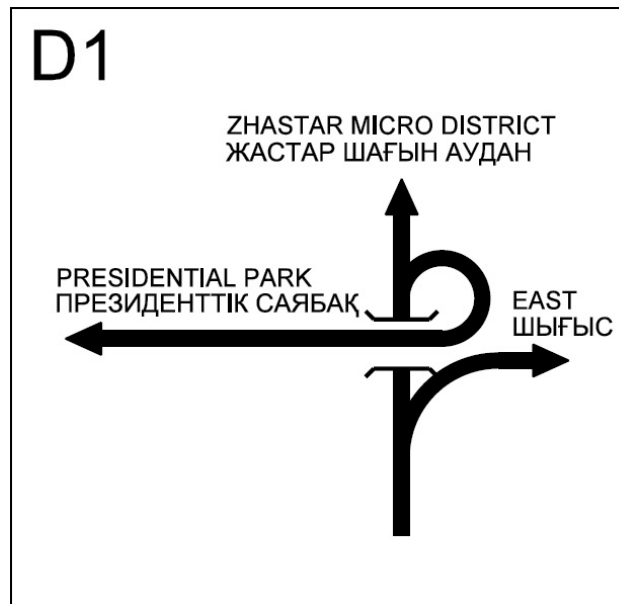


Figure 11 – Example of proposed traffic signs showing to driver how to catch correctly the required exit – entry from the southern part of Tauelsizdik Avenue (the basic variant)

7. SOLUTION OF PEDESTRIAN TRAFFIC

As a result the proposed scheme of multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue will reduce road car accidents, increase the road safety and it will

increase the capacity of the intersection as well. To enable the safe and not disturbed pedestrian traffic in the area of reconstructed interchange there are proposed pedestrian underpasses, excluding all conflicts between of pedestrians and motor vehicles (fig. 12).

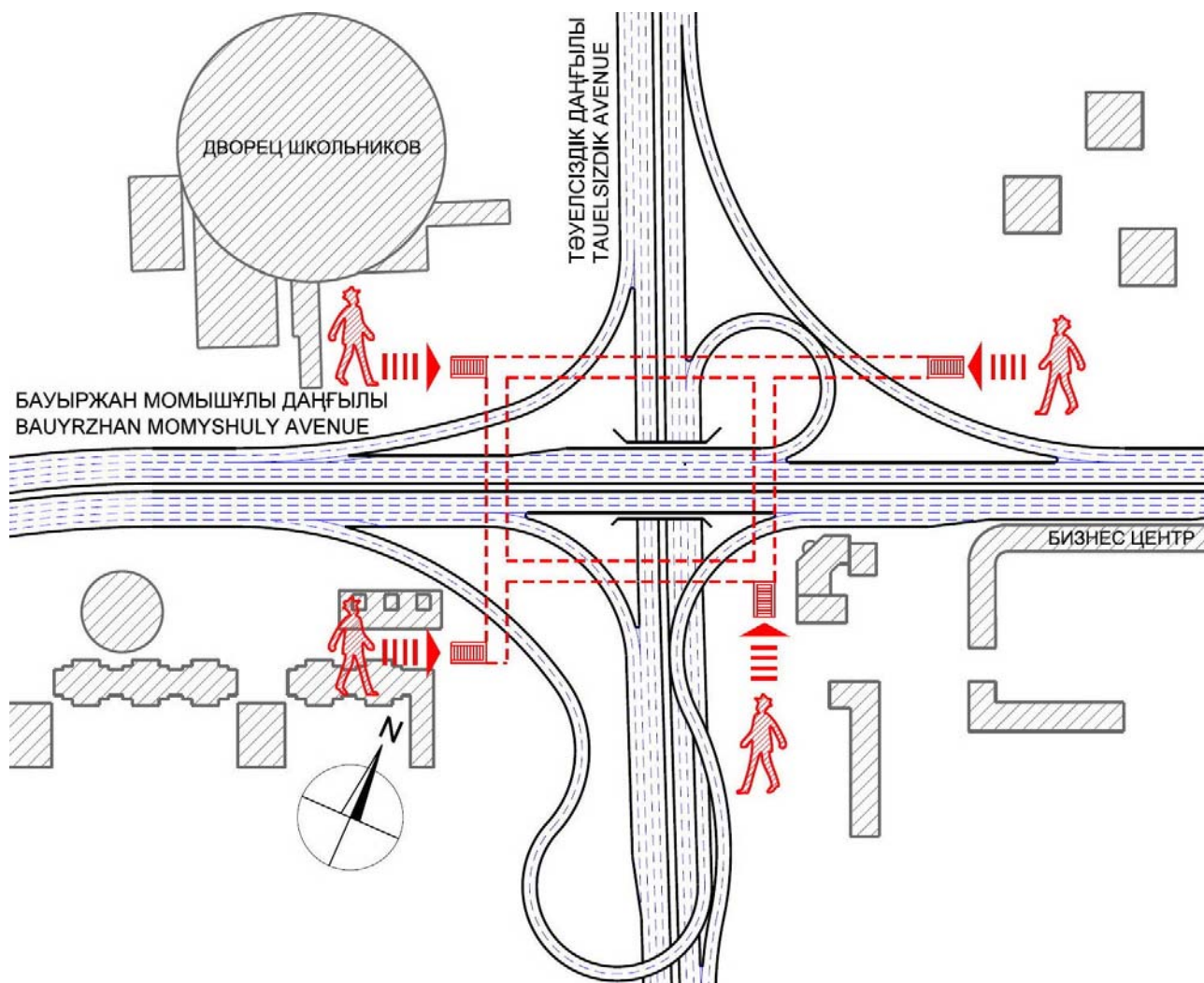


Figure 12 – Scheme of pedestrian underpasses planned as a part of proposal of multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue (Astana, Republic of Kazakhstan)

BIBLIOGRAPHY

1. Kuanyshbaev Zh. M., Arpabekov M. I., Bekturganova S. N., Kozbakova S. K.: Multilevel Transport Interchange. In: Science and World. 2015, vol. 2 (18), no. 1, p. 71-74. ISSN 2308-4804.

Арпабеков Муратбек Ильясович

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева

Адрес: Қажымұқан көшесі 5, Астана, 010008, Республика Қазақстан

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта

E-mail: arpabekov_m@mail.ru

Қуанышбаев Жакен Мынғырбаевич

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева

Адрес: Қажымұқан көшесі 5, Астана, 010008, Республика Казахстан

Д-р техн. наук, профессор

E-mail: lev-49-07@mail.ru

Чарский Юрий

Чешский технический университет в Праге

Адрес: Прага, Чешская Республика, ул. Конвиктска 20, Прага 1, 110 00

Д-р техн. наук, доцент, инженер, заместитель декана по образованию и учебной работе

E-mail: carsky@fd.cvut.cz

ZH. M. KUANYSHBAEV, M. I. ARPABEKOV, J. ČARSKÝ

**ANALYSIS OF THE PROJECT OF UNUSUALLY ARRANGED
MULTILEVEL ROAD INTERCHANGE IN ASTANA**

The authors provide an analysis of traffic on the example of the multilevel road interchange of Bauyrzhan Momyshuly Avenue and Tauelsizdik Avenue in Astana, capital of Republic of Kazakhstan. As there is known these two streets are the main transport arteries which connecting the right and left bank of the capital of the Republic of Kazakhstan. Analysis shows that there are formed fairly large plugs at following vehicles in both directions at peak periods. Therefore, the authors of this paper proposed a scheme of multilevel road interchange, eliminating conflict points that increase capacity of interchange and ensure the safety of pedestrians.

Keywords: road capacity, intersection, traffic lane, road interchange, multilevel interchange, left-turn, right-turn, road marking, traffic signs.

Arpabekov Muratbek Ilyasovich

L. N. Gumilyov Eurasian National University (LNG ENU), Faculty of Transport and Energy, Astana, Republic of Kazakhstan

Qazhymuqan Street 5, Astana, KZ – 010008, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Prof. PhD, Head of the department Organization of Transportations, Movements and Transport Operation

E-mail: arpabekov_m@mail.ru

Kuanysbayev Zhaken Myngyrbayevich

L. N. Gumilyov Eurasian National University (LNG ENU), Faculty of Transport and Energy, Astana, Republic of Kazakhstan

Qazhymuqan Street 5, Astana, KZ – 010008, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Prof. PhD

E-mail: lev-49-07@mail.ru

Čarský Jiří

Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Praha (Prague), Czech Republic

Konviktská 20, Praha 1, CZ – 110 00, CZECH REPUBLIC

Assoc. Prof. MSc PhD, Vice-Dean for Education

E-mail: carsky@fd.cvut.cz

АССОЦИИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И ТРАНСПОРТНАЯ ТЕЛЕМАТИКА

Приведены термины и определения в транспортной телематике. Определены условия при которых система может считаться транспортно-телематической. Рассмотрены системные аспекты. Дано понятие ассоциативных подсистем

Ключевые слова: транспортная телематика, ассоциативные системы, информационные и телекоммуникационные технологии на транспорте.

Транспорт стал явлением, которое влияет не только на экономику государства, но которое имеет и ряд других положительных и отрицательных функций. Европейский Союз в своей Зеленой книге указывает, что 2% валового национального продукта теряется в результате дорожных заторов (конгестий). Данные о потреблении энергии, для реализации транспортного процесса, являются скорее потрясающими, чем интересными – например, в Германии 28% от общей произведенной энергии ”потребляет” транспорт [1].

В последнем десятилетии появляется ряд инновационных технологий, которые используются в транспортных системах для обеспечения как можно более эффективной реализации транспортного процесса. Речь может идти о системах управления движением транспорта в городских агломерациях и на автомагистралях, а также о системах навигации, которые оптимизируют логистику транспортного процесса.

Эти сложнейшие системы часто используются без учета того, чтобы они удовлетворяли требованиям к их эффективному использованию в рамках единой телематической среды, составляющей информационное и телекоммуникационное пространство.

Диспропорции между разработкой новых технологий и координированным подходом к их использованию часто приводят к плохому функциональному и физическому соединениям систем не только на территории региона или города, но часто и на территории всей страны.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕЛЕМАТИКИ

Несмотря на то, что область транспортной телематики в последние двадцать лет бурно развивается, научно не полностью доказано, какими системными свойствами должна обладать данная система, для того, чтобы ее можно было называть телематической. Первое определение, основанное на синергии областей информатики и телекоммуникаций, было опубликовано автором уже в девяностые годы [2]:

„Транспортная телематика интегрирует информационные и телекоммуникационные технологии с транспортным инжинирингом таким образом, чтобы для существующей инфраструктуры дорожных коммуникаций повысились грузообороты, увеличились безопасность и психологический уют пассажиров“.

Как впоследствии оказалось, определение было верным, но оно позволяло различную трактовку, и телематическими системами часто считались сложные реализации, которые, однако, не удовлетворяли основному атрибуту, что речь должна идти об альянсных системах. Например, обширную городскую систему управления, образованную несколькими сотнями светофоров нельзя считать телематической, если она представляет собой всего лишь систему управления перекрестками. Альянс всегда образован несколькими подсистемами, для которых характерно прагматичное совместное использование источников для реализации общей целевой функции. Это новое и до настоящего времени действующее определение было опубликовано, на основании научно-исследовательских работ, спустя пять лет, в работах 0 и 0, причем в этой статье будет определение теоретически объяснено.

ЧТО ЯВЛЯЕТСЯ, А ЧТО НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

1-е условие: о транспортно-телематической системе можно говорить тогда, если в ограниченной части объективной реальности окружающего мира можно найти несколько подсистем, реализующих определенные процессы и сотрудничающих с целью создания лучших полезных свойств, по сравнению с подсистемами, которые бы системы создавали по отдельности. Они, следовательно, определенным способом ассоциированы. Данное истолкование можно графически изобразить на Рис. 1. Общая реальность формирует универсум U , над которым определена телематическая система S^T . Она образована несколькими (≥ 2) подсистемами. Данную целевую функцию Ψ , которой может являться, например, оптимизация управления движением транспорта с точки зрения экономичности перевозок, реализует каждая подсистема с определенным весом; она называется функция принадлежности A^n и определена как множество частичных функций принадлежности

$$A^n = \left\{ a_1/S_1, a_2/S_2, \dots, a_n/S_n \right\}$$

Значения параметров a_i находятся в интервале $\langle 0, 1 \rangle$ и далее действует формула

$$A^n = \sum_{i=1}^n a_i = 1.$$

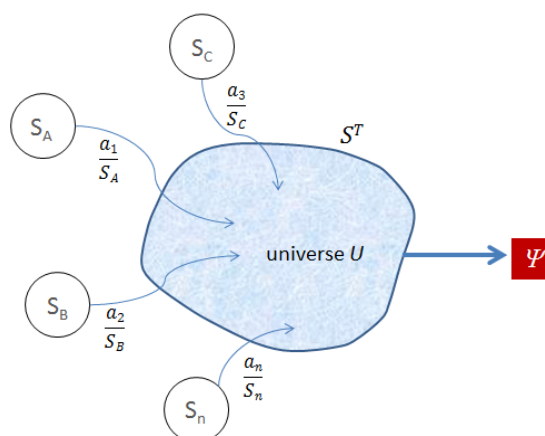


Рисунок 1 - Телематическая система S^T образована несколькими подсистемами с различной функцией принадлежности A^n

2-е условие: неизбежным условием для того, чтобы подсистема была составной частью телематической системы, является тот факт, что она принимает или же передает данные и информацию, которые она использует для реализации общей целевой функции. Подсистема S_D может быть очень комплексной, однако, так как она не соединена в информационном смысле с телематической системой S^T , она в данном случае не является телематической подсистемой (рис. 2).

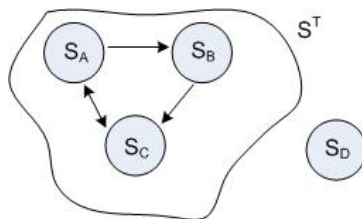


Рисунок 2 - Подсистема S_D не является частью телематической системы

Типичным примером подсистемы S^D может быть автономная навигационная установка в транспортном средстве. Несмотря на тот факт, что данная подсистема может быть сложной, может использовать систему GPS и датчики в транспортных средствах, тем не менее, ее нельзя считать телематическим приложением, если она не соединена с другой подсистемой, например, такой, которая предоставляет динамическую информацию о транспортной ситуации, или если данная установка не передает другой подсистеме информацию о времени езды.

Из указанного вытекает, что систему можно считать телематической, если она использует для реализации данного процесса P больше подсистем, которые на разных уровнях функционально, информационно и коммуникационно объединены в смысле достижения требуемой целевой функции Ψ .

СИСТЕМНЫЙ АСПЕКТ ТРАНСПОРТНО-ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Транспортно-телематические системы характеризуются как *обширные, сложные и динамические комплексы*, причем степень обширности, сложности и частота инновационных изменений постоянно растут. Свидетельство о стремлении к увеличению объема и сложности какой-либо системы дает сама история человеческого общества. Если, например, принять во внимание только социально-общественные аспекты, то это явление можно найти в истории развития цивилизации, конкретно, например, в случае экстенсивного «управления» человечеством: сначала родовой строй, т.е. скапливание нескольких членов рода, потом компактные государства, и наконец наднациональные группировки (экономические, политические, военные и т.п.) в настоящее время.

С технической точки зрения, значение инновационных изменений отразилось, например, в «опьянении скоростью» транспортных средств – начиная с конной тяги, используемой в течение веков, и заканчивая быстрым развитием автомобилей, самолетов и ракетопланов в настоящее время. Для такого бурного развития скорости движения потребовалось приблизительно последние 100 лет по сравнению с 5 000 лет развития человеческого общества с древних веков.

Современное развитие общества характеризуется высокой *динамикой изменений* (см. сокращение циклов инновации производственных, компьютерных, информационных, коммуникационных и других технологий, расширение ассортимента выпускаемых товаров, предоставляемых услуг и т.п.), сопровождаемых каким-то «сгущением» **экономического и системного времени**.

Отмеченное развитие стимулируется, прежде всего, с точки зрения *материального содержания*, однако, оно не остается без отклика также с точки зрения *методологии*. То есть при поиске путей, как справиться с вещевыми проблемами, которые возникают в реальных системах вследствие вышеупомянутых тенденций. Транспортно-телематические системы, характеризующие своей комплексностью и значительной динамикой развития, **обязательно нуждаются в поддержке системно-ориентированной методологии и в поддержке теоретических дисциплин**. К важным методологическим инструментам относятся подход, методы, техники и модели, называемые *системными*. Хотя осознание связи частей и целого известно уже давно, тем не ме-

нее, можно сказать, что только в новейшее время (приблизительно с 50-х годов XX-го века) *системный аспект* стал предметом более глубокого методологического интереса и предметом практических приложений. Данный аспект сопровождал все многолетние исследования автора и является также главной методологией в настоящей работе.

Для описания транспортно-телематических систем существует ряд инструментов, начиная с классических, основанных, например, на моделях транспорта, и заканчивая современными теориями нечетких моделей (fuzzy-моделей) и теории хаоса, которая помогает решать особенно трудно идентифицируемые эксцессы на транспорте [5], [6]. Основным и объединяющим инструментом для описания ИТС, несомненно, является архитектура, описанная в следующих главах. С точки зрения *транспорта и транспортной телематики* в последнее время наблюдается определенное развитие, которое можно характеризовать следующим образом:

- развиваются методы, направленные на **конкретизацию** очень абстрактных **системных принципов**, которые проявляются в практическом использовании моделей в виде архитектуры или объектных моделей;

- происходит **интеграция** различных систем ИТС, приносящая большую пользу от взаимной синергии, данной точными связями во взаимодействии (интерфейсе) между системами;

- проявляется **явное ощущение** необходимости более длительного, **стратегического подхода** к развитию транспортно-телематических систем

- все больше применяется **экономический подход** к установке систем, оценивающий пропорцию стоимости инвестиций и эксплуатации с одной стороны, и пользы с другой стороны.

ВЫВОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Первое, теоретически обоснованное определение транспортной телематики, см. выше, упрощенно говоря, сообщает, что системы, которые можно считать телематическими, работают в совместно используемой информационной и телекоммуникационной среде. Эта совместно используемая среда используется для улучшения движения транспорта и повышения его эффективности. С формальной точки зрения это определение является правильным, так как оно представляет собой техническое состояние, ведущее к совместному использованию информации в любой точке и в любой момент времени системы, обозначаемой как телематическая.

Понятием телематическая система, однако, часто злоупотребляют и обозначают им сложные системы, которые в принципе реализуют только один процесс. Типичным примером может служить адаптивное управление большой транспортной сетью, когда информация от детекторов транспорта имеется в распоряжении в единой коммуникационной среде в любой точке и в любое время. Несмотря на это, нельзя говорить однозначно о телематической системе, так как здесь реализуется только один процесс: на основании данных от детекторов, поступающих в транспортную модель и модель оптимизации, оптимизируется пропускная способность транспортной сети путем изменения продолжительности зеленых сигналов светофоров, продолжительности цикла и временного сдвига между транспортными узлами с помощью адаптивного алгоритма. Процесс управления транспортной сетью реализован подсистемой «Подсистема управления движением транспорта посредством транспортных узлов».

Для того чтобы можно было говорить о транспортной телематике при управлении данной транспортной сетью, следует **ассоциировать другие системы**, которые повышают ее пропускную способность. С точки зрения системной теории, таким образом, формируется альянс, который характеризуется ниже. Альянсы систем (подсистем) возникают с целью лучшего и прагматического использования ресурсов для достижения большей добавочной стоимости по сравнению со случаем, когда подсистема действует самостоятельно. Например, для достижения цели «лучшее управление движением транспортом в городе» можно использовать объединение подсистем: «Подсистема управления движением транспорта посредством информации для водителей», «Подсистема управление движением транспортом в случаях ДТП» или «Подсистема оптимального направления на парковки» в данной транспортной сети.

Из сказанного выше явствует, что систему можно считать телематической, если она образована несколькими подсистемами, которые на различных уровнях функционально, информационно и коммуникационно объединены в смысле достижения требуемой целевой функции Ψ .

Следовательно, телематическая система S , реализующая определенный процесс P , образована J подсистемами согласно формуле

$$S^P = \sum_{i=1}^J S_i^P$$

В вышеуказанном примере для оптимизации пропускной способности городской транспортной сети использованы три подсистемы ($J=3$). Каждая подсистема может быть подходящим образом описана множеством функций F и связей между ними R . Для первой подсистемы ..., реализующей процесс P , можно написать

$$\begin{aligned} S_A^P &= [F_{Ak}, R_A], \\ S_B^P &= [F_{Bl}, R_B], \\ S_C^P &= [F_{Cm}, R_C], \end{aligned}$$

где F_{Ak}, F_{Bl} и F_{Cm} являются множествами N, L и M функций от первой до третьей подсистемы

$$\begin{aligned} F_{Ak} &= \{f_{A1}, f_{A2}, \dots, f_{Ak}, \quad k = N\}, \\ F_{Bl} &= \{f_{B1}, f_{B2}, \dots, f_{Bl}, \quad l = L\}, \\ F_{Cm} &= \{f_{C1}, f_{C2}, \dots, f_{Cm}, \quad m = M\}. \end{aligned}$$

Нижеследующая зависимость описывает множество внутренних отношений или же связей между функциями подсистемы A и выражает символически и отношения с учетом остальных двух подсистем

$$R_A = \left\{ r_{jk}^A \mid r_{jk}^A = (f_{Aj}, f_{Ak}; f_{Bj}, f_{Bl}; f_{Cj}, f_{Cm}), \quad f_{Aj}, f_{Ak} \in N; f_{Bl} \in L; f_{Cm} \in M \right\}.$$

Множества функций N, L и M упорядочены в иерархических слоях. Функции высшего уровня F_x^l называют также макрофункциями; они иерархически распределены по слоям

на функциях второго F_y'' и других уровнях F_z^* , имеющих свои внутренние и внешние связи. Для подсистемы A справедливо, что $\sum(x + y + z) = N$.

Как правило, встречается декомпозиция в три-четыре слоя, когда низший слой реализует элементарные функции типа: «Функция обеспечивает измерение и фильтрацию данных от детекторов во временном растре 90 с». Данные функции называются *p-функциями*. Обыкновенным является стремление описывать как можно больше слоев, следовательно, добиться максимальной детальности. Здесь, однако, возникает проблема громадного объема, т.н. „hugeness problem“. Каждый последующий слой приносит с собой многократно больше логических объектов (entity) и отношений, чем слой предыдущий.

Количество **ассоциированных подсистем** дано требованиями к комплексности решения и не ограничено верхним пределом. Для нижнего предела справедливо, что неизбежно $J \geq 2$, если речь идет о транспортно-телематической системе. В вышеуказанном примере речь идет о трех подсистемах и, следовательно, $j=3$. Каждая из подсистем на основании вектора входных величин $x=(x_1 \dots, x_n)$ и вектора переменных состояний $z=(z_1 \dots, z_n)$ дает выходные величины $y=(y_1 \dots, y_n)$, которые используются для реализации данной целевой функции, а также одновременно передаются другим функциям в качестве входных величин. Следовательно, телематическая система генерирует **информации и данные** для других ассоциированных подсистем.

Связи между функциями даны передачей информации в рамках единой телекоммуникационной среды. Проще говоря, функция f_j дает от y_l до y_i данных информации функции f_k , ассоциированной в той же транспортно-телематической системе.

Измененное определение телематической системы 0:

Систему можно считать телематической, если она для реализации данного процесса P использует несколько подсистем, которые *объединены* в смысле достижения требуемой целевой функции Ψ . Между подсистемами и их функциями реализованы связи для передачи данных и информации в рамках единой телекоммуникационной среды.

ТЕЛЕМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАК АЛЬЯНСНАЯ СИСТЕМА

Как уже было сказано выше, транспортно-телематическую систему целесообразно понимать, как общую альянсную систему. Этот новый подход имеет ряд преимуществ, так как он является более общим и, кроме того, он руководствуется принципами, имеющими место в обществах людей или животных. Можно найти несколько общих принципов:

- альянс или альянсная система создаются с целью прагматичного использования ресурсов, причем их совместным использованием;
- альянс создается сознательным стремлением создать добавочную стоимость путем реализации совместной целевой функции;
- альянс создается сознательным стремлением пережить в конкурентной среде, и он всегда выгоднее самостоятельного существования;
- альянсная система – это динамически гибкая система с определенным взаимодействием (интерфейсом).

Теория альянсных систем может быть использована для формирования основы теории телематических систем, как было указано в литературе 0.

Павел Пржибыл (Pavel Pribyl)

Пражский Высший технический университет

Профессор, заведующий кафедрой «Системы управления движением» факультета «Транспорт»
Адрес: 110 00, Прага, ул. Вашингтонова 25
E-mail: info@gostudy.cz

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

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

E-mail: srmostu@mail.ru

P. PRZHIBYL, A. N. NOVIKOV, O. PRZHIBYL

ASSOCIATED SYSTEM OF TRANSPORT TELEMATICS

The terms and definitions given in the transport telematics. Defined conditions - tions under which the system can be considered as transport - telematics. Rassotreny system aspects. Given the concept of associative subsystems

Keywords: *transport telematics, associative system information - tional and communication technologies in transport.*

BIBLIOGRAPHY

1. Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe COM(2008),886
2. Příbyl P., Svíttek M.: „Телематика на транспорте“, BEN, Praha, стр. 546, ISBN 80-7300-100-4 (на русском языке)
3. Příbyl P.: „Traffic Telematics Systems“; Research conference- 10th celebration of establishing Faculty of transportation sciences, Prague, September 2006; PP presentation
4. Příbyl P.: „Dopravní aliance – se zřetelem na dopravní telematiku“ (Traffic alliances in terms of traffic telematics), tutorial –prof. Vlček, FD CVUT, Praha, 12.11.2004
5. Příbyl P.: “Consideration about the role of Transport as a Science”, keynote, 11. European Transport Congress, 19-20. September 2013, National technical library, Praha, <http://akce.fd.cvut.cz> (July 2014)
6. Veselý J.: „Teorie chaosu“ (Theory of chaos), skripta FD ČVUT, Praha, 2006

Pavel Příbyl

Higher Technical University Prague

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

Address: 110 00, prague, str. Vashingtonova 25

E-mail: info@gostudy.cz

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VPO "State university-UNPK"

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

Dr.Sci.Tech., professor, department chair "Service and repair of cars"

E-mail: srmostu@mail.ru

УДК 656.11(132)

В. И. САРБАЕВ, М. Н. ХАМИДУЛИН

ГРУППИРОВКА АВТОБУСНЫХ МАРШРУТОВ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

В статье поставлена и решена задача группировки городских автобусных маршрутов по уровню безопасности дорожного движения. Представлена математическая многофакторная модель, описывающая зависимость уровня относительной аварийности городских автобусов от характеристик маршрута. Рассмотрены основные методы кластерного анализа, выполнен их краткий анализ. Приведены результаты математически обоснованного разбиения на группы по критерию относительной аварийности совокупности городских автобусных маршрутов. Для каждой группы разработаны и представлены типовые управленческие решения, направленные на повышение уровня безопасности дорожного движения городских маршрутных автобусов.

Ключевые слова: городские автобусные маршруты, уровень безопасности дорожного движения, группировка, методы кластерного анализа.

Задача разбиения множества наблюдений интересна не только с математической точки зрения, но также весьма актуальна для решения прикладных задач, когда полученные научные результаты, математические модели, описывающие реальные производственные процессы, необходимо использовать в практической деятельности предприятий. Связано это с тем, что многомерные формулы, которые отражают реальность, мало пригодны для использования на практике, например, в целях нормирования, планирования и анализа. В связи с этим подавляющее большинство нормативов представлено в виде интервальных оценок [7,13].

Задача перехода от непрерывной функции к интервальной оценке совокупности наблюдений возникла в процессе исследования влияния характеристик городских автобусных маршрутов на уровень безопасности дорожного движения (БДД) маршрутных автобусов [9,10,11]. В результате математической обработки статистики одного из автобусных парков г. Москвы с помощью математического аппарата метода главных компонент была получена многофакторная регрессионная модель, описывающая зависимость основного критерия оценки уровня БДД маршрутных автобусов от характеристик маршрута [8]:

$$Y_{\text{н}} = 27,573 + 0,1456885 \cdot l_{\text{н}} + 0,79695 \cdot V_{\text{с}} + 5,717 \cdot N_{\text{о}} + 13,6435 \cdot N_{\text{с}} + 55,441 \cdot N_{\text{подп}}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{н}}$ – коэффициент относительной аварийности маршрутных автобусов, ДТП/1 млн. авт-км;

$l_{\text{н}}$ – протяженность маршрута, км;

$V_{\text{с}}$ – средняя эксплуатационная скорость, км/ч;

$N_{\text{о}}$ – удельное количество остановочных пунктов, ед./км;

$N_{\text{с}}$ – удельное количество светофоров и светофорных объектов, ед./км;

$N_{\text{подп}}$ – удельное количество подземных пешеходных переходов, ед./км.

Безусловно, модель обладает новизной, достоверностью, адекватностью реальным процессам, но очевидна также и трудность ее использования в практической деятельности автобусного парка, при разработке и принятии управленческих решений, направленных на повышение уровня БДД маршрутных автобусов. В связи с этим и возникла задача разбиения

совокупности маршрутов на группы в соответствии со значением выбранного критерия – уровня относительной аварийности на каждом маршруте.

Задачу группировки маршрутов по степени опасности с учетом их характеристик можно решить различными методами. Самым простым методом для определения границ интервалов при разбиении совокупности наблюдений на группы является метод равномерных интервалов. При этом длина интервала определяется как частное от деления разности максимального и минимального значений показателя на заданное количество интервалов [**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа., Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**].

В работе [4] используется метод группировки на основе среднеквадратического отклонения. Суть метода заключается в том, что, если значения подчиняются закону нормального распределения, то величина интервала, принимается равной среднеквадратическому отклонению. При этом середина центрального интервала должна совпадать со средним арифметическим значением показателя.

Следует отметить, что первый метод не учитывает количество наблюдений, отнесенных в группу, тем самым могут образовываться группы, в которые, могут вовсе не попадать наблюдения при группировке. Во втором методе не объясняется, почему длина интервала равна среднеквадратическому отклонению, а не, например, полутора. При этом его использование применимо только при нормальном распределении наблюдений.

Задачи классификации или группировки наблюдений могут быть решены методами кластерного анализа, которые от других методов многомерной классификации отличаются отсутствием обучающих выборок, т.е. отсутствием прецедентной информации в данной области [3].

Кластерный анализ – это многомерный статистический анализ, позволяющий на основе статистической информации упорядочивать объекты в сравнительно однородные группы. Главной целью кластерного анализа является образование групп схожих объектов (кластеров) [12,14,**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**].

Кластерный анализ позволяет разбивать множество исследуемых объектов и признаков на однородные группы, т.е. происходит группировка данных и выявляется соответствующая структура в ней. Кластерный анализ можно применять в различных ситуациях, даже в тех, в которых речь идет о простой группировке наблюдений по количественному сходству [2].

Кластерный анализ также можно использовать циклами, т.е. в несколько этапов. В таком случае исследование проводится до тех пор, пока не будут достигнуты необходимые результаты. При этом каждый цикл может давать такую информацию, которая может изменять дальнейшие направления исследования [2].

Все разработанные кластерные методы можно разделить на семь основных семейств [14]:

- 1) иерархические агломеративные методы;
- 2) иерархические дивизимные методы;
- 3) итеративные методы группировки;
- 4) методы поиска модальных значений плоскости;
- 5) факторные методы;
- 6) методы сгущений;
- 7) методы, использующие теорию графов.

Если число наблюдений достаточно велико, то реализация иерархических методов крайне трудоемка, а иногда практически невозможна. В таких случаях используют итерационные методы кластерного анализа, на каждом шаге которых обрабатывается небольшая часть исходных наблюдений [1]. Кроме того, итерационные методы позволяют группировать наблюдения в группы по количественному сходству объекта [2].

Метод k -средних относится к итеративным методам кластерного анализа. Сущность метода заключается в том, что процесс группировки наблюдений начинается с задания некоторых начальных условий (количество образуемых кластеров, порог завершения процесса группировки и т.д.). Метод k -средних применяется, если заранее известно число кластеров,

при этом кластеры располагаются таким образом, чтобы расстояния между ними были максимальными [2,12].

Метод k -средних, в отличие от иерархических, не требует вычисления и хранения матрицы расстояний или сходства между объектами. В этом методе используются только исходные значения переменных. Алгоритм заключается в следующем: сначала выбирается число k кластеров; потом задаются k случайно выбранных объектов, которые будут служить эталонами (центрами кластеров). Каждому эталону присваивается порядковый номер, который одновременно является и номером кластера. Из оставшихся наблюдений ($n - k$) выделяется точка Y_i с соответствующими координатами $(Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{ip})$ и проверяется, к какому кластеру она ближе всего. Для определения расстояния используется одна из метрик, например, евклидово расстояние [12,14]:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (Y_{ij} - y_{mj})^2}, \quad (2)$$

где j – порядковый номер переменной;

Y_{ij}, y_{mj} – две точки в евклидовом пространстве, соответственно центра кластера и наблюдения.

Наблюдение присоединяется к тому эталону (кластеру), которому соответствует $\min d_{ij} (i = 1, \dots, k)$. Эталон заменяется новым кластером, пересчитанным с учетом присоединенной точки, и вес его увеличивается на единицу. Если встречаются несколько минимальных расстояний до центра кластера, то наблюдение присоединяется к кластеру с наименьшим порядковым номером. Далее процедура повторяется для следующей точки, и так продолжается, пока все точки не окажутся отнесенными к одному из k кластеров. После этого все точки опять подсоединяются к полученным кластерам, при этом веса продолжают накапливаться. При совпадении центров тяжести нового разбиения с предыдущим работа алгоритма завершается. В противном случае цикл повторяется, пока не будет совпадения центров тяжести нового разбиения с предыдущим. Окончательное разбиение имеет центры тяжести, которые не совпадают с эталонными. При этом каждая точка будет относиться к тому кластеру, к центру которого она будет находиться на минимальном расстоянии [1,12].

Возможны две модификации метода k -средних. Первая, как описано выше, предполагает пересчет центра тяжести после каждого присоединения точки, а вторая – лишь после того, как будет завершен просмотр всех данных. В обоих случаях итеративный алгоритм минимизирует дисперсию внутри каждого кластера [12,14].

Группировку автобусных маршрутов по степени опасности с учетом их характеристик было решено осуществлять с помощью метода k -средних кластерного анализа, т.к. он позволяет решить основную задачу – группировать наблюдения в кластеры, в которых образуются группы по количественному сходству [2].

Исследование проводилось в одном из автобусных парков г. Москвы. Статистический материал был собран по 30 маршрутам, на которых эксплуатируются автобусы особо большого и большого классов. В ходе анализа статистических данных из генеральной совокупности по критерию Стьюдента отсеяно 5 маршрутов с выделяющимися значениями коэффициента аварийности. Таким образом, совокупность наблюдений для дальнейшего анализа составила 25 маршрутов.

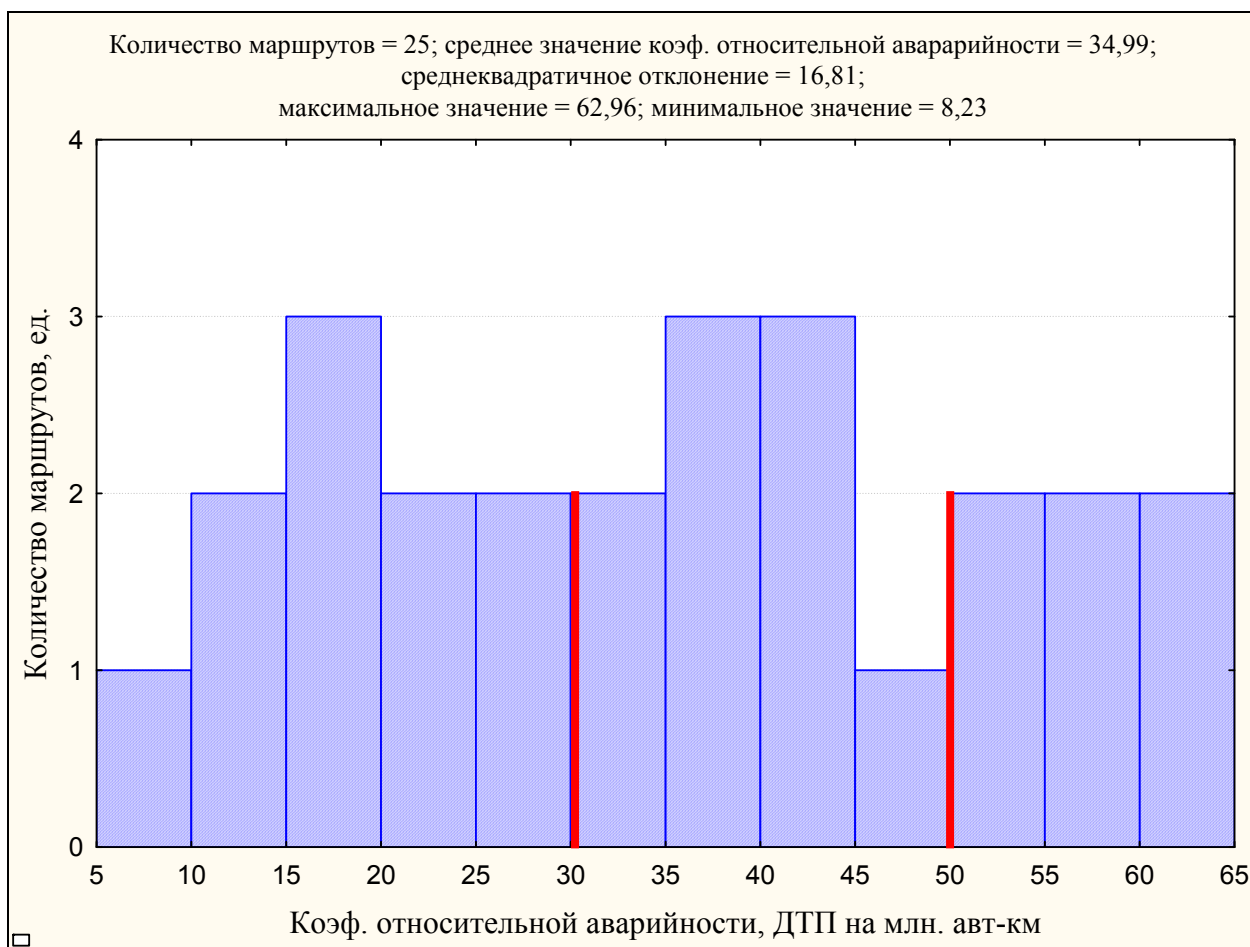


Рисунок 1 – распределение маршрутов по значению коэффициента относительной аварийности

На рисунке 1 показано распределение совокупности маршрутов в соответствии со значением коэффициента относительной аварийности на маршруте. Наблюдения распределены относительно равномерно, без ярких выпадов. Жирными линиями показаны границы между кластерами.

Обработка статистического материала проводилась с использованием стандартной компьютерной программы Statistica 6.0.

В результате выполненных расчетов сформированы три группы по уровню опасности маршрута. В первую группу вошли маршруты, в которых коэффициент относительной аварийности маршрутных автобусов не превышает 28, маршруты, входящие в эту группу считаются наиболее безопасными. Во вторую группу вошли маршруты, в которых коэффициент относительной аварийности находится в диапазоне от 28 до 48, маршруты, входящие в эту группу считаются допустимыми по уровню опасности. В третью группу вошли маршруты, в которых коэффициент относительной аварийности превышает 48, маршруты, входящие в эту группу считаются опасными. К маршрутам, которые входят в третью группу требуется особое внимание, а отбор и допуск водителей для обслуживания этих маршрутов должен производиться по более строгим критериям.

Таблица 1 – Интервальная оценка совокупности маршрутов по значению коэффициента относительной аварийности

№ п/п	Коэффициент относительной аварийности, ДТП / 1 млн. авт-км	Уровень опасности маршрута	Комплекс управленческих решений при отборе водителей
1	до 28	безопасный	К маршруту допускаются все водители.
2	28-48	допустимый	Не допускаются к маршруту: водители со стажем менее года работы в парке; водители, которые входят в группу риска.
3	более 48	опасный	Не допускаются к маршруту: водители со стажем менее года работы в парке; водители, которые входят в группу риска. Не допускаются переработки норм рабочего времени.

Для каждой группы маршрутов, в соответствии с уровнем опасности, разработаны типовые управленческие решения, направленные на предупреждение и снижение аварийности на маршруте.

Таким образом, использование математических методов кластерного анализа позволило значительно упростить процедуры принятия и реализации эффективных управленческих решений, базирующихся на выявленных и формализованных закономерностях формирования коэффициента относительной аварийности и направленных на повышение уровня БДД городских автобусов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян, С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики [Текст] / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. М.: ЮНИТИ, 1988. - 1022 с.
2. Болдин А.П., Максимов В.А. Основы научных исследований и УНИРС. Часть II. Специальные методы и методологические подходы [Текст]: учебное пособие / А. П. Болдин, В. А. Максимов. –М.: МАДИ, 2004. - 181 с.
3. Дубров, А. М. Многомерные статистические методы [Текст]: учебник / А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин. - М.: Финансы и статистика, 2003. - 352 с., ил.
4. Крылов, Г. А. Уточнение методики определения интервалов разбиения параметра сложности маршрута движения городских автобусов [Текст] / Г. А. Крылов, Р. И. Исмаилов, В. А. Максимов // Вестник МАДИ (ГТУ). - Вып. 2 (13). - 2008. с. 15-22.
5. Назаров, А. А. Методика определения сложности маршрутов движения городских автобусов [Текст] / А. А. Назаров, В. А. Максимов, В. П. Прохоров. - Московский автомобильно-дорожный институт (государственный технический университет). - М., 2006. - 13 с. - Библиогр. 1 назв. - Рус. деп. В ВИНТИ 31.08. 2006г. № 11 П-В 2006.
6. Назаров, А. А. Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию функционирования городских автобусов на основе учета сложности маршрута движения [Текст]: дис. ... канд. техн. наук. - М., 2006. - 221 с.
7. Сарбаев, В. И. Методический подход к формированию оптимальных кустовых групп автотранспортных предприятий в пределах региона [Текст] / В. И. Сарбаев, В. А. Морозов; под ред. проф. Л. В.

Кожитова // Итоги и перспективы интегрированной системы образования в высшей школе России: образование – наука – инновационная деятельность. – М.: МГИУ. - 2011. с. 759-763.

8. Сарбаев, В. И. Модель формирования уровня безопасности дорожного движения маршрутных автобусов [Текст] / В. И. Сарбаев, М. Н. Хамидулин. - Научное обозрение. Москва–Саратов. - № 10/2015.

9. Сарбаев, В. И. Первичный отбор водителей для автобусных перевозок / В. И. Сарбаев, М. Н. Хамидулин // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет-УНПК. - № 3 (42). – 2013. - с. 95-100.

10. Сарбаев, В. И. Классификация характеристик автобусного маршрута [Текст] / В. И. Сарбаев, М. Н. Хамидулин, Г. В. Сидельников, Г. Д. Князьков // Научное обозрение. Москва–Саратов. - № 4/2015. - С. 100-104.

11. Сарбаев, В. И. Оценка компетенций водителей при трудоустройстве в автобусный парк [Текст] / В. И. Сарбаев, М. Н. Хамидулин, Г. В. Сидельников // Автотранспортное предприятие. НПП «Транснавигация». - 2015. - № 2. - С. 5-8.

12. Сошникова, Л. А. Многомерный статистический анализ в экономике [Текст]: учеб. пособие для вузов / Л. А. Сошникова, В. Н. Тамашевич, Г. Уебе, М. Шефер; под ред. проф. В.Н. Тамашевича. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. - 598 с.

13. Спиринов, И. В. Проблемы нормативного обеспечения систем управления качеством автомобильных перевозок [Текст] / И. В. Спиринов, В.И. Сарбаев // М.: Вестник университета (ГОУ ВПО ГУУ). Серия «Развития отраслевого и регионального управления». - № 5(5). - 2007. - С. 148-150.

14. Ким, Дж.–О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст] / Дж.–О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др.; пер с англ. А.М. Хотинского, С.Б. Королева. – М.: Финансы и статистика, 1989. - 215 с.

15. Шимко, П. Д. Оптимальное управление экономическими системами [Текст]: учеб. пособие. - СПб.: Бизнес-пресса, 2004. - 240 с.

Сарбаев Владимир Иванович

ФГБОУ ВПО «Московский государственный индустриальный университет»

Адрес: 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация транспортных средств»

E-mail: sarbaev@mail.msiu.ru

Хамидулин Михаил Николаевич

ФГБОУ ВПО «Московский государственный индустриальный университет»

Адрес: 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16

Инженер кафедры «Эксплуатация транспортных средств»

E-mail: m.khamidulin@gmail.com

V. I. SARBAEV, M. N. KHAMIDULIN

**GROUPING OF BUS ROUTES BY METHODS OF
THE CLUSTER ANALYSIS**

In article the task of grouping of city bus routes of the level of traffic safety is set and solved. The mathematical multiple-factor model describing dependence of level of relative accident rate of city buses on characteristics of a route is presented. The main methods of the cluster analysis are considered, their short analysis is made. Results mathematically of reasonable splitting into groups on criterion of relative accident rate of set of city bus routes are given. For each group the standard administrative decisions directed on increase of level of traffic safety of city shuttle buses are developed and submitted.

Keywords: city bus routes, level of traffic safety, grouping, methods of the cluster analysis.

BIBLIOGRAPHY

1. Ayvazyan, S. A. Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki [Tekst] / S. A. Ayvazyan, B. C. Mkhitarian. M.: YUNITI, 1988. - 1022 s.
2. Boldin A.P., Maksimov V.A. Osnovy nauchnykh issledovaniy i UNIRS. Chast' II. Spetsial'nye metody i metodologicheskie podkhody [Tekst]: uchebnoe posobie / A. P. Boldin, V. A. Maksimov. -M.: MADI, 2004. - 181 s.
3. Dubrov, A. M. Mnogomernye statisticheskie metody [Tekst]: uchebnik / A. M. Dubrov, V. S. Mkhitarian, L. I. Troshin. - M.: Finansy i statistika, 2003. - 352 s., il.
4. Krylov, G. A. Utochnenie metodiki opredeleniya intervalov razbieniya parametra slozhnosti marshruta dvizheniya gorodskikh avtobusov [Tekst] / G. A. Krylov, R. I. Ismailov, V. A. Maksimov // Vestnik MADI (GTU). - Vyp. 2 (13). - 2008. s. 15-22.
5. Nazarov, A. A. Metodika opredeleniya slozhnosti marshrutov dvizheniya gorodskikh avtobusov [Tekst] / A. A. Nazarov, V. A. Maksimov, V. P. Prokhorov. - Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy institut (gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet). - M., 2006. - 13 s. - Bibliogr. 1 nazv. - Rus. dep. V VINITI 31.08. 2006g. № 11 P-V 2006.
6. Nazarov, A. A. Razrabotka kompleksa meropriyatiy po sovershenstvovaniyu funktsionirovaniya gorodskikh avtobusov na osnove ucheta slozhnosti marshruta dvizheniya [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk. - M., 2006. - 221 s.
7. Sarbaev, V. I. Metodicheskiy podkhod k formirovaniyu optimal'nykh kustovykh grupp avtotransportnykh predpriyatiy v predelakh regiona [Tekst] / V. I. Sarbaev, V. A. Morozov; pod red. prof. L. V. Kozhitova // Itogi i perspektivy integririrovannoy sistemy obrazovaniya v vysshey shkole Rossii: obrazovanie - nauka - innovatsionnaya deyatel'nost'. - M.: MGIU. - 2011. s. 759-763.
8. Sarbaev, V. I. Model' formirovaniya urovnya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya marshrutnykh avtobusov [Tekst] / V. I. Sarbaev, M. N. Hamidulin. - Nauchnoe obozrenie. Moskva-Saratov. - № 10/2015.
9. Sarbaev, V. I. Pervichnyy otbor voditeley dlya avtobusnykh perevozok / V. I. Sarbaev, M. N. Hamidulin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - № 3 (42). - 2013. - s. 95-100.
10. Sarbaev, V. I. Klassifikatsiya kharakteristik avtobusnogo marshruta [Tekst] / V. I. Sarbaev, M. N. Hamidulin, G. V. Sidel'nikov, G. D. Knyaz'kov // Nauchnoe obozrenie. Moskva-Saratov. - № 4/2015. - S. 100-104.
11. Sarbaev, V. I. Otsenka kompetentsiy voditeley pri trudoustroystve v avtobusnyy park [Tekst] / V. I. Sarbaev, M. N. Hamidulin, G. V. Sidel'nikov // Avtotransportnoe predpriyatie. NPP "Transnavigatsiya". - 2015. - № 2. - S. 5-8.
12. Soshnikova, L. A. Mnogomernyy statisticheskiy analiz v ekonomike [Tekst]: ucheb. posobie dlya vuzov / L. A. Soshnikova, V. N. Tamashevich, G. Uebe, M. Shefer; pod red. prof. V.N. Tamashevicha. - M.: YUNITI-DANA, 1999. - 598 s.
13. Spirin, I. V. Problemy normativnogo obespecheniya sistem upravleniya kachestvom avtomobil'nykh perevozok [Tekst] / I. V. Spirin, V.I. Sarbaev // M.: Vestnik universiteta (GOU VPO GUU). Seriya "Razvitiya ot-raslevogo i regional'nogo upravleniya". - № 5(5). - 2007. - S. 148-150.
14. Kim, Dzh.-O. Faktorny, diskriminantnyy i klasternyy analiz [Tekst] / Dzh.-O. Kim, CH. U. M'yuller, U. R. Klekka i dr.; per s angl. A.M. Hotinskogo, S.B. Koroleva. - M.: Finansy i statistika, 1989. - 215 s.
15. Shimko, P. D. Optimal'noe upravlenie ekonomicheskimi sistemami [Tekst]: ucheb. posobie. - SPb.: Biznes-pressa, 2004. - 240 s.

Sarbaev Vladimir Ivanovich

FGBOU VPO «Moscow state industrial university»

Adress: 115280, Russia, Moscow, Avtozavodskaya Str., 16

Doctor of Technical Sciences, professor, head of the department of operation of vehicles

E-mail: sarbaev@mail.msiu.ru

Khamidulin Mikhail Nikolaevich

FGBOU VPO «Moscow state industrial university»

Adress: 115280, Russia, Moscow, Avtozavodskaya Str., 16

Engineer of the department of operation of vehicles

E-mail: m.khamidulin@gmail.com

Е. В. БОНДАРЕНКО, А. А. ГОНЧАРОВ, С. Е. ГОРЛАТОВ, И. И. ЛЮБИМОВ,
К. И. МАНАЕВ, А. Н. МЕЛЬНИКОВ, Н. А. ТРУБИН

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫМИ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ

В данной статье рассмотрены функции и направления развития региональных и муниципальных системы автомобильных пассажирских и специализированных перевозок. Две эти системы во многом схожи, но наряду со сходствами имеют отличия, которые ярко проявляются в региональных центрах.

Ключевые слова: адаптивное управление автомобильными перевозками, сбор и вывоз твёрдых бытовых отходов, структура парка.

Развитие экономических отношений связано с ростом конкуренции на рынке автомобильных перевозок. В том числе это сказывается и на муниципальных грузовых и пассажирских перевозках. С одной стороны, присутствует заказчик – муниципалитете, который формирует требования к перевозкам: объемы транспортной работы, интервалы движения и прочие параметры при определенном, как правило, фиксированном бюджете.

При этом возникает необходимость организации, координирования, управления и контроля выполнения транспортной работы.

Наиболее эффективным методом обеспечения контроля является диспетчерское управление. Задачей создания такой системы является повышение эффективности управления транспортными потоками, увеличения пропускной способности улично-дорожной сети, предотвращения автомобильных заторов, уменьшения задержек в движении транспорта, повышения безопасности дорожного движения, информирования участников движения о складывающейся дорожно-транспортной ситуации и вариантах оптимального маршрута движения, обеспечения бесперебойного движения наземного городского пассажирского транспорта.

Функциями системы адаптивного диспетчерского управления автомобильными перевозками являются:

Контроль – получение информации о текущем состоянии объекта управления для оценки достижения поставленных целей и последующего регулирования (наблюдение за регулярностью движения автобусов на маршруте).

Регулирование – корректировка фактического состояния объекта управления в соответствии с обнаруженным отклонением от желательного состояния (выпуск на маршрут резервного автобуса взамен неисправного).

Организация – установление исходного состояния субъекта управления (формирование организационной структуры управления).

Координирование - согласование интересов различных составных частей системы управления, имеющих самостоятельные цели и интересы (увязка интересов организаций автобусного и городского электрического транспорта по совместной эксплуатации конечной станции маршрутов).

Учет и анализ деятельности - систематизация данных, полученных при контроле, и установление закономерностей и причин возникновения отклонений от намеченных целей и состояний объекта управления (ведение учетной документации и анализ производственно-хозяйственной Деятельности).

Прогнозирование - установление ожидаемых состояний объекта управления (определение ожидаемого выполнения плана сбора выручки).

Руководство – распорядительные действия по передаче руководителями своим подчиненным указаний для исполнения.

Целеполагание – установление целей управления и желательного состояния объекта

управления (постановка задачи достижение определенной регулярности движения автобусов).

Планирование - разработка программ воздействия на объект управления и определение необходимого для этого ресурсного обеспечения (составление плана развития маршрутной системы на год) [1].

Диспетчерские центры существуют почти во всех крупных городах Российской Федерации. Такая центральная транспортная диспетчерская служба (ЦТДС) была организована и в г. Оренбурге на базе предприятия «Оренбургские пассажирские перевозки».

Функциональная схема ЦТДС г. Оренбурга представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функциональная схема «Центральной Транспортной Диспетчерской Службы» г. Оренбурга
 1, 3 – Отчет за сутки о регулярности движения пассажирского транспорта; 2 – Оперативные поручения по организации движения пассажирского транспорта; 4 – Информация: о предприятиях, которые являются победителя конкурса на право осуществления перевозки пассажиров по муниципальным маршрутам города Оренбурга. 5, 12 – Информация о фактическом количестве подвижного состава на муниципальных маршрутах, информация о текущей загрузженности дорог. 6 – Информация о чрезвычайных ситуациях. по городу Оренбургу. 7, 9, 11 – Информация о фактическом количестве подвижного состава на каждом маршруте, обслуживаемым данным предприятием. 8, 10 – Информация о состоянии работоспособности навигационных модулей на транспортных средствах

Система информации, поступающая в ЦТДС, включает данные о фактическом выпуске автобусов на маршруты, времени фактического отправления автобусов с начальных пунктов маршрута, времени проследования промежуточных контрольных точек и прибытия на конечные точки по каждому рейсу всех автобусных маршрутов города.

Система контроля предусматривает следующие виды контроля:

- оперативный - за полным и своевременным выпуском автобусов, в разрезе каждого маршрута;
- за автобусами на линии, их преждевременными возвратами, опозданиями, сходами, простоями по техническим и эксплуатационным причинам;
- за своевременным выполнением рейсов, предусмотренных в маршрутных расписаниях;
- за регулярностью движения автобусов по каждому рейсу на всем протяжении маршрута;

- за состоянием перевозки пассажиров на маршрутах и эффективностью использования автобусов;
- за состоянием безопасности движения автобусов.

Система регулирования движения предусматривает необходимость применения диспетчерским составом ЦТДС оперативных регулировочных мероприятий (включая использование резервных автобусов через диспетчеров предприятий), обеспечивающих восстановление нарушенной регулярности движения пассажирского транспорта на маршрутах и повышение эффективности использования подвижного состава, с целью выполнения плана организации движения и улучшения качества перевозки пассажиров.

Технологический процесс ЦТДС базируется на трех основных принципах:

- объективная информация о состоянии регулярности движения пассажирского транспорта и условиях перевозки пассажиров на маршрутах поступает в процессе выполнения рейса, обеспечивая возможность диспетчеру находиться "впереди автобуса" (принцип регулярности);
- объективная информация поступает в ЦТДС без промежуточных звеньев, т.е. по системе "водитель - ЦТДС", обеспечивая возможность оперативного уточнения ситуации на маршруте;
- объективная информация, формируемая автоматически в программе «1С: Предприятие» о всех фактически выполняемых рейсах, отображается на рабочем столе диспетчера в разной цветовой гамме лишь при наличии отклонений (более или менее четырех минут), обеспечивая возможность регулирования движением автобусов (принцип управляемости).

Информация о состоянии движения поступает в ЦТДС и водителю в составе в пути следования, а также пассажирам на основных остановочных пунктах автобусных маршрутов.

Диспетчер ЦТДС, осуществляя контроль за выпуском и распределением автобусов по маршрутам, обеспечивая общее руководство маршрутными диспетчерами своей смены, получает следующую оперативную информацию от диспетчера перевозчика:

- об ожидаемом выпуске автобусов по маршрутам, по обслуживанию предприятий и организаций, а также о наличии резервных автобусов.
- о фактическом выпуске и наличии автобусов на каждом маршруте по часам суток;
- о выпуске резервных автобусов на маршруты - сообщается оперативно;
- о несвоевременном выпуске автобусов на линию - сообщается оперативно;
- о времени и причинах преждевременных возвратов автобусов с маршрута - сообщается оперативно [2, 3, 4].

Диспетчерское регулирование движения автобусов осуществляется по каждому маршруту в отдельности исходя из общего состояния движения и интересов обслуживания пассажиров на всей транспортной сети города.

Одним из предлагаемых направлений развития ЦТДС является использование возможностей службы для организации и управления сбором и вывозом твердых бытовых отходов (ТБО), т.к. нормальное функционирование населенного пункта, а именно, санитарно-гигиеническая обстановка, экологическая обстановка, социально-экономическая обстановка, эстетика населенного пункта и пр. зависят от своевременного сбора и вывоза ТБО.

С другой стороны, процесс сбора и вывоза ТБО, должен осуществляться с наименьшими трудовыми и материальными затратами.

Объем образования ТБО зависит от множества факторов (плотность населения, сезонность и т.д.). В условиях постоянно меняющегося спроса на сбор и вывоз ТБО возникает проблема адаптации структуры подвижного состава и режимов его работы к внешним изменяющимся условиям, которые характеризуются интенсивностью образования отходов, температурой ОС, свойствами ТБО (период разложения и т.д.), а также требованиями к производственно-технической базе, стоимостью горюче-смазочных материалов, энергоносителей, автотранспортных средств и оборудования.

Вариация объёмов перевозок ТБО предопределяет использование соответствующих типов, количества подвижного состава и способов организации маршрутно-логистической схемы вывоза ТБО, обеспечивающих социальные потребности населенного пункта, санитарно-эпидемиологические и экологические показатели в заданных условиях эксплуатации с минимальными трудовыми и материальными затратами.

Решение задач оптимизации парка и логистической схемы сбора и вывоза твердых бытовых отходов с территории населенного пункта на современном этапе может быть успешно реализовано только на основе использования современных наукоёмких информационных технологий, в основу которых положены достижения отечественных и зарубежных ученых. Существующие же в настоящее время методы не обладают достаточной гибкостью по отношению к внешним изменяющимся условиям.

Таким образом, проблема создания новых и развития существующих методов формирования парка транспортных средств и логистической схемы сбора и вывоза твердых бытовых отходов с территории населенного пункта является актуальной.

Направление эффективности функционирования автотранспортной системы занимается множество учёных, труды которых посвящены методам оценки показателей, влияющих на эффективность работы транспорта.

Проблема совершенствования эффективности функционирования сложных технических систем, в том числе автотранспортная система сбора и вывоза ТБО, в настоящее время становится достаточно острой. Причиной этого является то, что внешние по отношению к автотранспортному предприятию условия становятся более неустойчивыми и быстро изменяющимися, а требования, предъявляемые к качеству функционирования систем, растут [7].

Теория организации функционирования сложных систем берёт своё начало из предположения о закрытой (изолированной от окружения) системе. Опираясь на принцип каузальности, согласно которому каждое явление имеет причину и одновременно есть причина другого явления, а также иерархию построения сложных систем.

В работе [4, 6], прямо указывается, что современная теория организации и эффективного воздействия должна быть основана главным образом на принципе открытости системы. Таким образом, была обоснована и сформулирована необходимость перехода от «закрытых» к «открытым» моделям сложных систем, к которым относится автотранспортная система.

Основной причиной, влияющей на недостаточно частое применение открытых моделей, является разделение знаний сотрудников предприятия, таким образом, чтобы их совместный труд привел к достижению поставленной цели. Каждый из них, являясь специалистом в узкой предметной области, должен действовать, исходя из общих целей организации, но при этом необходимо постоянное согласование своих частных решений с результатами работы всего коллектива. В крупных автотранспортных предприятиях осуществление такой согласованной деятельности превратилось в одну из самых трудноразрешимых проблем.

Таким образом, проблему создания теории эффективного функционирования открытых систем, в том числе и для автотранспортной системы, можно считать актуальной и требующей решения.

И здесь, на наш взгляд, насущной необходимостью является применение методов программно – целевого планирования – классификация задач функционирования автотранспортной системы и нахождения частных решений этих конкретных задач. Разнообразие типов объектов, целей, состояний внешней среды, ограничений создаёт большое число типов подобных задач. Поэтому созданию теории функционирования автотранспортной системы должен предшествовать этап моделирования бизнес - функций разных типов.

Как уже указывалось ранее, в современных условиях, когда быстро меняется ситуация во внешнем окружении, традиционные методы, базирующиеся на «бюрократических» принципах, зачастую неэффективны, и автотранспортные предприятия теряют рентабельность, а

вследствие чего и конкурентоспособность. Всё это вызвало необходимость изменения принципов повышения эффективности функционирования современных технических систем.

Одним из этапов развития новых подходов к повышению эффективности функционирования сложных технических систем является РБФ (Реинжиниринг бизнес-функций). Реинжиниринг бизнес – функций является одним из методов программно – целевого планирования. Самое ныне известное определение РБФ – это фундаментальное переосмысление и радикальная реконструкция бизнес-функций с целью достижения драматических улучшений в критически важных критериях производительности, таких как стоимость, качество, услуги, скорость».

Реорганизация бизнес-функций – это очень мощный инструмент настройки производственной деятельности, и, уходя корнями в отечественную дисциплину «научная организация труда» (НОТ), появился вновь на российской авансцене в облики концепций SADT, методологии ABC, европейских стандартов ISO 9004.

Цель реинжиниринга – порвать со старыми правилами организации и ведения производственно – хозяйственной деятельности автотранспортной системы.

При анализе тенденций развития повышения эффективности функционирования сложных технических систем следует рассмотреть ещё одно перспективное направление программно – целевого планирования, носящее название Согласованная инженерная деятельность (СИД) – concurrent engineering по терминологии, принятой в США, или же simultaneous engineering по европейской терминологии - предусматривает на стадии проектирования учет факторов всего жизненного цикла изделия (производственных факторов, особенностей сборки, испытаний и технического обслуживания) [5].

В отличие от комплексных региональных систем управления всеми видами отходов, характерных для уровня субъектов РФ, муниципальные системы в основном ориентированы на бытовые отходы [1]. При этом они достаточно однотипны, что позволяет рассматривать их на конкретных примерах (в нашем случае - на примере муниципальных образований Оренбургской области).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, Е. В. Оптимизация инфраструктуры сбора и вывоза твердых бытовых отходов с территории населенного пункта [Текст] / Е. В. Бондаренко, А. О. Зуев, И. И. Любимов, К. И. Манаев, А. Н. Мельников // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2011. - № 4. - С. 92а-96.
2. Вагапова, Н. В. Управление функциональными процессами городских пассажирских перевозок [Текст] / Н. В. Вагапова, Б. А. Портников, Н. З. Султанов, И. И. Любимов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2009. - № 2. - С. 49-56.
3. Любимов, И. И. К вопросу формирования рациональной структуры городского пассажирского транспорта в городе Оренбурге [Текст] / И. И. Любимов, Н. З. Султанов, Е. В. Бондаренко // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2009. - № 3. - С. 21-25.
4. Любимов, И. И. Методические основы оптимизации процесса сбора и вывоза твёрдых бытовых отходов [Текст] / И. И. Любимов, К. И. Манаев, А. Н. Мельников, Н. З. Султанов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2011. - № 2. - С. 35-40.
5. Любимов, И. И. Модель автотранспортной сети региона (на примере Оренбургской области) [Текст] / И. И. Любимов, Н. З. Султанов, И. Т. Ковриков // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2011. - № 10 (129). - С. 32-37.
6. Любимов, И. И. Разработка алгоритма оптимизации структуры подвижного состава и контейнерного парка в процессе сбора и вывоза твёрдых бытовых отходов [Текст] / И. И. Любимов, К. И. Манаев, А. Н. Мельников, В. И. Рассоха // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2011. - № 4. - С. 174-182.
7. Любимов, И. И. Формирование целевой функции оптимизации транспортно-логистической схемы сбора и вывоза твёрдых бытовых отходов [Текст] / И. И. Любимов, К. И. Манаев, А. Н. Мельников, Н. З. Султанов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2011. - № 3. - С. 5-8.
8. Бондаренко, Е. В. Обеспечение безопасности автотранспортных средств с учетом технического состояния элементов электрооборудования [Текст] / Е. В. Бондаренко, Р. Х. Хасанов, Е. С. Сидорин, В. С. Голованов // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 2(37). - С. 100-107.

Бондаренко Елена Викторовна

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»
Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, ГСП, пр. Победы, 13
Д-р техн. наук, профессор кафедры ТЭРА
E-mail: tera@mail.osu.ru

Гончаров Андрей Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»
Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, ГСП, пр. Победы, 13
Канд. техн. наук, доцент кафедры ТЭРА
E-mail: goncharov_osu@rambler.ru

Горлатов Сергей Ефимович

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»
Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, ГСП, пр. Победы, 13
Канд. техн. наук, доцент кафедры АиБД
E-mail: sgorlatov@yandex.ru

Любимов Игорь Ильич

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»
Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, ГСП, пр. Победы, 13
Канд. техн. наук, доцент кафедры АиБД
E-mail: lyubimov@mail.osu.ru

Манаев Константин Ильич

ООО «Управляющая компания Спецавтохозяйство»
Адрес: 460000, Россия, г. Оренбург, ул. Луганская, 5
Генеральный директор
E-mail: sah_1@mail.ru

Мельников Алексей Николаевич

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»
Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, ГСП, пр. Победы, 13
Канд. техн. наук, доцент кафедры ТЭРА
E-mail: mlnikov@rambler.ru

Трубин Николай Александрович

Муниципальное бюджетное учреждение «Муниципальный диспетчерский центр»
Адрес: 460048, Россия, г. Оренбург, проезд Автоматики, 13
Начальник диспетчерской службы
E-mail: truba-414@mail.ru

E. V. BONDARENKO, A. A. GONCHAR, S. E. GORLATOV, I. I. LYUBIMOV,
K. I. MANALO, A. N. MELNIKOV, N. A. TRUBIN

MUNICIPAL MANAGEMENT CONCEPTS ROAD TRANSPORT

This article describes the features and direction of the regional and municipal systems and specialized road passenger transport. The two systems are similar in many ways, but along with the similarities are differences that manifest in regional centers.

Keywords: *adaptive control of road transport, collection and disposal of municipal solid waste, fleet structure.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bondarenko, E. V. Optimizatsiya infrastruktury sbora i vyvoza tverdykh bytovykh otkhodov s terri-torii naselenogo punkta [Tekst] / E. V. Bondarenko, A. O. Zuev, I. I. Lyubimov, K. I. Manaev, A. N. Mel'nikov // Vestnik-

№ 2(45) 2014 (апрель-июнь) Безопасность движения и автомобильные перевозки

Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2011. - № 4. - S. 92a-96.

2. Vagapova, N. V. Upravlenie funktsional'nymi protsessami gorodskikh passazhirskikh perevozk [Tekst] / N. V. Vagapova, B. A. Portnikov, N. Z. Sultanov, I. I. Lyubimov // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2009. - № 2. - S. 49-56.

3. Lyubimov, I. I. K voprosu formirovaniya ratsional'noy struktury gorodskogo passazhirskogo transporta v gorode Orenburge [Tekst] / I. I. Lyubimov, N. Z. Sultanov, E. V. Bondarenko // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2009. - № 3. - S. 21-25.

4. Lyubimov, I. I. Metodicheskie osnovy optimizatsii protsessa sbora i vyvoza tvoriodykh bytovykh otkhodov [Tekst] / I. I. Lyubimov, K. I. Manaev, A. N. Mel'nikov, N. Z. Sultanov // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2011. - № 2. - S. 35-40.

5. Lyubimov, I. I. Model' avtotransportnoy seti regiona (na primere Orenburgskoy oblasti) [Tekst] / I. I. Lyubimov, N. Z. Sultanov, I. T. Kovrikov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2011. - № 10 (129). - S. 32-37.

6. Lyubimov, I. I. Razrabotka algoritma optimizatsii struktury podvizhnogo sostava i konteynernogo parka v protsesse sbora i vyvoza tvoriodykh bytovykh otkhodov [Tekst] / I. I. Lyubimov, K. I. Manaev, A. N. Mel'nikov, V. I. Rassokha // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2011. - № 4. - S. 174-182.

7. Lyubimov, I. I. Formirovanie tselevoy funktsii optimizatsii transportno-logisticheskoy skhemy sbora i vyvoza tvoriodykh bytovykh otkhodov [Tekst] / I. I. Lyubimov, K. I. Manaev, A. N. Mel'nikov, N. Z. Sultanov // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2011. - № 3. - S. 5-8.

8. Bondarenko, E. V. Obespechenie bezopasnosti avtotransportnykh sredstv s uchetom tekhnicheskogo sostoyaniya elementov elektrooborudovaniya [Tekst] / E. V. Bondarenko, R. H. Hasanov, E. S. Sidorin, V. S. Golovanov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 2(37). - S. 100-107.

Bondarenko Elena Viktorovna

FGBOU VPO «Orenburg State University»
Address: 460018, Russia, g. Orenburg, GSP, Pobeda 13
Dr. techn., professor of TERA
E-mail: tera@mail.osu.ru

Goncharov Andrey Alekseevich

FGBOU VPO «Orenburg State University»
Address: 460018, Russia, g. Orenburg, GSP, Pobeda 13
Candidate. techn., assistant professor of TERA
E-mail: goncharov_osu@rambler.ru

Gorlatov Sergey Efimovich

FGBOU VPO «Orenburg State University»
Address: 460018, Russia, g. Orenburg, GSP, Pobeda 13
Candidate. techn., assistant professor of AIBD
E-mail: sgorlatov@yandex.ru

Lyubimov Igor Il'ich

FGBOU VPO «Orenburg State University»
Address: 460018, Russia, g. Orenburg, GSP, Pobeda 13
Candidate. techn., assistant professor of AIBD
E-mail: lyubimov@mail.osu.ru

Manayeu Constantine Il'ich

«Management Company Spetsavtohozyaystvo»
Address: 460000, Russia, g. Orenburg, ul. Lugansk, 5
General manager
E-mail: sah_1@mail.ru

Alexey Melnikov Nikolaevich

FGBOU VPO «Orenburg State University»
Address: 460018, Russia, g. Orenburg, GSP, Pobeda 13
Candidate. techn., assistant professor of TERA
E-mail: mlnikov@rambler.ru

Trubin Nikolai Aleksandrovich

Municipal budget organization «Council control center»
Address: 460048, Russia, g. Orenburg, travel Automation, 13
Head of the dispatch service
E-mail: truba-414@mail.ru

УДК 004

В. Т. КАПИТАНОВ, А. Б. ЧУБУКОВ

О РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

В статье предлагается метод рационального распределения ресурсов на создание ИТС.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, эффективность управления, распределение затрат.

Могущество современного государства определяют три стороны: технологии и коммуникации, системы информации, торговля и финансы. Применительно к транспортным системам крупных городов можно отметить, что рост темпов автомобилизации сопровождается рядом негативных последствий, такими, как перенасыщенность транспортными средствами улично-дорожной сети (УДС), загрязнение атмосферы отработавшими газами, аварийность и др.

В комплексе мероприятий, направленных на решение задачи обеспечения нормального функционирования современного города в условиях повышенной автомобилизации, автоматизация управления дорожным движением занимает одно из ведущих мест. Работы по данной проблеме проводились как в нашей стране, так и в целом ряде наиболее развитых зарубежных стран.

В Советском Союзе в 70-80 годы прошлого века работы по созданию автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУД) проводились в рамках программ Государственного комитета по науке и технике СССР.

Внедрялись системы управления дорожным движением двух типов – телемеханические системы координированного управления (ТСКУ) и общегородские АСУД. Общие капитальные затраты на внедрение одной ТСКУ составляли 200-300 тыс. рублей, годовые эксплуатационные расходы – 50-70 тыс. рублей. По состоянию на 1 января 1985 года в стране было внедрено около 100 ТСКУ, а число различных систем координированного регулирования достигало 150.

Общегородские АСУД к 1990 году были введены в строй во всех городах с населением свыше 500 тыс. человек. Капитальные затраты на создание системы в расчете на один перекресток составляли 35-40 тыс. рублей.

Накопленный опыт эксплуатации таких систем убедительно свидетельствует о том, что они действительно являются эффективным средством сокращения задержек на городском транспорте, повышения скоростей движения, увеличения пропускной способности городских магистралей и уровня безопасности движения.

В последнее время отмечается активизация интереса к интеллектуальным транспортным системам (ИТС), по существу являющимися неким развитием АСУД на основе современных технологических решений.

Поскольку создание ИТС является достаточно дорогостоящим мероприятием, существенное значение приобретает разработка методов рационального проектирования систем, повышения качества управления и эффективности функционирования, рационального распределения затрат на строительство, определения очередности внедрения элементов системы (центра и периферии) на дорожной сети города (выбор объекта).

Основным показателем эффективности системы является экономический эффект, представляющий собой функцию многих переменных, отражающих как специфические свойства дорожной сети, транспортных потоков, так и структуры ИТС.

Сложность и трудоемкость задачи определения эффекта системы, связанные в том числе с динамическим характером объекта управления, позволяют говорить лишь о нахождении оценки экономического эффекта. При этом следует иметь в виду, что капитальные и текущие затраты, а также результаты применения системы изменяются во времени; ряд устройств системы начинает эксплуатироваться гораздо раньше самой системы; замена технических средств на аналогичные может привести к изменению качества управления; затраты и результаты, относящиеся к различным моментам времени, не эквивалентны (поэтому они должны быть приведены к рассматриваемому году); экономический эффект является аддитивной величиной.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОБЪЕКТА

Под выбором объекта понимается определение последовательности поэтапного внедрения (развития) системы на основе экономического критерия – экономического эффекта за период ее функционирования.

Предположим, что на основании предварительного анализа транспортных потоков (ТП) определен район управления на дорожной сети города, в котором предполагается поэтапное внедрение системы городского типа (с центром управления – ЦУ).

При этом необходимо решить задачу определения последовательности ввода в действие системы (срока ввода в действие ЦУ и количества ежегодно оборудуемых перекрестков) в предполагаемом районе управления с учетом рационального распределения во времени капитальных затрат на проектирование системы, строительство ЦУ и оборудование узлов, входящих в район управления с целью максимизации экономического эффекта.

Исходные данные:

K^c – объем капитальных затрат на оборудование ЦУ;

K^a – объем капитальных затрат на оборудование перекрестков для работы в системном режиме;

K_i^{min}, K_i^{max} – ограничения на выделяемые и осваиваемые объемы годовых капитальных вложений (i -номер года; $i=1, \dots, S$);

S – период функционирования системы с момента начала ее строительства;

e – эффект от функционирования одного перекрестка, работающего в системном режиме;

K_{ed} – среднее значение капитальных затрат на оборудование одного перекрестка, работающего в системном режиме;

C – коэффициент пропорциональности между текущими издержками и числом перекрестков;

E_n – нормативный коэффициент эффективности.

Принятые обозначения

\mathcal{E}_s – экономический эффект от функционирования системы за период S ;

t_c – срок ввода в строй ЦУ;

\bar{K}_i – объем капитальных вложений, реализованных за i лет, на строительство ЦУ ($i=1, \dots, S$);

\bar{K}_i^a – объем капитальных вложений, реализованных за i лет на оборудование перекрестков для работы в системном режиме ($i=1, \dots, S$);

\tilde{K}_i – капитальные затраты на строительство ЦУ, приведенные к i -му году;

\tilde{K}_i^a – капитальные затраты на оборудование перекрестков для работы в системном режиме, приведенные к i -му году;

E – норматив приведения (0,1).

Допущения:

1. Объемы амортизационных отчислений эквивалентны средствам, поступающим на восстановление системы.

2. Эффект от функционирования системы может быть получен только в случае ввода в действие ЦУ.

Ограничения задачи:

1. Объем капитальных затрат, реализованных за i лет на создание ЦУ не уменьшается:

$$\bar{K}_i \geq \bar{K}_{i-1}, \quad i = \overline{2, S} \quad (1)$$

2. Строительство ЦУ за S лет должно быть завершено:

$$\bar{K}_S = K^c, \quad i = S \quad (2)$$

3. Объем капитальных затрат, реализованных за i лет на оборудование перекрестков для работы в системном режиме, не уменьшается:

$$\bar{K}_i^\wedge \geq \bar{K}_{i-1}, \quad i = \overline{2, S} \quad (3)$$

4. Оборудование перекрестков, входящих в состав системы за S лет должно быть завершено:

$$\bar{K}_S^\wedge = K^\wedge, \quad i = S \quad (4)$$

5. Ежегодные капитальные затраты на создание системы ограничены значениями годовых капитальных вложений K_i^{\min}, K_i^{\max} :

$$K_i^{\min} \leq \bar{K}_i - \bar{K}_{i-1} + \bar{K}_i^\wedge - \bar{K}_{i-1}^\wedge \leq K_i^{\max}, \quad i = \overline{2, S} \quad (5)$$

$$K_1^{\min} \leq K_1 + K_1^\wedge \leq K_1^{\max}, \quad i = 1 \quad (6)$$

6. При расчете экономического эффекта от функционирования системы учитывается фактор времени, т.к. капитальные вложения осуществляются в течение ряда лет. Приведение капитальных вложений к началу расчетного года выполняется следующим образом:

$$\tilde{K}_1 = \bar{K}_1, \quad i = 1. \quad (7)$$

$$\tilde{K}_i = \bar{K}_1(1+E)^{i-1} + \sum_{m=2}^i (\bar{K}_m - \bar{K}_{m-1})(1+E)^{i-m}, \quad i = \overline{2, S}. \quad (8)$$

$$\tilde{K}_1^\wedge = \bar{K}_1^\wedge, \quad i = 1. \quad (9)$$

$$\tilde{K}_i^\wedge = \bar{K}_1^\wedge(1+E)^{i-1} + \sum_{m=2}^i (\bar{K}_m^\wedge - \bar{K}_{m-1}^\wedge)(1+E)^{i-m}, \quad i = \overline{2, S}. \quad (10)$$

Учитывая допущения 1 и 2, экономический эффект от функционирования системы за S лет может быть рассчитан следующим образом:

$$\mathcal{E}_f = \sum_{i=t_c+1}^s \frac{e}{K_{e0}} \bar{K}_{i-1}^\wedge - \sum_{i=1}^s \frac{C}{K_{e0}} \bar{K}_i^\wedge - E_n \sum_{i=1}^s (\tilde{K}_i + \tilde{K}_i^\wedge). \quad (11)$$

Для упрощения целевой функции (11) и приведения ее к линейной форме вводятся дополнительные ограничения:

Вводятся переменные γ_i, δ_i характеризующие получение экономии от функционирования системы. Экономия может быть получена только после ввода в действие ЦУ.

$$\gamma_i \leq \delta_i K^\wedge, \quad i = \overline{1, S}. \quad (12)$$

$$\gamma_i \leq \bar{K}_{i-1}, \quad i = \overline{2, S}. \quad (13)$$

$$\bar{K}_i \geq \delta_i K^c, \quad i = \overline{1, S}. \quad (14)$$

$$\delta_i = \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, S}. \quad (15)$$

Условие (15) может быть записано в виде неравенства:

$$\delta_i \leq 1, \quad i = \overline{1, S} \quad (16)$$

(с условием, что переменная δ_i – целочисленная).

Учитывая условия (10)-(14), выражение для расчета экономического эффекта от функционирования системы за S лет может быть записано в виде:

$$\Theta_s = \sum_{i=1}^s \left[\left(\frac{e}{K_{e0}} \gamma_i - \frac{C}{K_{e0}} \bar{K}_i \right) - E_n (\bar{K}_i + \tilde{K}_i) \right]. \quad (17)$$

Цель выбора объекта состоит в проектировании системы с учетом рационального распределения во времени капитальных затрат таким образом, чтобы максимизировать экономический эффект от функционирования системы, т.е. требуется найти такие значения переменных $\bar{K}_i, \bar{K}_i^{\wedge}, \gamma_i, \delta_i, \tilde{K}_i, \tilde{K}_i^{\wedge}$, которые удовлетворяют ограничениям (1)-(10), (12)-(14), (16) и максимизируют целевую функцию (17).

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Полученная математическая задача максимизации линейной целевой функции (17) при ограничениях (1)-(10), (12)-(14), (16), является задачей частично целочисленного линейного программирования.

Методом решения этой задачи может служить метод ветвей и границ.

Приведем сформулированную задачу линейного программирования к стандартной форме:

$$\bar{K}_i (i = \overline{1, S}) \Rightarrow \gamma_k (K = \overline{1, S}),$$

$$\bar{K}_i^{\wedge} (i = \overline{1, S}) \Rightarrow \gamma_{k+S} (K = \overline{1, S}),$$

$$\gamma_i (i = \overline{1, S}) \Rightarrow \gamma_{k+2S} (K = \overline{1, S}),$$

$$\delta_i (i = \overline{1, S}) \Rightarrow \gamma_{k+3S} (K = \overline{1, S}),$$

$$\tilde{K}_i (i = \overline{1, S}) \Rightarrow \gamma_{k+4S} (K = \overline{1, S}),$$

$$\tilde{K}_i^{\wedge} (i = \overline{1, S}) \Rightarrow \gamma_{k+5S} (K = \overline{1, S}).$$

Тогда ограничения (1)-(8), (10)-(12), (14) и целевая функция (15) принимают вид:

$$\gamma_K \geq \gamma_{K-1}, \quad K = \overline{2, S}. \quad (18)$$

$$\gamma_s = K^c. \quad (19)$$

$$\gamma_{K+S} \geq \gamma_{K+S-1}, \quad K = \overline{2, S}. \quad (20)$$

$$\gamma_{2S} = K^{\wedge}. \quad (21)$$

$$\gamma_K - \gamma_{K-1} + \gamma_{K+S} - \gamma_{K+S-1} \geq K_K^{\min}, \quad K = \overline{2, S}. \quad (22)$$

$$\gamma_K - \gamma_{K-1} + \gamma_{K+S} - \gamma_{K+S-1} \leq K_K^{\max}, \quad K = \overline{2, S}. \quad (23)$$

$$\gamma_1 + \gamma_{S+1} \geq K_1^{\min}. \quad (24)$$

$$\gamma_1 + \gamma_{S+1} \leq K_1^{\max}. \quad (25)$$

$$\gamma_{K+2S} \leq K^{\wedge} \gamma_{K+3S}, \quad K = \overline{1, S}. \quad (26)$$

$$\gamma_{K+2S} \leq \gamma_{K+S-1}, \quad K = \overline{2, S}. \quad (27)$$

$$\gamma_K \geq K^c \gamma_{K+3S}, \quad K = \overline{1, S}. \quad (28)$$

$$\gamma_{K+3S} \leq 1, \quad K = \overline{1, S}. \quad (29)$$

$$\gamma_{4S+1} = \gamma_1.$$

$$\gamma_{K+4S} = \gamma_1 (1+E)^{K-1} + \sum_{m=2}^K (\gamma_m - \gamma_{m-1}) (1+E)^{K-m}, \quad K = \overline{2, S}. \quad (30)$$

$$\gamma_{5S+1} = \gamma_{S+1}.$$

$$\gamma_{K+5S} = \gamma_{S+1} (1+E)^{K-1} + \sum_{m=2}^K (\gamma_{m+S} - \gamma_{m+S-1}) (1+E)^{K-m}, \quad K = \overline{2, S}, \quad (31)$$

причем γ_{K+3S} – целочисленная переменная.

$$\mathcal{E}_S = \sum_{K=1}^S \left[\left(\frac{e}{K_{e\partial}} \gamma_{K+2S} - \frac{C}{K_{e\partial}} \gamma_{K+S} \right) - E_n (\gamma_{K+4S} + \gamma_{K+5S}) \right] = \max \quad (32)$$

Преобразуя ограничения-неравенства в ограничения-равенства путем введения неотрицательных переменных γ_{n+i} , получим стандартную запись задачи линейного программирования, которая в общей форме имеет вид:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \gamma_j = b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\gamma_j \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^n C_j \gamma_j = \min.$$

Применение симплекс-метода предполагает приведение задачи линейного программирования к канонической форме. Введением искусственных переменных от задачи в стандартной форме переходим к равносильной задаче в канонической форме:

$$\gamma_{K-1} - \gamma_{K+10S-2} + \gamma_{K+10S-1} - \gamma_{K+16S-2} = 0, \quad K = \overline{2, S}, \quad i = \overline{1, S-1}. \quad (33)$$

$$\gamma_S + \gamma_{11S-1} = K^c, \quad i = S. \quad (34)$$

$$\gamma_{K+S-1} - \gamma_{K+11S-2} + \gamma_{K+11S-1} - \gamma_{K+17S-3} = 0, \quad K = \overline{2, S}, \quad i = \overline{S+1, 2S-1}. \quad (35)$$

$$\gamma_{2S} + \gamma_{12S-1} = K^{\wedge}, \quad i = 2S. \quad (36)$$

$$\gamma_{K+2S-1} - \gamma_{K+10S-2} + \gamma_{K+10S-1} - \gamma_{K+11S-2} + \gamma_{K+11S-1} - \gamma_{K+18S-4} = K_K^{\min}, \quad K = \overline{2, S}, \quad i = \overline{2S+1, 3S-1}. \quad (37)$$

$$\gamma_{K+3S-2} - \gamma_{K+10S-2} + \gamma_{K+10S-1} - \gamma_{K+11S-2} + \gamma_{K+11S-1} + \gamma_{K+19S-5} = K_k^{\max}, \quad K = \overline{2, S}, \quad i = \overline{3S, 4S-2}. \quad (38)$$

$$\gamma_{4S-1} + \gamma_{10S} + \gamma_{11S} - \gamma_{20S-4} = K_1^{\min}, \quad i = 4S-1. \quad (39)$$

$$\gamma_{4S} + \gamma_{10S} + \gamma_{11S} - \gamma_{20S-3} = K_1^{\max}, \quad i = 4S. \quad (40)$$

$$\gamma_{K+4S} + \gamma_{K+12S-1} - K^{\wedge} \gamma_{K+13S-1} + \gamma_{K+20S-3} = 0, \quad K = \overline{1, S}, \quad i = \overline{4S+1, 5S}. \quad (41)$$

$$\gamma_{K+5S-1} - \gamma_{K+11S-2} + \gamma_{K+12S-1} + \gamma_{K+21S-4} = 0, \quad K = \overline{2, S}, \quad i = \overline{5S+1, 6S-1}. \quad (42)$$

$$\gamma_{K+6S-1} + \gamma_{K+10S-1} - K^c \gamma_{K+13S-1} - \gamma_{K+22S-4} = 0, \quad K = \overline{1, S}, \quad i = \overline{6S, 7S-1}. \quad (43)$$

$$\gamma_{K+7S-1} + \gamma_{K+13S-1} + \gamma_{K+23S-4} = 1, \quad K = \overline{1, S}, \quad i = \overline{7S, 8S-1}. \quad (44)$$

$$\gamma_{8S} - \gamma_{10S} + \gamma_{14S} = 0, \quad i = 8S. \quad (45)$$

$$\gamma_{K+8S-1} - 1,1^{K-1} \gamma_{10S} - \sum_{m=2}^K 1,1^{K-1} (\gamma_{m+10S-1} - \gamma_{m+10S-2}) + \gamma_{K+14S-1} = 0, \quad K = \overline{2, S}, \quad i = \overline{8S+1, 9S-1}. \quad (46)$$

$$\gamma_{9S} - \gamma_{11S} - \gamma_{15S} = 0, \quad i = 9S. \quad (47)$$

$$\gamma_{K+9S-1} = 1,1^{K-1} \gamma_{11S} - \sum_{m=2}^K 1,1^{K-m} (\gamma_{m+11S-1} - \gamma_{m+11S-2}) + \gamma_{K+15S-1} = 0, \quad K = \overline{2, S}, \quad i = \overline{9S+1, 10S-1}. \quad (48)$$

$\gamma_{Z+13F-1}$ – целочисленная переменная

$$\sum_{K=1}^{10S-1} 10^{12} \gamma_K + \sum_{K=1}^S \left[\left(-\frac{e}{K_{e0}} \gamma_{K+12S-1} + \frac{C}{K_{e0}} \gamma_{K+11S-1} \right) + E_n (\gamma_{K+14S-1} + \gamma_{K+15S-1}) \right] = \min \quad (49)$$

РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ВЫБОРА ОБЪЕКТА

В результате решения сформулированной таким образом задачи получаем значения переменных $\overline{K}_i (i = \overline{1, S})$, $\overline{K}_i^n (i = \overline{1, S})$, $\gamma_i (i = \overline{1, S})$, $\delta_i (i = \overline{1, S})$, $\overline{K}_i (i = \overline{1, S})$, $\overline{K}_i^n (i = \overline{1, S})$, соответствующих максимальному значению экономического эффекта от функционирования системы в заданном районе управления.

Используя полученные значения этих переменных определяем:

1. Срок ввода в строй ЦУ (t_c)

$$t_c = S - \sum_{i=1}^S \delta_i, \quad i = \overline{1, S}.$$

2. Оптимальное (для заданного срока службы системы S выделяемых материальных ресурсов) количество ежегодно оборудуемых в составе системы перекрестков (n_i).

$$n_i = \frac{\overline{K}_i^{\wedge} - \overline{K}_{i-1}^{\wedge}}{K_{e0}}, \quad i = \overline{1, S}.$$

При программной реализации предложенного алгоритма, предопределенного задачей частично целочисленного линейного программирования, записанной в канонической форме (система (33) - (49)), используются стандартные программы.

Создание ИТС – долгосрочный, многоэтапный, затратный процесс. С учетом этого предлагается метод распределения ресурсов, обеспечивающий возможность получения эффекта за обозримый временной отрезок с учетом всех этапов ввода в строй системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев, М. Л. Исследование эффективности автоматизированных систем управления дорожным движением [Текст]: методические рекомендации / М. Л. Барышев, В. И. Драчевский, В. Т. Капитанов. – М.: ВНИИБД МВД СССР, 1990. – 56 с.
2. Ивченко, Г. И. Математическая статистика [Текст] / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев. – М.: Высшая школа, 1984. – 248 с.
3. Кременец, Ю. А. Технические средства организации движения [Текст]: учебник для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2005. – 279 с.
4. Михеева, Т. И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем [Текст] / Т. И. Михеева. – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. – 380 с.
5. Руководство по проектированию и внедрению автоматизированных систем управления дорожным движением на базе АСУДД [Текст] / Под общей редакцией д.т.н. Волошина Г.Я. – М.: ВНИИБД МВД СССР, 1981. – 232.

Капитанов Валерий Тимофеевич

ФГБОУ ВПО «Московский Автомобильно-Дорожный Государственный Технический Университет (Мади)»

Адрес: 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64
Д-р техн. наук, профессор
E-mail: valerij47-k@yandex.ru

Чубуков Александр Бежанович

ФГБОУ ВПО «Московский Автомобильно-Дорожный Государственный Технический Университет (Мади)»

Адрес: 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64
Канд. техн. наук, доцент
E-mail: a.b.chubukov@mail.ru

V. T. KAPITANOV, A. B. CHUBUKOV

THE RATIONALIZATION OF THE PROCESS OF CREATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

The article deals with the proposal of the method of rational distribution of resources to create ITS.

Keywords: *intelligent transport system, management efficiency, the distribution of financial expenses.*

BIBLIOGRAPHY

1. Baryshev, M. L. Issledovanie effektivnosti avtomatizirovannykh sistem upravleniya dorozhnym dvizheniem [Tekst]: metodicheskie rekomendatsii / M. L. Baryshev, V. I. Drachevskiy, V. T. Kapitanov. – M.: VNITSBD MVD SSSR, 1990. – 56 s.
2. Ivchenko, G. I. Matematicheskaya statistika [Tekst] / G. I. Ivchenko, YU. I. Medvedev. – M.: Vysshaya shkola, 1984. – 248 s.
3. Kremenets, YU. A. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dvizheniya [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / YU. A. Kremenets, M. P. Pecherskiy, M. B. Afanas'ev. – M.: IKTS "Akademkniga", 2005. – 279 s.
4. Mikheeva, T. I. Strukturno-parametricheskii sintez intellektual'nykh transportnykh sistem [Tekst] / T. I. Mikheeva. – Samara: Samar. nauch. tsentr RAN, 2008. – 380 s.
5. Rukovodstvo po proektirovaniyu i vnedreniyu avtomatizirovannykh sistem upravleniya dorozhnym dvizheniem na baze ASUDD [Tekst] / Pod obshchey redaktsiyey d.t.n. Voloshina G.YA. – M.: VNIIBD MVD SSSR, 1981. – 232.

Capitanov Valery Timofeevich

FGBOU VPO "Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI),"
Address: 125319, Moscow, Leningradsky Prospekt 64
Dr. Sc. Sciences, Professor
E-mail: valerij47-k@yandex.ru

Chubukov Alexander Bezhanovich

FGBOU VPO «Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI)»
Address: 125319, Moscow, Leningradsky Prospekt 64
Kand. tehn. Sciences, Associate Professor
E-mail: a.b.chubukov@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА АВТОМАГИСТРАЛЯХ

В работе рассмотрены особенности работы светофорных объектов на автомагистралях. Особое внимание уделено координированному управлению въездами. Приведена формулировка задачи управления въездами, предусматривающая минимизацию длины очереди на въездах при ограничениях на максимальную интенсивность движения по отдельным участкам. Данная постановка задачи обеспечивается строгое соблюдение условия предотвращения транспортных заторов на автомагистралях. Приведены результаты оценки эффективности предложенного метода на микроскопической имитационной модели.

Ключевые слова: автомагистраль, управление въездом, координация, минимизация длины очереди.

Создание современных скоростных автомобильных магистралей требует системного подхода для решения комплекса задач, связанных с обеспечением безостановочного движения интенсивных транспортных потоков с высокими скоростями и высоким уровнем безопасности движения. Обустройство автомагистрали при этом должно предусматривать не только наличие соответствующих сооружений и элементов дороги, но и автоматизированной системы управления движением [1, 2].

Стратегия управления движением на автомагистрали существенно отличается от управления городской транспортной сетью. Если в городской транспортной сети основной задачей управления является минимизация суммы взвешенной задержки и числа остановок [3, 4, 5], то на автомагистрали основной задачей является недопущение образования транспортных заторов [6]. Движение транспорта на автомагистрали организуется следующим образом, что на автомагистраль производится дозированный выпуск транспортных средств с прилегающей сети автомобильных дорог, при этом движение по автомагистрали не останавливается. Количество въезжающих транспортных средств на автомагистраль нормируется светофорным объектом и должно быть таково, чтобы загрузка магистрали не превышала некоторого оптимального уровня.

Следует отметить, что и условия функционирования светофорного объекта на автомагистрали отличны от условий функционирования в городской сети. Во-первых, светофоры устанавливаются только на въездах, поток на магистральном направлении ими не регулируется. Во-вторых, транспортные средства, проезжающие на разрешающий сигнал, испытывают затруднения при вхождении в автомагистраль, что снижает пропускную способность въезда [7, 8]. Указанные особенности делают непригодными для использования на автомагистралях городские методы и системы управления движением.

Классическим способом управления въездом на автомагистраль считается метод «пропускная способность – спрос» представляющий собой локальную систему управления въездом с компенсацией возмущений [9]. Для вычисления значений управляющих воздействий используют измерения состояний транспортного потока в районе въезда:

$$r(k) = \begin{cases} q_{cap} - q_{in}(k-1), & \text{if } o_{out}(k) \leq o_{cr} \\ r_{min}, & \text{else} \end{cases}, \quad (1)$$

где q_{cap} – пропускная способность магистрали в сечении по ходу движения от въезда;

q_{in} – измеренная интенсивность потока по магистрали на подходе к въезду;

o_{out} – загруженность магистрали (показатель аналогичный плотности), измеренная по ходу движения от въезда;

o_{cr} – критическая загруженность (при котором интенсивность движения по магистрали становится максимальным);

r_{min} – предустановленное минимальное допустимое значение потока въезда.

Способ предусматривает добавление к последнему измерению потока $q_{in}(k-1)$ по мере необходимости такого количество автомобилей с въездом $r(k)$, которое обеспечивает в последующем сегменте интенсивность, близкую к пропускной способности магистрали q_{cap} (рис.1). Значение пропускной способности магистрали q_{cap} определяется макроскопической моделью вида:

$$q = \rho \cdot v; \tag{2}$$

где ρ – плотность транспортного потока;

$v = V(\rho)$ – скорость транспортного потока;

$V(\rho)$ – функция, определяющая форму основной диаграммы транспортного потока.

Функция $V(\rho)$ имеет вид:

$$V(\rho) = V_{free} \exp \left[-\frac{1}{a_m} \left(\frac{\rho}{\rho_{crit}} \right)^{a_m} \right], \tag{3}$$

где V_{free} – скорость движения в свободных условиях;

ρ – текущая плотность;

a_m – параметр модели;

ρ_{crit} – критическая плотность движения.

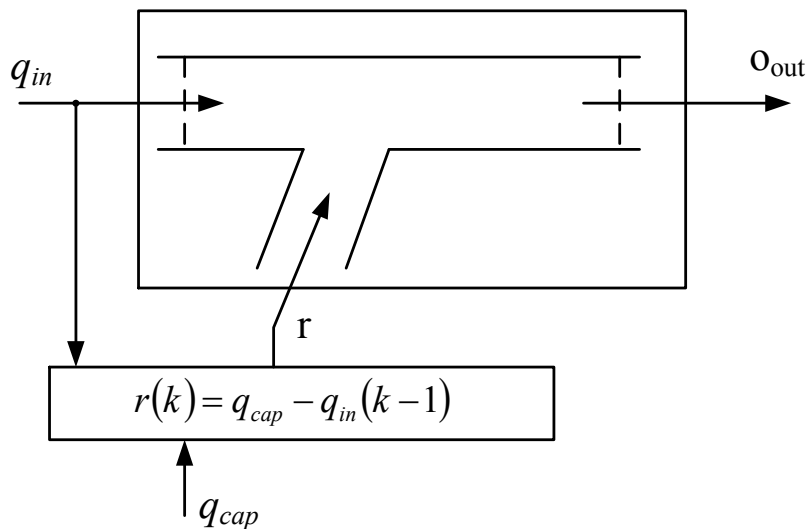


Рисунок 1 - Стратегия локального управления методом «пропускная способность – спрос»

Метод «пропускная способность – спрос» реагирует на чрезмерную загруженность o_{out} только после того, как превышает пороговое значение o_{cr} . Для ликвидации затора уменьшается поток въезда $r(k)$ до минимального потока r_{min} .

Последнее время большую известность получил метод ALINEA [10], реализующий управление с обратной связью (рис. 2). ALINEA представляет собой классический Р-регулятор:

$$r(k) = r(k-1) + K_R [\hat{\rho} - \rho_{out}(k)], \quad (4)$$

где K_R – параметр регулирования;

$\hat{\rho}$ – желательная плотность транспортного потока для расположенного по ходу движения сегмента, устанавливается по основной диаграмме транспортного потока равной $\hat{\rho} = \rho_{crit}$.

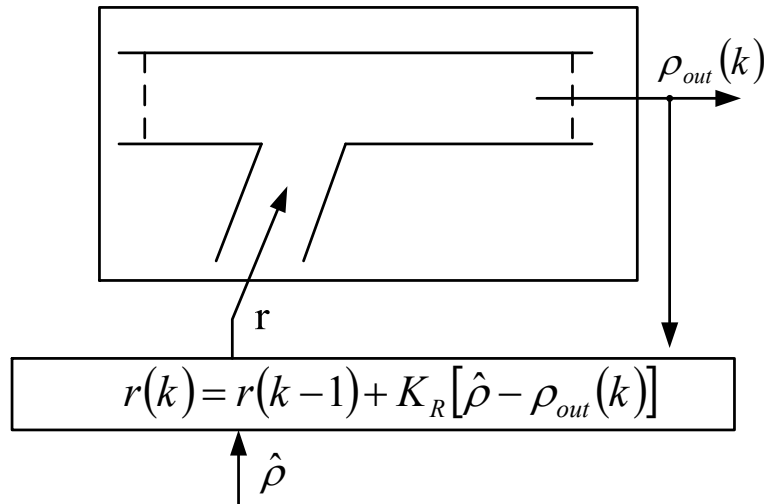


Рисунок 2 -Метод управления въездом ALINEA

Преимуществом ALINEA перед стратегией «пропускная способность – спрос» является более гладкая реакция на повышение загруженности даже при незначительных изменениях $\hat{\rho} - \rho_{out}(k)$, что позволяет стабилизировать интенсивность движения на уровне, близком к пропускной способности.

К недостаткам локальных методов следует отнести их ограниченность по масштабу воздействий, они оперируют всего лишь одним въездом и при возникновении затора вводимых ограничений недостаточно для его ликвидации. Ограничения на въезды с соседних пересечений могут быть установлены только при достижении затором соответствующих зон контроля.

Более эффективно координированное управление, когда ограничения устанавливаются не только на въезде, около которого образуется затор, но и на соседних. В качестве примера можно привести стратегию управления METALINE [11, 12], которую можно рассматривать как обобщение метода ALINEA. Управляющие воздействия на множестве контролируемых въездов определены как:

$$r(k) = r(k-1) - K_1 [o(k) - o(k-1)] + K_2 [\hat{\rho} - \rho(k)], \quad (5)$$

где $r = [r_1 \dots r_m]^T$ – вектор m управляемых объемов движения на въездах;

$o = [o_1 \dots o_n]^T$ – вектор n взвешенных плотностей на протяжении магистрали;

$\rho = [\rho_1 \dots \rho_m]^T$ – подмножество o , включающее m зон размещения зон контроля плотностей транспортного потока, для которых задано предопределенное множество значений $\hat{\rho} = [\hat{\rho}_1 \dots \hat{\rho}_m]^T$;

K_1 и K_2 – матрицы коэффициентов регулирования.

При насыщении въезда возможно блокирование прилегающих автомобильных дорог или городских улиц. В рассмотренных методах управления для уменьшения очереди на въезде отменяются управляющие воздействия регулятора, тем самым позволяя большему количеству автомобилей въезжать на магистраль.

Для управления въездами на магистраль возможно использование управления с прогнозирующей моделью [13] (Model Predictive Control – MPC). Основой MPC - управления является схема управления динамическими объектами по принципу обратной связи (рис. 3).

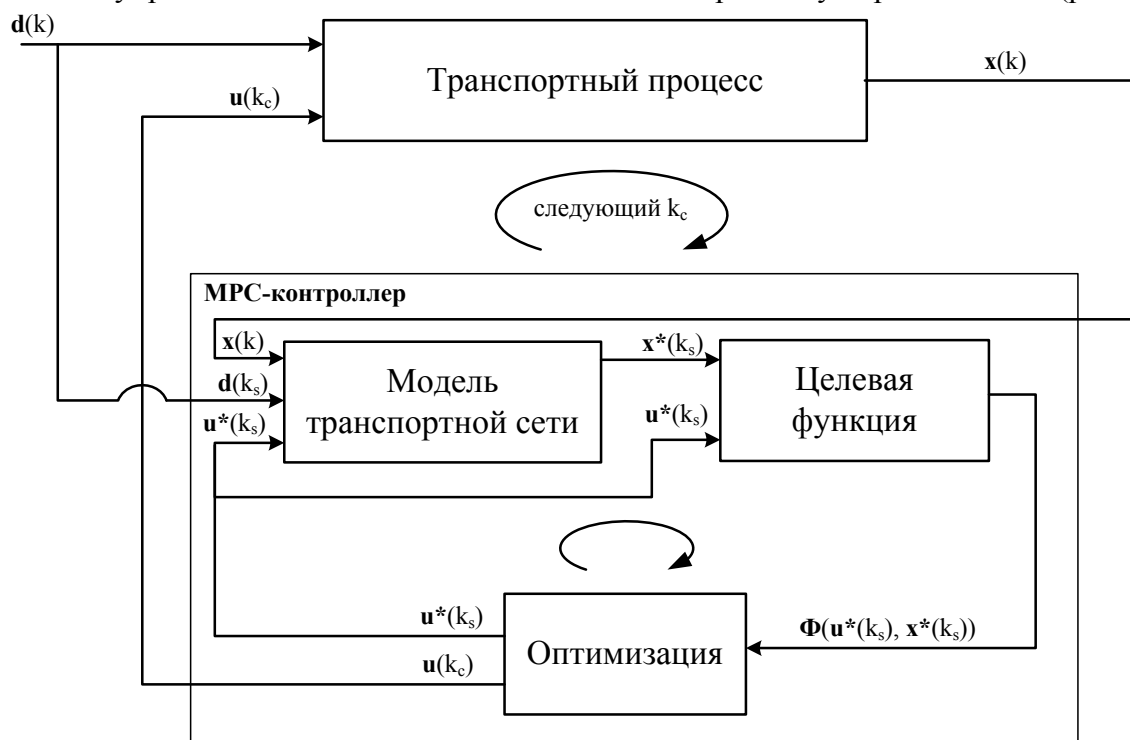


Рисунок 3 - Структурная схема управления с прогнозирующей моделью

На каждом шаге управления решается задача оптимального управления на прогнозируемый период k_s (именуемый горизонтом прогноза) и реализуется на горизонте управления k_c , причем горизонт управления на много меньше горизонта прогноза следующим образом:

- 1) рассматривается математическая модель объекта управления, начальными условиями для которой служит его текущее состояние. При заданном программном управлении выполняется моделирование состояния объекта на горизонте прогноза k_s ;
- 2) выполняется оптимизация программного управления, целью которой служит приближение регулируемых переменных прогнозирующей модели к оптимальным значениям на горизонте прогноза. Оптимизация осуществляется с учётом ограничений, накладываемых на управляющие и регулируемые переменные;
- 3) на временном шаге k_c , именуемом горизонтом управления и составляющем фиксированную малую часть горизонта прогноза k_s , реализуется найденное оптимальное управление и осуществляется измерение (или оценка по измеренным переменным) фактического состояния объекта на конец шага управления;
- 4) горизонт прогнозирования смещается на горизонт управления k_s и задача оптимального управления решается вновь (повторяются п. 1 – 3).

Задачу оптимального управления въездами на автомагистраль, учитывающая состояние въездов сформулирована в работе [14] как задача управления въездами как максимизации количества въезжающих на автомагистраль автомобилей $r(k)$:

$$r(k) \rightarrow \max, \quad (6)$$

при ограничениях:

$$q(k) \leq q_{\text{cap}}, \quad (7)$$

$$L(k) \leq L_{\text{max}}, \quad (8)$$

где $q(k)$ – интенсивность движения автомобилей за въездами;

q_{cap} – критическая (максимальная) интенсивность движения на участках автомагистрали;

$L(k)$, L_{max} – соответственно текущие и максимальные длины очередей на въездах.

При достаточно высоком транспортном спросе возможно возникновение ситуации, при которой одновременное выполнение условий (7) и (8) становится не возможным, а решение задачи (6-8) не может быть найдено. Изменим формулировку задачи управления, приняв в качестве цели управления минимизацию длины очередей на въездах:

$$L(k) \rightarrow \min, \quad (9)$$

при ограничениях:

$$lb \leq r \leq ub, \quad (10)$$

$$q \leq q_{\text{cap}}, \quad (11)$$

где lb , ub – векторы, определяющие соответственно минимальное и максимальное количество автомобилей, которое может въехать на автомагистраль.

Задача (9-11) в неявной форме обеспечивает максимизацию количества въезжающих на автомагистраль автомобилей. Действительно, количество въехавших на автомагистраль автомобилей будет максимально в том случае, если их количество в очереди минимально.

Рассмотрим подробнее переменные состояния автомагистрали, входящие в задачу управления (9-11). Длины очередей на въездах на шаге управления k определяются транспортным спросом \hat{o} и количеством автомобилей r , покинувших въезд за период действия управления τ .

$$L(k) = L(k-1) + (\hat{o} - r) \cdot \tau. \quad (12)$$

Левая граница выражения (10) может быть определена по аналогии с выражением (1) следующим образом:

$$lb = r_{\text{min}}, \quad (13)$$

Правая часть выражения (10) определяется транспортным спросом \hat{o} на въездах с учетом наличия очередей:

$$ub = \min \left(c, \frac{L_{(n-1)} + \hat{o} \cdot \tau}{\tau} \right), \quad (14)$$

Определим ограничения по интенсивности движения, для чего рассмотрим функционирование участка автомагистрали, имеющего n въездов. Интенсивность движения на участке автомагистрали определяется следующим выражением:

$$\begin{cases} q_1 = q_0 + 1 \cdot r_1 + 0 \cdot r_2 + \dots + 0 \cdot r_n \\ q_2 = q_0 + 1 \cdot r_1 + 1 \cdot r_2 + \dots + 0 \cdot r_n \\ \dots \\ q_n = q_0 + 1 \cdot r_1 + 1 \cdot r_2 + \dots + 1 \cdot r_n \end{cases},$$

или в матричной форме:

$$q = q_0 + A \cdot r, \tag{15}$$

где A – матрица транспортных связей автомагистрали;

q_0 – интенсивность движения в начале участка.

При наличии съездов q_{out} с автомобильной дороги выражение (15) принимает вид:

$$q = q_0 + A \cdot r - q_{out}. \tag{16}$$

С учетом (12 – 16) задача управления въездами на автомагистраль принимает вид:

$$L(k-1) + (\hat{\delta} - r) \cdot \tau \rightarrow \min, \tag{17}$$

при ограничениях:

$$r_{\min} \leq r \leq \min \left(c, \frac{L_{(n-1)} + \hat{\delta} \cdot \tau}{\tau} \right), \tag{18}$$

$$A \cdot r \leq (q_{cap} + q_{out} - q_0). \tag{19}$$

Апробация предложенного метода координированного управления въездами выполнялась на примере участка автомагистрали, представленного на рисунке 4. Для объективной оценки эффективности найденного решения создана микроскопическая имитационная модель в программе SUMO [15, 16].

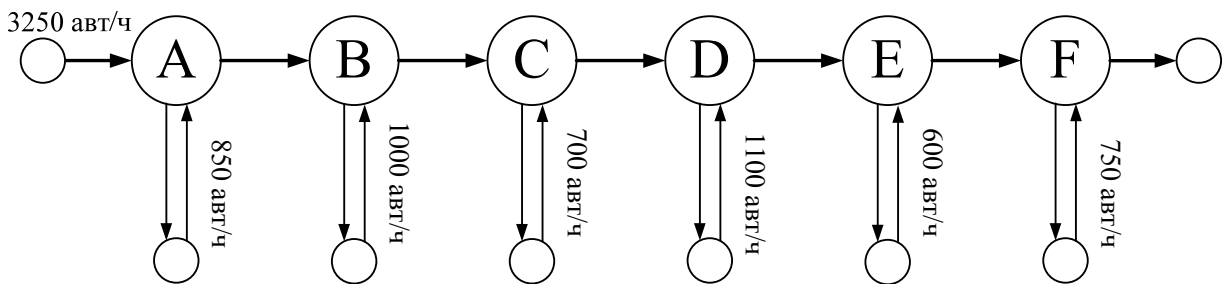


Рисунок 4 -Схема автомагистрали

Управление светофорами, установленными на въездах автомагистрали, было реализовано в программе на языке Python. Выбор языка программирования обусловлен возможностями реализации оценки состояния автомагистрали и передачи управляющих сигналов через интерфейс модуля TraCI [17]. Для решения задачи управления (17-19) использовался модуль OpenOpt [18], имеющий необходимые функции решения задач оптимизации.

Исследование состояния автомагистрали при локальном и координированном управлении проводилось в двух режимах. При первом, штатном режиме поддерживалась критическая интенсивность движения 4000 авт./ч. Второй режим имитировал возникновение инцидента и снижение пропускной способности одного из сегментов автомагистрали в результате

исключения из движения одной из полос (наблюдаемое при проведении ремонтных работ, совершении дорожно-транспортных происшествий и т.д.). Моделирование данной ситуации производилось путем остановки транспортного средства на 3 полосе перегона E-F (рис. 4). В качестве базовой была принята стратегии управления въездом «пропускная способность – спрос».

В штатном режиме функционирования автомагистрали локальное и координированное управление обеспечивали движение автомобилей без образования транспортных заторов. На связях DE и EF наблюдалось повышение плотности транспортного потока до 100 и 110 авт/км при локальном управлении, и соответственно до 80 и 100 авт/км при координированном. При имитации описанного выше инцидента при локальном управлении происходило образование транспортного затора и блокирование входящих связей, в то время как при координированном управлении образование затора не наблюдалось. В результате снижения скорости на заблокированных участках до 10 км/ч, время движения при этом увеличилось в 4-5 раз в сравнении с координированным управлением.

Результаты имитационного моделирования показали, что координированное управление въездами имеет существенное преимущество по сравнению с локальными методами, в особенности при возникновении инцидентов. Преимущество обусловлено учетом полной информации о состоянии участков сети при формировании управляющих воздействий.

Предложенная постановка задачекоординированного управления обеспечивает выполнение предварительно установленных ограничений по интенсивности движения на всем протяжении зоны управления при распределении избыточного транспортного спроса между въездами. Благодаря этому исключается образование транспортных заторов. Дальнейшим направлением выполнения исследований является учет взаимодействий при слиянии транспортных потоков и разработка методики, позволяющей управлять загрузкой отдельных полос движения [19, 20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения [Текст] / В. В. Сильянов. - М.: Транспорт, 1977. - 303 с.
2. Васильев, А. П. Управление движением на автомобильных дорогах [Текст] / А. П. Васильев, М. И. Фримштейн. - М.: Транспорт, 1979. - 296 с.
3. Власов, А. А. Адаптивные системы управления дорожным движением в городах [Текст]: монография / А. А. Власов. - Пенза: Изд-во ПГУАС, 2012. - 162 с.
4. Хилажев, Е. Б. Системы и средства автоматизированного управления дорожным движением в городах [Текст] / Е. Б. Хилажев, В. С. Соколовский, В. М. Гурулев, Я. И. Зайденберг. - М. Транспорт, 1984. - 183 с.
5. Печерский, М. П. Автоматизированные системы управления дорожным движением [Текст] / М. П. Печерский, В. Г. Хорович. - М.: Транспорт, 1979. - 175 с.
6. Методическое руководство по стратегии управления транспортными потоками в системах автоматизированного регулирования движения на автомобильных магистралях (АРДАМ). - М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1980. – 87 с.
7. Лагереv, Р. Ю. Методика прогнозирования транспортных заторов на основе применения PLM-решений [Текст] / Р. Ю. Лагереv, А. В. Зедгенизов // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2014. - № 12. - С. 165-171.
8. M. van den Berg. Integrated Control of Mixed Traffic Networks using Model Predictive Control. TRAIL Thesis Series T2010/4 – The Netherlands TRAIL Research School, 2010.
9. Guidelines for design and operating of ramp control systems / Masher, D.P., Ross, D.W., Wong, P.J., Tuan, P.L., Zeidler, A., Peracek, S. // Technical Report NCHRP 3-22, SRI Project 3340 – Stanford Research Institute, SRI, Menid Park, California, USA, 1975.
10. Papageorgiou M., Haj-Salem H., Blossville J.M. ALINEA: A local feedback control law for on-ramp metering // Transportation Research Record 1320, – 1991. – pp. 58–64.
11. Diakaki, C., Papageorgiou, M. Design and simulation test of coordinated ramp metering control (MET-ALINE) for A10-west in Amsterdam // Internal report, Dynamic Systems and Simulation Laboratory – Technical University of Crete, Chania, Greece, 1994.

12. Kotsialos, M. Papageorgiou, A. Messmer. Optimal coordinated and integrated motorway network traffic control // In Proceedings of the 14th International Symposium of Transportation and Traffic Theory (ISTTT), – Jerusalem, Israel, 1999. – pp 621–644.

13. Орлов, Н. А. Методика управления транспортными потоками с использованием прогнозирующей модели [Текст] / Н. А. Орлов, А. А. Власов, А. М. Горелов // Сборник докладов десятой международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». - СПб гос. архит.-строит. ун-т. СПб.. 2012 - С. 206 – 211.

14. Власов, А. А. Координированное управление въездами на автомагистраль [Электронный ресурс] / А. А. Власов, А. М. Горелов // Интернет-журнал «Науковедение». - 2014. - №2 (21). - М.: Науковедение. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/51TVN214.pdf>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус., англ. (дата обращения: 19.05.2014).

15. Власов, А. А. Теория транспортных потоков [Текст]: монография / А. А. Власов. - Пенза: Изд-во ПГУАС, 2014.

16. Горелов, А. М. Калибровка микроскопических моделей в задачах управления транспортными системами городов [Текст] / Н. А. Орлов, А. А. Власов // Региональная архитектура и строительство. - 2014. - 1(18). - С. 175 – 180.

17. Власов, А. А. Использование программы микроскопического моделирования SUMO для оценки эффективности алгоритмов управления транспортными потоками [Электронный ресурс] / Н. А. Орлов, Ж. А. Чушкина // Современная техника и технологии. - 2014. - № 9. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/09/4418> (дата обращения: 29.10.2014).

18. Matrix Problems Group [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://openopt.org/Problems> (дата обращения 24.03.2014).

19. Красников, А. Н. Закономерности движения на многополосных автомобильных дорогах [Текст] / А. Н. Красников. - М.: Транспорт, 1988. - 111 с.

20. Горелов, А. М. Распределение автомобилей по полосам движения на автомагистрали [Текст] / А. М. Горелов, А. А. Власов, Ж. А. Чушкина // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 6; URL: www.science-education.ru/120-15868 (дата обращения: 04.03.2015).

Горелов Александр Михайлович

ФГОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»(ПГУАС)

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

Аспирант кафедры «Организация и безопасность движения»

E-mail: dezel89@mail.ru

Власов Алексей Александрович

ФГОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»(ПГУАС)

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

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

E-mail: vlasov_a71@mail.ru

A. M. GORELOV , A. A. VLASOV

FEATURES OF TRAFFIC LIGHT CONTROL ON HIGHWAYS

In paper features of traffic light objects operation on highways are considered. The special attention is given to coordinated control by entrances. Formulation of problem of control by entrances, providing by minimization of queue length on entrances is resulted at limitations on the volumes maximum on separate sections. The given statement of problem is provided by strict observance of condition of transport jams prevention on highways. Efficiency of the offered method is estimate on microscopic imitating model. Results of the estimation are reduced.

Keywords: a highway, control by entrance, coordination, minimization of queue length.

BIBLIOGRAPHY

1. Sil`yanov, V. V. Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya [Tekst] / V. V. Sil`yanov. - М.: Транспорт, 1977. - 303 с.

2. Vasil'ev, A. P. Upravlenie dvizheniem na avtomobil'nykh dorogakh [Tekst] / A. P. Vasil'ev, M. I. Frimshteyn. - M.: Transport, 1979. - 296 s.
3. Vlasov, A. A. Adaptivnye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodakh [Tekst]: monografiya / A. A. Vlasov. - Penza: Izd-vo PGUAS, 2012. - 162 s.
4. Hilazhev, E. B. Sistemy i sredstva avtomatizirovannogo upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodakh [Tekst] / E. B. Hilazhev, V. S. Sokolovskiy, V. M. Gurulev, YA. I. Zaydenberg. - M. Transport, 1984. - 183 s.
5. Pecherskiy, M. P. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem [Tekst] / M. P. Pecherskiy, V. G. Horovich. - M.: Transport, 1979. - 175 s.
6. Metodicheskoe rukovodstvo po strategii upravleniya transportnymi potokami v sistemakh avtomatizirovannogo regulirovaniya dvizheniya na avtomobil'nykh magistralyakh (ARDAM). - M.: TSBNTI Minavtodora RSFSR, 1980. - 87 s.
7. Lagerev, R. YU. Metodika prognozirovaniya transportnykh zatorov na osnove primeneniya PLM-resheniy [Tekst] / R. YU. Lagerev, A. V. Zedgenizov // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - № 12. - S. 165-171.
8. M. van den Berg. Integrated Control of Mixed Traffic Networks using Model Predictive Control. TRAIL Thesis Series T2010/4 - The Netherlands TRAIL Research School, 2010.
9. Guidelines for design and operating of ramp control systems / Masher, D.P., Ross, D.W., Wong, P.J., Tuan, P.L., Zeidler, A., Peracek, S. // Technical Report NCHRP 3-22, SRI Project 3340 - Stanford Research Institute, SRI, Menid Park, California, USA, 1975.
10. Papageorgiou M., Haj-Salem H., Blossville J.M. ALINEA: A local feedback control law for on-ramp metering // Transportation Research Record 1320, - 1991. - pp. 58-64.
11. Diakaki, C., Papageorgiou, M. Design and simulation test of coordinated ramp metering control (META-LINE) for A10-west in Amsterdam // Internal report, Dynamic Systems and Simulation Laboratory - Technical University of Crete, Chania, Greece, 1994.
12. Kotsialos, M. Papageorgiou, A. Messmer. Optimal coordinated and integrated motorway network traffic control // In Proceedings of the 14th International Symposium of Transportation and Traffic Theory (ISTTT), - Jerusalem, Israel, 1999. - pp 621-644.
13. Orlov, N. A. Metodika upravleniya transportnymi potokami s ispol'zovaniem prognoziruyushchey modeli [Tekst] / N. A. Orlov, A. A. Vlasov, A. M. Gorelov // Sbornik dokladov desyatoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh". - SPb gos. arkhitekt.-stroit. un-t. SPb. 2012 - S. 206 - 211.
14. Vlasov, A. A. Koordinirovannoe upravlenie v"ezdami na avtomagistral' [Elektronnyy resurs] / A. A. Vlasov, A. M. Gorelov // Internet-zhurnal "Naukovedenie". - 2014. - №2 (21). - M.: Naukovedenie. - Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/51TVN214.pdf>, svobodnyy. - Zagl. s ekrana. - YAz. rus., angl. (data obrashcheniya: 19.05.2014).
15. Vlasov, A. A. Teoriya transportnykh potokov [Tekst]: monografiya / A. A. Vlasov. - Penza: Izd-vo PGUAS, 2014.
16. Gorelov, A. M. Kalibrovka mikroskopicheskikh modeley v zadachakh upravleniya transportnymi sistemami gorodov [Tekst] / N. A. Orlov, A. A. Vlasov // Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo. - 2014. - 1(18). - S. 175 - 180.
17. Vlasov, A. A. Ispol'zovanie programmy mikroskopicheskogo modelirovaniya SUMO dlya otsenki effektivnosti algoritmov upravleniya transportnymi potokami [Elektronnyy resurs] / N. A. Orlov, ZH. A. Chushkina // Sovremennaya tekhnika i tekhnologii. - 2014. - № 9. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/09/4418> (data obrashcheniya: 29.10.2014).
18. Matrix Problems Group [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://openopt.org/Problems> (data obrashcheniya 24.03.2014).
19. Krasnikov, A. N. Zakonomernosti dvizheniya na mnogopolosnykh avtomobil'nykh dorogakh [Tekst] / A. N. Krasnikov. - M.:Transport, 1988. - 111 s.
20. Gorelov, A. M. Raspredelenie avtomobiley po polosam dvizheniya na avtomagistrali [Tekst] / A. M. Gorelov, A. A. Vlasov, ZH. A. Chushkina // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2014. - № 6; URL: www.science-education.ru/120-15868 (data obrashcheniya: 04.03.2015).

Gorelov Aleksandr Mikhailovich

Penza State University of the Architecture and Building, Russia, Penza
Postgraduate of the department «Organization of Safety Road Traffic»
E-mail: dezel89@mail.ru

Vlasov Aleksey Aleksandrovich

Penza State University of the Architecture and Building, Russia, Penza
Candidate of Sciences, Associate Professor of the department «Organization of Safety Road Traffic»
E-mail: vlasov_a71@mail.ru

Й. КОЦОУРЕК

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ЧЕШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ - ПРОГНОЗ ОШИБОК И ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ

В настоящее время STU FTS занимается оценкой безопасности дорожного движения (БДД) в Центральной Богемии. Исследования касаются дорог класса II. Эта статья является частью нового исследования, которое создается с помощью STU FTS и сосредоточено на ошибках человека (водителя). Результаты исследования будут использованы для подготовки инспекторов по безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, оценка безопасности дорожного движения, ошибки водителя

1. INTRODUCTION

Road safety analysis requires comprehending of certain essential principles of the driving tasks and mechanisms of generating human errors in driving.

A driving performance is influenced by a workload level (Yerkes–Dodson law). Both, an information underload and overload may lead to errors and mistakes. Drivers' performance is the best when the information workload is maintained at the reasonable level. The information underload (fig. 1) decreases a driver's attention and awareness. Some drivers may compensate this by speed increasing. To reduce the monotony of a road environment may be made by changes of the road alignment, marking, planting, etc. The human information processing capacity is limited. The number of the information that can be processed simultaneously is 7 ± 2 . Consequently, road engineers should avoid the superimposition of critical information at the locality (fig. 2).



Figure 1 – Information underload (Veltrusy, CZ) (source: author)



Figure 2 – Information overload (Brandyš nad labem, CZ) (source: author)

2. HUMAN (DRIVER) ERRORS

There is no universal model that can describe with total precision how errors are produced (PIARC, 2003). The models for analyzing and classifying errors have evolved according to different research trends. These models can be divided by their error representation.

2.1. The error as a system overflow

The error occurs when the driver's information processing system is saturated, causing decline of vigilance and alteration of functional capacities or, more generally, an imbalance between the requirements of the task and the resources to perform them (e.g. loss of vigilance from fatigue, habituation, stress).

2.2. The error as a defect in elementary tasks:

- inability to maintain the trajectory of the vehicle;
- poor coordination of simultaneous tasks;
- poor estimate of distances;
- misunderstanding of the road environment.

2.3. The error as a failure of reasoning

The error occurs when the driver's reasoning fails by solving a traffic problem.

2.4. The error as a distorted perception of the reality

The error occurs when the driver perceives the reality wrong (e. g. optical illusion – fig. 3 and fig. 4).



Figure 3 – Optical illusion of the road trajectory(left-hand or right-hand bend ?) (source: author)



Figure 4 – Detail of the problematic place (intersection of road and forest path) (source: author)

The ability of distinguishing foreground and background information is critical for the detection of road signs and safety devices (fig. 5 and fig. 6). The road engineers should ensure an adequate contrast between the road signs and their background at all times (seasonal variations, sunrise and sunset, night-time, etc.).



Figure 5 – Insufficient contrast of bend signs (source: author)



Figure 6 – Correct contrast of bend signs (source: author)

Optimal line of vehicle movement is in the middle of a traffic lane, not near to its left or right side. However, road users – drivers, cyclists and pedestrians – cannot move in straight lines. The real line of their movement is a flat sine curve (fig. 7). Drivers' ability to maintain an optimal lane tracking is influenced by several factors:

Optimal line of movement
= straight



Real line of movement
= flat sine curve

Figure 7 – Optimal and real line of movement (source: [1])

- the relative height of a pavement; the higher is the pavement compared to the roadsides (e. g. bridge, bank), the more difficult it is to keep the optimal lane tracking because drivers tend to move to the middle of the road;
- the quality of orientation lines; continual and well – contrasted orientation lines (e. g. road marking, crash barriers, tree lines, walls) improve the lane tracking;
- the road features that may require sudden speed changes; lateral vehicle distance increases when driver have to reduce the speed suddenly (e. g. unexpected sharp bend, potholes, etc.).

The orientation is defined as the perception and understanding of space relations (Where I am? Where I'm going? Who's moving and who stands?). Because of the most of the information received by the driver when driving is visual, the main requirement should be to provide the quality visual information in the road environment. We assume that if the driver receives the visual information on time, he may adapt his behavior to the situation. The road infrastructure and the environment need to be sufficiently clear to road users can easily and quickly foresee situations which can occur (e. g. movement of vehicles and pedestrians, changes of a traffic mode, etc. –fig. 8 and fig. 9).

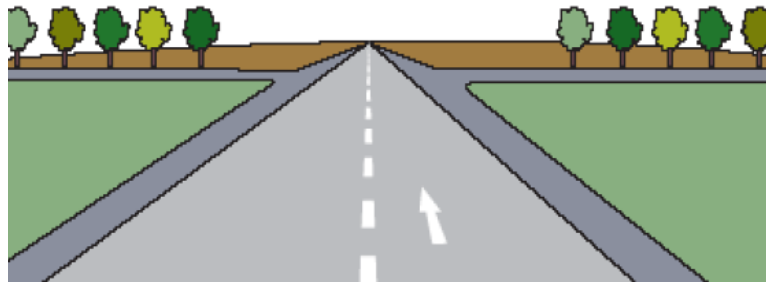


Figure 8 – Self-Explaining road
(overstricking of the minor road) (source: [1])

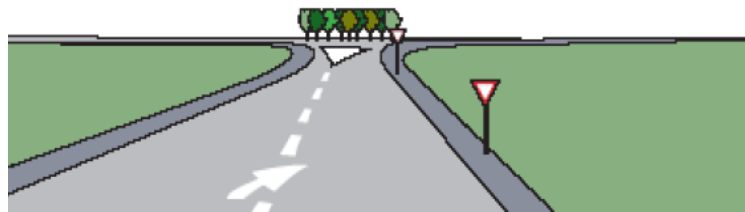


Figure 9 – Self-Explaining road
(overstricking of the road end) (source: [1])

The road should be able „to forgive“, that means it permits evasive maneuvers in critical situations with minimal consequences. Obstacles on the roadside have to be in an adequate distance to the pavement to they not aggravate road accidents consequences. If this requirement is not met, fixed obstacles on roadsides need to be secured by security devices (e. g. crash barriers).

3. ROAD SAFETY INSPECTION

3.1. Methodology

The road safety strategy should include a problem localities improvement plan. By searching these localities a question appears how to identify a dangerous place. Requirements for the improvement of a locality can be divided by a risk type:

- provable risk – objective safety (traffic accident statistics);
- potential risk – objective safety (measurement at the locality);
- experiential risk – subjective safety (road users opinions);
- intolerable risk – subjective safety (social unacceptable risk – e. g. accidents of children).

In a foreign practice for a longer time road safety inspection for searching of dangerous places which search all 4 types of the risk is used. The product of the road safety inspection is except a list of problem places and proposals of remedial measures as well.

The road safety inspection technique is based on the manual «Road Safety Inspection Methodology» and on self experiences of trained producers. For the inspection a personal vehicle is used in which a digital camcorder is placed on the dash board. The monitored road is traveled in both directions that means forward and backward. The driver perceives the road environment for each direction different consequently what is safe for one direction can be dangerous for the opposite direction. By monitoring the road to identify weaknesses and risks the using of the GPS navigation is prohibited and the driver must depend only on road sings. During a ride the driver and front passenger record their impressions which are later by the evaluation compared with the video record of the drive. The driver and the front passenger shouldn't know the monitored road to not influence their natural reflexes.

Each problem is recorded into the form (fig. 10). In the form basic information (locality name, road number, map of surroundings, photos), a sententious description and a simple sketch and description of proposed modifications to remove the problem are written.

The difficulty of the proposed solution is marked by color scale:

- green – simple solution (e. g. regulation of abundant vegetation, renewal of road sings, installation of delineators);
- yellow – medium difficult solution (e. g. new road signs, small reconstructions);
- red – difficult solution (e. g. reconstructions).

Pilot project of road safety inspection of road of IInd classes in Central Bohemia region was created by CTU FTS in 2009 and 2010. This method of road safety monitoring can be used not only for road sections but also for problematic points. Inspections were created by students of CTU FTS. Students have been trained at first and after that they created inspections of single locations under the supervision of experts. The results of inspections were devolved on road infrastructure administration.

3.2. Summary of the deficiencies of the road safety analysis

The safety analysis on the Central Bohemian roads showed some basic and repetitive imperfections, which could be summed up in the following points:

In nonurban areas:

- Strong absence of road markings and a predominant lack of delineators, both are a very important factor contributing to the higher road safety, in the current situation a driver lacks their optical guidance (problem mostly in the night and in the forests).

- There are many dangerous and unmarked obstacles along the roads such as trees, telegraph poles etc.
- There are many inappropriate placed road signs P4 "Give a way" at points with insufficient view of the main road.
- Stop line is often missing in a conjunction with the road sign P6 "Stop and give a way", so a driver does not know where to stop ideally.
- Drivers do not often drive correctly in vast junctions with a lack of a directional guidance and it creates a bigger chance of accidents.
- Wrong road signs often repeat in the area in front of the road crossing: the shape of the junction on the sign is not the same as in the reality, the information about the directions is often wrong or confusing.
- The road signs are often hidden (e. g. by a tree or a bush).
- Many junctions are build in such a way that they create a dangerous effect of psychological right of way.
- There is a repeating lack of road signs indicating a close curve with a very small diameter even in places with a bad view ahead (due to vegetation, route configuration etc.).

The figure shows a detailed road safety inspection form for road II/244. The form is divided into several sections:

- Locality and Road Section:** Libeznice - Byšice, II/244.
- Difficulty of Solution:** složitě řešení (red), administrativní KRAJ (yellow), jednoduše řešení (green).
- ANALÝZA (Analysis):**
 - EXTRAVIŠKOVÉ ÚSEKY (Extraviškové úseky):** Two photos showing road views from Mračin - Kostelec and Kostelec - Všetaty.
 - Popis problému (Description of the problem):** Sledovaný úsek silnice II/244 ve větší míře vykazuje absenci vodorovného dopravního značení. Převážně vodíloň čar a místy středních dělicích čar. Celý úsek je dále bez směrových sloupků.
 - Návrh řešení (Proposed solution):** Doplnit vodorovné dopravní značení a osadit v úseku směrové sloupky.
- Localities:** Křižovatka II/244 x II/331.
- Photos of the problematic place:** A photo showing a road intersection with a stop sign.
- Maps:** A map of the monitored road and a map of the surroundings.

Annotations in the image point to specific parts of the form:

- locality name, road section name
- difficulty of the proposed solution
- map of the monitored road
- differentiation: urban area / rural area
- description of proposed modifications
- map of surroundings
- photos of the problematic place

Figure 10 – Road safety inspection – form of the problematic place (example) (source: author)

In urban areas:

- Safety on pedestrian crossings, many crossings are too long.

- Many pedestrian crossings are badly located on the road (on a hill, behind a curve, in bus stops etc.).
- There are no sidewalks along the roads, mostly in small towns and villages.
- (In a context with a previous point) the state of the bus stops is not satisfying (a lack of platform edges, pedestrian communications, shelters etc.).
- Junctions in cities, towns and villages often show the same imperfections as in nonurban areas.
- No traffic calming measures: e. g. traffic islands guarding pedestrians, insufficient urban – non urban transition markings, and road lanes are too wide, no passive safety elements (psychological brake, white "snake" line, road inscriptions like "Pozor škola" ("School!") etc.).

4. CONCLUSION

Human errors can never be totally eliminated and these will surely occur in minor even after the road system will be better adapted. It is therefore necessary to integrate the design elements for minimizing of human errors and their consequences into technical standards and regulations for road design, which will increase the road safety.

The method of monitoring human (driver) errors is used in some studies of user–friendly roads where the risk of human error by driving is minimalized.

Currently the engineers of CTU FTS use this method by creating the road safety inspection of the roads of the class II in the Central Bohemia region.

BIBLIOGRAPHY

1. PIARC: Road Safety Manual, Recommendations from the World Road Association, 2003.
2. Newell, A., Simon, H.A.: Human Problem Solving, Prentice–Hall, Englewood Cliffs, 1972.
3. Kocourek, J.: Road Safety Concerning the Traffic and Constructional Conditions of the Road, Ph.D. Theses, CTU FTS, 2007

Косоурек Йосеф

Чешский технический университет в Праге

Адрес: Прага, Чешская Республика, ул. Горска 3, Прага 2, 128 03

Д-р техн. наук, доцент, инженер, заместитель декана по по исследованию и научной работе

E-mail: kocourek@fd.cvut.cz

J. KOCOUREK

ROAD SAFETY INSPECTION IN CZECH REPUBLIC – PROGNOSIS OF DRIVER ERRORS AND IMPLEMENTATION STEPS

Currently CTU FTS creates Road Safety Inspection (RSI) in Central Bohemia region. The survey is specialized in roads of class II. This article is a part of a new study which is created by CTU FTS and focuses on human (driver) errors. Research results will be used for a training of road safety inspectors.

Keywords: road safety, road safety inspection, driver error.

Kocourek Josef

Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Praha (Prague), Czech Republic
Horská 3, Praha 2, CZ – 128 03, CZECH REPUBLIC

Assoc. Prof. MSc PhD, Vice-Dean for Science and Research

E-mail: kocourek@fd.cvut.cz

РАЗРАБОТКА ОПЕРАТИВНЫХ ПЛАНОВ ПЕРЕВОЗКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ПОЛЯ НА ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ

В данной статье рассматривается модель планирования, распределения объемов перевозок зерновых культур, с поля на конкретное зернохранилище, в зависимости от себестоимости перевозок, пропускной способности зернохранилища и производительности комбайнов. А так же показана модель определения требуемого количества транспортных средств различной грузоподъемности для перевозки зерна с поля на зернохранилище.

Ключевые слова: транспортные средства, перевозка зерна, планирование перевозок, потери зерна, затраты на транспортировку, пропускная способность, зернохранилище.

Транспортировка зерновых культур в период уборки урожая в современных условиях, когда уборочные комбайны обладают высокой производительностью, а сельскохозяйственные культуры большой урожайностью, является высоко динамичным и тесно связанным с производством процессом. Частая смена объемов производства и высокий уровень требований к своевременности перевозок, заставляют транспорт изменять структуру потоков, организовывать работу с целью максимального приспособления к изменяющимся условиям [1]. Высокие требования своевременного транспортного обслуживания производства зерна в изменяющихся условиях создают объективную необходимость в гибкой организации работы транспортных средств. Возникает потребность определения наиболее правильного, рационального плана перевозок и определения требуемого количества транспортных средств, позволяющих выполнить заданный объем перевозок в условиях существующей неравномерности при минимальных затратах.

Для сокращения потерь зерна от несвоевременной уборки и транспортировки необходимы условия для развития возможностей по транспортировке и хранению зерновых культур [2, 3]. Существующая на данный момент транспортно-логистическая инфраструктура является балластом (ограничивающим фактором), не позволяющим эффективно реализовать весь потенциал хозяйствующих субъектов и нуждается в интенсивном развитии и модернизации.

На данный момент, широкое распространение получили прямые перевозки зерновых культур (рис.1) [4], когда зерно от группы комбайнов перевозят транспортными средствами различной грузоподъемностью на зернохранилище. Данный вид перевозок имеет одну негативную особенность, при неправильной организации транспортного процесса появляются простои комбайнов в ожидании подъезда транспортных средств, для разгрузки заполненного бункера [5].

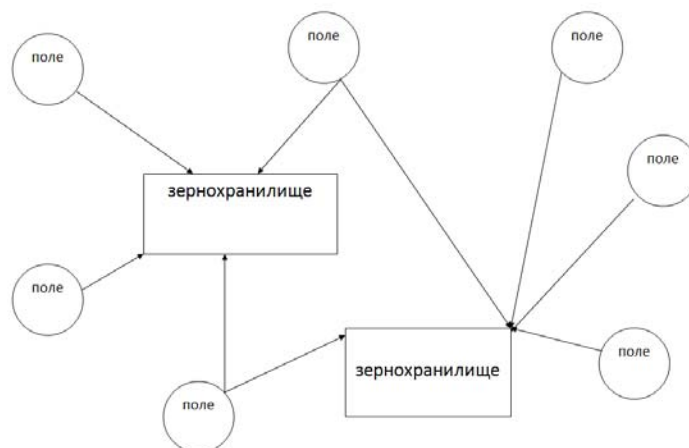


Рисунок 1 – Схема прямой транспортировки зерна с поля на зернохранилище

В результате данных простоев, комбайны не полностью убирают намеченную дневную выработку, что приводит к потерям урожая из-за уборки вне агросроков. Так как с наступлением полного созревания зерновых культур в посевах начинают расти сорняки, ускоряется старение соломы, вследствие чего хлеба ложатся и значительно усложняются условия проведения уборочной [6]. Дополнительные потери вызваны сомообсыпанием зерна, обламыванием колосьев, прорастанием его на корню, поеданием зерна грызунами в период уборки и т.д. Указанные факторы приводят к значительным потерям и отрицательно сказываются на качестве зерна.

Следовательно, необходимо более тщательно планировать и разрабатывать процесс уборки зерновых культур, при этом учитывать такие параметры как: производительность комбайнов, грузоподъемность каждого типа транспортного средства, пропускную способность зернохранилищ. Что поможет сократить простои комбайнов в ожидании транспортных средств, простои транспортных средств при разгрузке на зернохранилище, рассчитать необходимое количество транспортных средств для обслуживания комбайнов, что в итоге приведет к сокращению себестоимости уборки и сохранению большего количества выращенного зерна.

Существующие сельскохозяйственные организации из-за нехватки финансирования обладают ограниченной материальной базой, вследствие чего необходимо разработать такую модель транспортировки зерна, которая позволила бы с минимальными затратами и своими силами убрать и перевезти зерно с имеющихся площадей [7].

При перевозке зерновых культур с поля на зернохранилище, для сокращения расходов, необходимо определить требуемое количество транспортных средств, позволяющих обеспечить бесперебойную работу комбайнов, а так же с помощью модели определить пункты разгрузки транспортных средств.

В связи с этим общую задачу разделим на два этапа решения [8, 9]:

- закрепление полей за зернохранилищами с распределением объемов перевозок по маршрутам;
- определение потребности транспортных средств по грузоподъемности и маршрутам перевозок.

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПОЛЕЙ ЗА ЗЕРНОХРАНИЛИЩАМИ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК ПО МАРШРУТАМ

Для создания модели, необходима постановка задачи: необходимо перевести все убранное зерно с i -ого поля, для расчетов принимается суточная производительность группы комбайнов, на j -ое зернохранилище, в расчетах принимается пропускная способность j -го зернохранилища. Так же в расчетах необходимо учитывать затраты на потери зерна с единицы площади необранной в оптимальные агросроки.

Выбор оптимальной структуры транспортных потоков ставится как задача минимизации функционала R :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \rightarrow \min ,$$

$$R_1 = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^{m^*} \sum_{j=1}^{m^{**}} \left[c_{ij}(t) U_{ij}(t) + \sum_{i=1}^i Q_i \rho_i \right],$$

$$R_2 = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} f_i(t) U_{ij}(t),$$

$$R_3 = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} c_j^k(t) \tau_j(t),$$

$$R_4 = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^{m^{**}} c_j^{**}(t) U_{ij}^{OP}(t) \Delta t^{OP}(t),$$

при ограничениях:

1. Статического баланса объемов производства, перевозок и потребления:

$$\sum_{t=0}^{T_0} \sum_{i=1}^{m^*} a_i(t) = \sum_{t=0}^{T_0} \sum_{i=1}^{m^*} \sum_{j=1}^{m^{**}} U_{ij}(t) = \sum_{t=0}^{T_0} \sum_{j=1}^{m^{**}} b_j(t),$$

2. Динамической связи поставщиков и потребителей:

$$U_{ij}^-(t) = U_{ij}^+(t + t_{ij}),$$

3. Динамики запасов потребителей:

$$X_j(t) = X_j(t-1) + \sum_{i=1}^{m^*} U_{ij}^+(t) - b_j(t),$$

4. Полного отправления поставок:

$$a_i(t) = \sum_{j=1}^{m^{**}} U_{ij}^-(t),$$

5. Динамического баланса производства и потребления:

$$\sum_{t=0}^t \sum_{i=1}^{m^*} a_i(t) \geq \sum_{t=0}^{t+t_j} \sum_{j=1}^{m^{**}} b_j(t),$$

6. Естественной неотрицательности поставок и запасов:

$$U_{ij}(t) \geq 0, \quad X_j \geq 0, \quad 0 \leq t \leq T_0,$$

где R_1 – затраты на транспортировку зерна, с учетом величины потерь зерна при нарушении сроков уборки от несвоевременной транспортировки, руб.;

R_2 – затраты на уборку зерна, руб.;

R_3 – затраты на коррекцию плана производства, руб.;

R_4 – потери от опоздания продукции в пункт потребления, руб.;

i – пункт производства (поле), $i \in \{1, \dots, m^*\}$;

j – пункт потребления (зернохранилище), $j \in \{1, \dots, m^{**}\}$;

$c_{ij}(t)$ – удельные затраты на перевозку зерна в момент времени t от i -ого поставщика j -му потребителю;

Q_i – неубранный объем зерна с i -го поля, т.;

ρ_i – недобор урожая в долях с i -го поля;

$f_i(t)$ – удельные затраты на уборку зерна в момент времени t с i -го поля;

$c_j^*(t)$ – удельные затраты в момент времени t на хранение зерна у j -ого потребителя;

$c_j^{**}(t)$ – стоимость потерь j -ого потребителя из-за опоздания единицы груза на единицу времени;

$c_j^k(t)$ - затраты на единичную коррекцию производственной программы j -ого потребителя;

$U_{ij}^-(t)$ - объем поставки зерна, вышедшего в момент времени t от i -ого поставщика j -ому потребителю;

$U_{ij}^+(t)$ - объем поставки зерна, прибывшей в момент времени t к j -ому потребителю от i -ого поставщика;

$X_j(t)$ - объем зерна, находящийся в момент t в запасе j -ого потребителя;

t_{ij} - время движения от i -ого поставщика к j -ому потребителю;

$\tau_j(t)$ - коррекция производственной программы j -ого потребителя в момент времени t ;

$\Delta t_{ij}^{OP}(t)$ - время опоздания поставки зерна от i -ого поставщика к j -ому потребителю к моменту спроса t ;

$a_i(t)$ - объем производства i -ого поставщика в момент времени t ;

$b_j(t)$ - объем спроса j -ого потребителя в момент времени t ;

$U_{ij}^{OP}(t)$ - объем опаздывающей перевозки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ И МАРШРУТАМ ПЕРЕВОЗОК

Общая постановка задачи может быть сформулирована так: найти необходимое количество транспортных средств, работающих в составе уборочно-транспортного звена, перевозящих зерно от группы комбайнов на зерноприемный пункт, при этом учитывать характеристики комбайнов и грузоподъемность каждого типа транспортных средств.

Исходные предпосылки разработки модели состоят в следующем [10,11,12]:

- принимаются наиболее распространенные зерноуборочные комбайны;
- модель функционирования уборочно-транспортного звена построена применительно к уборке зерновых культур;
- поступление транспортных средств на зерноприемный пункт равномерное по часам суток и не превышает его часовую пропускную способность;
- транспортные средства работают с максимальной производительностью;
- эффективность работы комбайнов не оценивается (это отдельная задача), комбайны рассматриваются как поставщики зерна.

Эта часть задачи сводится к определению потребности в транспортных средствах по каждому установленному маршруту перевозок [13, 14]. Суммированием полученных данных по всем маршрутам определяется общая потребность в транспортных средствах. В отличие от ранее решаемых задач подобного типа расчет потребности осуществляется не по одному типу транспортных средств (средней грузоподъемности), а по всем типам транспортных средств (грузоподъемности).

В общем виде задача математически выражается следующим образом:

Оптимизация перевозок зерновых культур с поля на зерноприемный пункт ставится как задача минимизации количества автомобилей (A_{isj}) [15, 16, 17]:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^s \sum_{j=1}^n A_{isj} q_s \rightarrow \min.$$

при ограничениях [18, 19, 20]:

1. Количество зерна, которое ежедневно перевозится с i -го поля на j -й зерноприемный пункт:

$$\sum_{s=1}^S A_{isj} q_s z_{isj} = x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

2. Суммарное количество автомобилей s -го типа, необходимое для перевозки зерна со всех полей на зернохранилище:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_{isj} = A_s, \quad S = 1, 2, \dots, S.$$

3. Естественной неотрицательности транспортных средств:

$$A_{isj} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad S = \overline{1, S}.$$

где S – количество марок автомобилей;

q_s – грузоподъемность автомобиля s -го типа;

z_{isj} – число рейсов, которое совершает автомобиль s -го типа;

A_{isj} – количество автомобилей s -го типа, которое требуется для перевозки зерна с i -го поля на j -й зерноприемный пункт;

Q_i – суточная мощность j -го зернохранилища;

a_i, b_i – величина (в относительных единицах) допустимых нижних и верхних границ вывоза зерна с i -го поля;

A_s – количество автомобилей s -го типа, необходимое для перевозки зерна со всех полей на все зерноприемные пункты;

x_{ij} – количество тонн зерна, которое ежедневно перевозится с i -го поля на j -й зерноприемный пункт.

Таким образом, используя данные модели можно рассчитать планируемые суточные объемы убираемого и перевозимого зерна под имеющиеся транспортные возможности или определить необходимое количество транспортных средств для перевозки убранного урожая с минимальными затратами, при этом немаловажным фактором является учет затрат величины потерь зерна при нарушении агросроков уборки. Так же данная модель позволяет в случае остановки производства по каким-либо причинам оперативно изменить и скорректировать почасовой планируемый план уборки и транспортировки зерновых культур под изменившиеся условия и возможности. Что, например, позволит рассчитать требуемое количество техники для уборки и транспортировки зерна с конкретного поля с минимальными затратами в заданный промежуток времени, с учетом часовой производительности группы комбайнов, пропускной способности каждого зернохранилища, расстояния от каждого поля до требуемого зернохранилища, и грузоподъемности каждого транспортного средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурьянов, А. И. Технология, организация и планирование перевозок грузов на сельскохозяйственных предприятиях [Текст]: монография / А. И. Бурьянов. – Волгоград: АЧГАА, 2010 - 267 с.
2. Горбачев, И. В. Организация и технология уборки зерновых уборочно-транспортными комплексами [Текст]: учебное пособие / И. В. Горбачев – М.: Высш. шк., 1983. – 111 с., ил.
3. Есин, К. С. Методика выбора подвижного состава при уборке зерновых культур [Текст] / К. С. Есин, А. Л. Севостьянов // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет-УНПК. - №2(41). – 2013. – С. 95-102.
4. Есин, К. С. Транспортное обеспечение агропромышленного комплекса при уборке зерновых культур (на примере орловской области) [Текст] / К. С. Есин, А. Л. Севостьянов, С. Н. Филин // Мир транспорта и технологических машин. – Орел: Госуниверситет-УНПК. - №1(40). – 2013. – С. 21-27.

5. Измайлов, А. Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК [Текст] / А. Ю. Измайлов. - Москва: ФГУ «Росинформагротех», 2007. - 200 с.
6. Корчагин, В. А. Логистико-ориентированная система управления деятельности АТП [Текст] / В. А. Корчагин, П. Г. Коваленко, А. В. Пятахин // Вестник ЛГТУ-ЛЭГИ. – Липецк: ЛГТУ. – 1999. - № 2.
7. Корчагин, В. А. Автотранспортное обслуживание сложно-технологических производств [Текст] / В. А. Корчагин, С. А. Ляпин // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – М.: 2006. - №11.
8. Козлов, П. А. Метод динамического согласования производства и транспорта [Текст] / П. А. Козлов, С. П. Миловидов // Тр.ИКТП. -1984. - Вып. 105. - С.156 - 164.
9. Краткий автомобильный справочник [Текст]: учебное пособие / А. Н. Понизовкин и др. – Изд. доп. и перераб. – Москва: АО «Трансконсалтинг», 1994. – 779 с.
10. Лившиц, В. Н. Оптимизация планирования и управления транспортными системами [Текст] / В. Н. Лившиц. – М.: Транспорт, 1987. – 247 с.
11. Логистика [Текст]: учебное пособие / под ред. Б.А. Аникина. – М.: ИНФРА, 2001. - 352 с.
12. Миловидов, С. П. Динамическая транспортная задача с задержками в сетевой постановке [Текст] / С. П. Миловидов, П. А. Козлов // Техническая кибернетика. – 1982. – № 1. – С. 211–212.
13. Неруш, Ю. М. Логистика [Текст]: учеб. для вузов / Ю. М. Неруш. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 495 с.
14. Николин, В. И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов [Текст] / Е. П. Нестеров. – М.: Транспорт, 1971. – 216 с.
15. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве [Текст] / Сборник. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 316 с.
16. Основы логистики [Текст]: учебное пособие / под ред. Л. Б. Миротина и В. И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 200 с.
17. Зязев, В. А. Перевозки сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом [Текст]: учебное пособие / В. А. Зязев, М. С. Капланович, В. И. Петров. – М.: Транспорт, 1979. - 253 с. ил.
18. Сенькевич, А. А. Совершенствование транспортного обслуживания процесса уборки зерновых колосовых в сельскохозяйственных предприятиях [Текст] / А. А. Сенькевич, С. К. Филатов // Научный журнал КубГАУ. - № 79(05). – 2012. – С. 20-31.
19. Шпилько, А. В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники [Текст] / А. В. Шпилько, В. И. Драгайцев и др. – Москва: Минсельхозиздат, 1998. – Часть 2. – 200 с.
20. Юкиш, А. Е. Техника и технология хранения зерна [Текст] / А. Е. Юкиш, О. И. Ильина. - М.: Делли принт, 2009. – 718 с.

Есин Константин Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Государственный Университет - УНПК»

Адрес: г. Орел, ул. Московская, д. 77, ауд. 312

Аспирант кафедры «Сервис и ремонт машин»

E-mail: esink@mail.ru

K. S. ESIN

DEVELOPMENT OF OPERATIONAL PLANS TRANSPORTATION OF CEREAL CROPS FROM THE FIELD TO A GRANARY

In this article, we consider a model of planning, distribution of traffic crops from the field to a specific silo, depending on transportation costs, bandwidth and performance combines granaries. And also shows the model for determining the required number of vehicles of various carrying capacity for transportation of grain from the field to the granary.

Keywords: *vehicles, transportation of grain, transportation planning, loss of grain transportation costs, bandwidth, granary.*

BIBLIOGRAPHY

1. Bur`yanov, A. I. Tekhnologiya, organizatsiya i planirovanie perevozkov gruzov na sel`skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh [Текст]: monografiya / A. I. Bur`yanov. - Zernograd: ACHGAA, 2010 - 267 s.
2. Gorbachev, I. V. Organizatsiya i tekhnologiya uborki zernovykh uborochno-transportnymi kompleksami [Текст]: учебное пособие / I. V. Gorbachev - М.: Vyssh. shk., 1983. - 111s., il.

3. Esin, K. S. Metodika vybora podvizhnogo sostava pri uborke zernovykh kul'tur [Tekst] / K. S. Esin, A. L. Sevost'yanov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - №2(41). - 2013. - S. 95-102.
4. Esin, K. S. Transportnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa pri uborke zernovykh kul'tur (na primere orlovskoy oblasti) [Tekst] / K. S. Esin, A. L. Sevost'yanov, S. N. Filin // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - Orel: Gosuniversitet-UNPK. - №1(40). - 2013. - S. 21-27.
5. Izmaylov, A. YU. Tekhnologii i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sistem APK [Tekst] / A. YU. Izmaylov. - Moskva: FGU "Rosinformagrotekh", 2007. - 200 s.
6. Korchagin, V. A. Logistiko-orientirovannaya sistema upravleniya deyatelnosti ATP [Tekst] / V. A. Korchagin, P. G. Kovalenko, A. V. Pyatakhin // *Vestnik LGTU-LEGI*. - Lipetsk: LGTU. - 1999. - № 2.
7. Korchagin, V. A. Avtotransportnoe obsluzhivanie slozhno-tekhnologicheskikh proizvodstv [Tekst] / V. A. Korchagin, S. A. Lyapin // *Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaystvo*. - M.: 2006. - №11.
8. Kozlov, P. A. Metod dinamicheskogo soglasovaniya proizvodstva i transporta [Tekst] / P. A. Kozlov, S. P. Milovidov // *Tr.IKTP*. -1984. - Vyp. 105. - S.156 - 164.
9. Kratkiy avtomobil'nyy spravochnik [Tekst]: uchebnoe posobie / A. N. Ponizovkin i dr. - Izd. dop. i pererab. - Moskva: AO "Transkonsalting", 1994. - 779 s.
10. Livshits, V. N. Optimizatsiya planirovaniya i upravleniya transportnymi sistemami [Tekst] / V. N. Livshits. - M.: Transport, 1987. - 247 s.
11. Logistika [Tekst]: uchebnoe posobie / pod red. B.A. Anikina. - M.: INFRA, 2001. - 352 s.
12. Milovidov, S. P. Dinamicheskaya transportnaya zadacha s zaderzhkami v setevoy postanovke [Tekst] / S. P. Milovidov, P. A. Kozlov // *Tekhnicheskaya kibernetika*. - 1982. - № 1. - S. 211-212.
13. Nerush, YU. M. Logistika [Tekst]: ucheb. dlya vuzov / YU. M. Nerush. - M.: YUNITI-DANA, 2003. - 495 s.
14. Nikolin, V. I. Avtotransportnyy protsess i optimizatsiya ego elementov [Tekst] / E. P. Nesterov. - M.: Transport, 1971. - 216 s.
15. Normativno-spravochnye materialy po planirovaniyu mekhanizirovannykh rabot v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Tekst] / Sbornik. - M.: FGU "Rosinformagrotekh", 2008. - 316 s.
16. Osnovy logistiki [Tekst]: uchebnoe posobie / pod red. L. B. Mirotina i V. I. Sergeeva. - M.: INFRA-M, 1999. - 200 s.
17. Zyazev, V. A. Perevozki sel'skokhozyaystvennykh грузов avtomobil'nym transportom [Tekst]: uchebnoe posobie / V. A. Zyazev, M. S. Kaplanovich, V. I. Petrov. - M.: Transport, 1979. - 253 s. il.
18. Sen'kevich, A. A. Sovershenstvovanie transportnogo obsluzhivaniya protsessa uborki zernovykh kolosovykh v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh [Tekst] / A. A. Sen'kevich, S. K. Filatov // *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. - № 79(05). - 2012. - S. 20-31.
19. SHpil'ko, A. V. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Tekst] / A. V. SHpil'ko, V. I. Dragaytsev i dr. - Moskva: Minsel'khozizdat, 1998. - Chast' 2. - 200 s.
20. YUKish, A. E. Tekhnika i tekhnologiya khraneniya zerna [Tekst] / A. E. YUKish, O. I. Il'ina. - M.: DeLi print, 2009. - 718 s.

Esin Konstantin Sergeevich

FGBOU VPO «State University - UNPK»

Address: Eagle Street. Moscow, 77, Rm. 312

Graduate student of «Service and repair of machinery»

E-mail: esinc@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями к оформлению научных статей.

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.
- Статьи должны быть набраны шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и вверху – 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов, сведения об авторах обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается аннотация и перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- Сведения об авторах приводятся в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество; учреждение или организация, адрес учреждения или организации, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, электронная почта.
- В тексте статьи желательно:
 - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - не применять произвольные словообразования;
 - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.
- **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**
- **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.
- Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравниваются по центру страницы, в конце подписи точка не ставится.

Рисунок 1 – Текст подписи

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unprk.ru.

Плата с аспирантов за опубликование статей не взимается.

Адрес учредителя:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29
Тел. +7(4862)420024
Факс +7(4862)416684
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
302006, г.Орел, ул. Московская, 77
Тел. +7(4862)734362, +7 905 856 6556
www.gu-unpk.ru
E-mail: srmostu@mail.ru

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И. В. Акимочкина

Подписано в печать 25.05.2015

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 9,1

Тираж 500 экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.