

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.,

Киричек А.В. д-р техн. наук, проф.,

Колчунов В.И. д-р техн. наук, проф.,

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

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.,

Попова Л.В. д-р экон. наук, проф.,

Степанов Ю.С. д-р техн. наук, проф.

Главный редактор:

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:

Катунин А.А. канд. техн. наук, доц.,

Ушаков Л.С. д-р техн. наук, проф.,

Редколлегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Горвиц 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)

Нордн 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)

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, 2014

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

| | |
|---|----|
| <i>В. В. Лянденбургский, М. В. Нефёдов, Р. Р. Сейфетдинов</i> Алгоритм программы поиска неисправностей автомобилей с инжекторными двигателями..... | 3 |
| <i>Ю. В. Родионов, Р. Л. Дулатов</i> Варианты циклов динамического нагружения дизелей при обкатке..... | 10 |
| <i>А. В. Корнаев, А. В. Чичварин, В. П. Смирнов, Е. П. Корнаева, В. И. Лебединский, М. С. Ноздричкин</i> Влияние нанодобавок на трибологические и динамические качества смазки подшипников..... | 18 |
| <i>С. А. Сериков, Ю. Н. Бороденко, А. А. Дзюбенко</i> Использование методов адаптации при управлении силовой установкой гибридных автомобилей..... | 27 |
| <i>А. Н. Новиков, В. И. Чернышев, В. А. Гордон, А. А. Катунин, М. Д. Тебекин</i> Математическое моделирование технического состояния шарового шарнира в условиях стендовых испытаний..... | 39 |
| <i>С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, И. М. Грядунов</i> Новые технологические схемы упрочняющей обработки вкладышей подшипников скольжения в условиях комплексного локального нагружения очага деформации..... | 47 |
| <i>В. Н. Абрамов, Г. П. Новиков, В. Б. Каспаров</i> Оценка технического состояния РТИ автомобильной техники, основные проблемы и пути их решения..... | 55 |
| <i>Ю. А. Нечитайло</i> Система контроля и управления аккумуляторной батареей синергетического автомобиля..... | 64 |

Технологические машины

| | |
|--|----|
| <i>Л. С. Ушаков, Н. С. Севрюгина</i> Методика оценки технической безопасности гидравлических ударных механизмов..... | 69 |
| <i>С. В. Лебедев</i> Теоретические и экспериментальные исследования несущей способности винтовых якорей глубокого заложения..... | 77 |

Безопасность движения и автомобильные перевозки

| | |
|--|-----|
| <i>Ю. Чарский, Я. Йирку</i> Исследования безопасности дорожного движения направленные на улучшение умений и навыков молодых водителей в возрасте от 18 – 24 лет..... | 87 |
| <i>С. В. Дорохин</i> Методика расчета допустимой скорости движения на участке с ограниченной видимостью в профиле..... | 95 |
| <i>Н. А. Орлов, А. А. Власов, Ж. А. Чушкина</i> Оценка остаточной очереди транспортных средств на регулируемых пересечениях..... | 102 |
| <i>Я. Куклова, О. Пржибыл</i> Развитие управления высокоскоростными дорогами в Чешской Республике на основе мультиагентного подхода..... | 109 |
| <i>Е. Н. Христофоров, Н. Е. Сакович, А. М. Никитин, Ю. Н. Баранов</i> Расчет вероятностных показателей безопасности дорожного движения методом моделей марковских процессов..... | 115 |
| <i>С. А. Евтоков, И. С. Брылев</i> Экспериментальные исследования параметров установившегося замедления и тормозного пути транспортных средств категории I ₃ | 125 |

Образование и кадры

| | |
|--|-----|
| <i>И. Е. Ильина, Е. И. Титова, Д. А. Кротова</i> Определение согласованности оценок по результатам тестирования водителей..... | 131 |
|--|-----|

Экономика и управление

| | |
|--|-----|
| <i>В. А. Корчагин, А. Н. Новиков, Ю. Н. Ризаева</i> Построение синхронизированной и эффективной логистической цепи поставок..... | 139 |
| <i>К. В. Аксенов, Т. К. Смородинова</i> Реализация инфраструктурных проектов в сфере дорожного хозяйства с помощью механизмов государственно – частного партнерства..... | 143 |



The scholarly
journal
A quarterly review

№ 4(47) 2014

October - December

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> A.V. Kirichek <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 style="text-align: center;">Contents</h2> <h3 style="text-align: center;">Operation, Repair, Restoration</h3> <p><i>V. V. Lyandenbursky, M. V. Nefedov, R. R. Seyfedtinov</i> Program for trouble vehicles injection engines 3 <i>J. V. Rodionov, R. L. Dulatov</i> Cycle options of dynamic loading in diesel engines being rolled 10 <i>A.V. Kornaev, A.V. Chichvarin, V. P. Smirnov, E. P. Kornaeva, V. I. Lebedinsky, M. S. Nozdrichkin</i> Role of nanoadditives in tribology and dynamic properties of lubricants and lubrication 18 <i>S. A. Serikov, Y. N. Borodenko, A. A. Dziubenko</i> Use of adaptation methods for hybrid vehicles power unit control 27 <i>A. N. Novikov, V. I. Chernyshev, V. A. Gordon, A. A. Katunin, M. D. Tebekin,</i> Mathematical modelling of technical condition of the spherical hinge in the conditions of bench tests 39 <i>S. Yu. Radchenko, D. O. Dorokhov, I. M. Gryadunov</i> New technological schemas of sliding bears hardening processing in complex local loading conditions of deformation zone 47 <i>V. N. Abramov, G. P. Novikov, V. B. Kasparov</i> Evaluate the technical condition of rti avtobilnoy background of the main problems and solutions 55 <i>Y. A. Nechitalo</i> System monitoring and control car battery synergetic 64</p> <h3 style="text-align: center;">Technological Machinery</h3> <p><i>L. S. Ushakov, N. S. Sevryugina</i> Methods of evaluating the technical safety ofHydraulic percusion instruments 69 <i>S. V. Lebedev</i> Theoretical and experimental research of deep screw anchors uplift capacity 77</p> <h3 style="text-align: center;">Road safety and road transport</h3> <p><i>J. Čarský, j. Jirků</i> Road safety research focused on improvement of skills of young drivers in age of 18 – 24 87 <i>S. V. Dorohin</i> The calculation the permissible speed on the plot with limited visibility in the profile 94 <i>N. A. Orlov, A. A. Vlasov, Zh. A. Chushkina</i> Estimation of residual queue of vehicles on adjustable intersections 102 <i>J. Kuklová, O. Příbyl</i> Development of highway management in the czech republic towards multi-agent approach 109 <i>E. N. Khristoforov, N. E. Sakovich, A. M. Nikitin, Yu. N. Baranov</i> Calculation of probabilistic safety performance models by markov processes 115 <i>S. A. Evtukov, I. S. Brylev</i> Experimental studies parameter is set deceleration and stopping distance of motorcycles 125</p> <h3 style="text-align: center;">Education and Personnel</h3> <p><i>I. E. Ilina, E. I. Titova, D. A. Krotova</i> Determination of the consistency of scores on the test results of drivers 131</p> <h3 style="text-align: center;">Economics and Management</h3> <p><i>V. A. Korchagin, A. N. Novikov, Yu. N. Rizaeva</i> Building effective synchronized and logistics supply chain 139 <i>K. V. Aksenov, T. K. Smorodina</i> Implementation of infrastructure projects in the sphere road economy by means of mechanisms it is state – private partnership 143</p> |
| <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> | |
| <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. Příbyl <i>Doc.Eng., Prof. (Czech Republic)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc.Eng., Prof. (Russia)</i> L.A. Savin <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>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p> | |
| <p><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> | |
| <p>Subscription index: 16376 in a union catalog “The Press of Russia”</p> | |
| <p>© State University-ESPC, 2014</p> | |

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 629.113.003.067

В. В. ЛЯНДЕНБУРСКИЙ, М. В. НЕФЁДОВ, Р. Р. СЕЙФЕТДИНОВ

АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ С ИНЖЕКТОРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

В процессе эксплуатации сопряжения автомобиля изнашиваются, изменяются значения его структурных параметров, непосредственно характеризующих исправность объекта диагностирования. Для контроля состояния автомобилей приводится программа и оборудование позволяющее выявлять потребность в ремонте и техническом обслуживании автомобилей. Одним из наиболее перспективных путей увеличения вероятности безотказной работы автомобилей является применение встроенного диагностирования автомобилей.

Ключевые слова: Эксплуатация, автомобиль, износ, алгоритм, встроенное диагностирование, техническое обслуживание.

Системы мониторинга и диспетчеризации транспортных средств базируются на применении таких беспроводных технологий как GSM, GPRS, GPS, ГЛОНАСС. Увеличение в последние годы количества транспортных средств, оборудованных системами встроенного диагностирования и диспетчеризации, вызвано не только требованиями нормативных правовых актов, но и преимуществами, которые дает использование этих приборов автотранспортным предприятиям.

Перспективой является применение систем встроенного диагностирования. Преимуществом которых является то, что система быстро указывает водителю место, где возникла неисправность и какие работы надо произвести для её устранения. В систему подаются сигналы от датчиков, обрабатываются в бортовой системе контроля и выводятся на жидкокристаллический дисплей.

Система встроенного диагностирования позволяет выполнять контроль технического состояния двигателя и трансмиссии. Имеется возможность определить неисправность в двигателе и трансмиссии с помощью датчиков разряжения и температуры масла.

Эта цель достигается путем установки датчика абсолютного давления во впускном коллекторе. Внутри датчика абсолютного давления имеется вакуумная камера, из которой на этапе изготовления датчика был откачен воздух. Такой датчик «сравнивает» давление на входном штуцере с давлением в вакуумной камере – от этой разницы давлений и зависит выходной сигнал датчика.

В качестве датчиков атмосферного давления применяются датчики абсолютного давления. Датчик атмосферного давления может быть выполнен как отдельный элемент системы управления двигателем, или может быть размещён непосредственно внутри корпуса блока управления двигателем (рис. 1).

Внедрение температуры датчика масла в трансмиссии позволит следить за ее состоянием не покидая кабины водителя и не посещая ТО. Датчик будет устанавливаться в корпус коробки передач (КП) и главной передачи (ГП). Датчик будет показывать изменение температуры, что будет свидетельствовать о нагрузках на трансмиссию. Средняя рабочая температура масла в картере КП составляет 80-95 °С, в жаркую погоду при городском цикле движения она может подниматься до 150 °С. Конструкция КП такова, что если с двигателя снимается мощность большая, чем нужно для преодоления дорожного сопротивления, ее избыток расходуется на внутреннее трение масла и оно еще более нагревается. Высокие скорости движения потоков масла в гидротрансформаторе и температура вызывают интенсивную

аэрацию, приводящую к вспениванию, что создает благоприятные условия, во-первых, для окисления самого масла, во-вторых, для коррозии металлов.

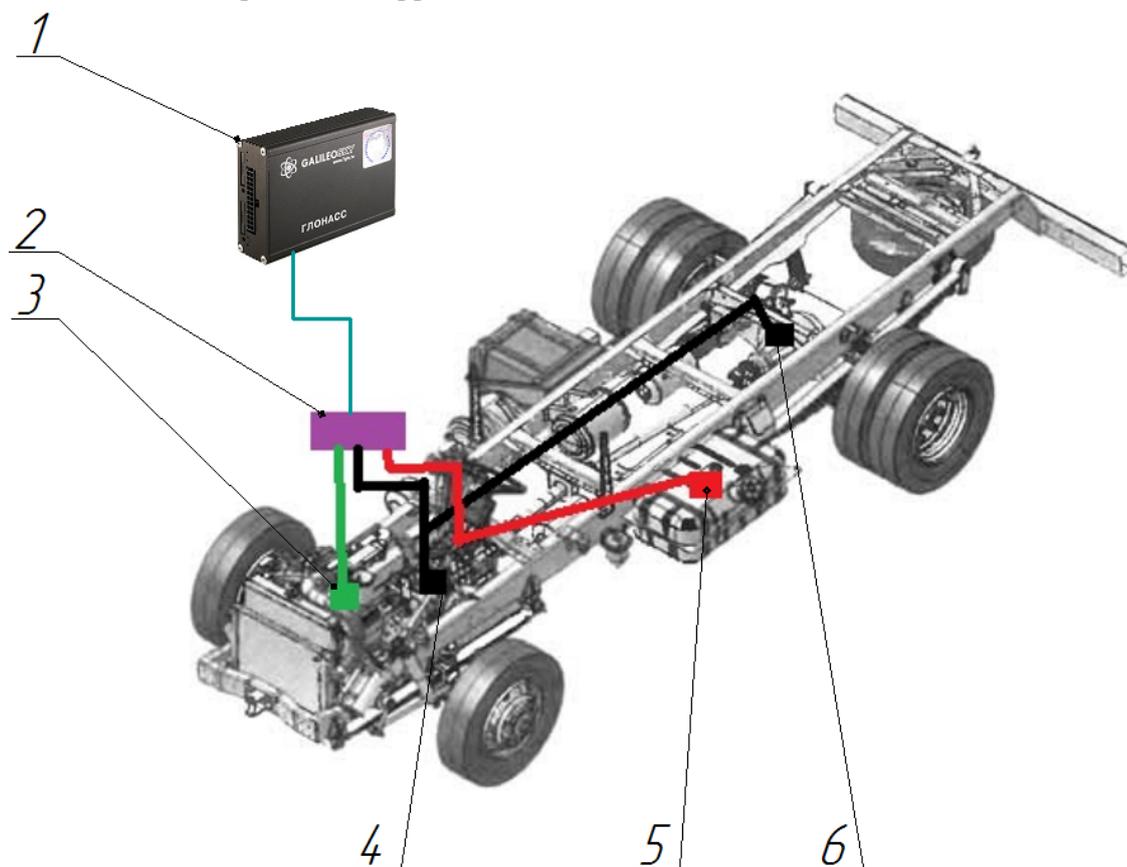


Рисунок 1 – Схема расположения встроенной системы диагностирования на автомобиле

1 – передатчик ГЛОНАСС/GPS; 2 – встроенная система диагностирования; 3 – датчик разряжения; 4 – датчик температуры масла в коробке передач; 5 – датчик давления топлива; 6 – датчик температуры масла в главной передаче

Программа включает блоки формирования баз данных по результатам диагностирования и сведения о работе двигателя со слов водителя. Подготовленные данные обрабатываются расчетно-анализирующим блоком. С помощью блока индикации результаты расчета и анализа выводятся на экран прибора, расположенного в кабине автомобиля. Данная информация является основанием для своевременного принятий решений по проведению профилактических работ для двигателя автомобиля.

Вторая часть программы – аналитическая, определяет наличие и вид неисправностей как в двигателе так и в трансмиссии, третья часть опросная, рассчитана на остальные системы транспортного средства.

Алгоритм программы выглядит следующим образом (рис. 2). После запуска алгоритма идет выбор датчика, первый датчик это датчик разряжения. После проверки датчика разряжения, идет проверка трансмиссии, датчик КП и датчик ГП. После выбора датчика например датчик разряжения. Идет работа прибора с датчиком разряжения, программа начинает свои действия с проверки наличия контакта с датчиком разряжения. Если контакт не установлен, то на экран прибора со сопровождением звукового сигнал в кабине водителя выводится надпись «ОШИБКА! Датчик недоступен». В этом случае программа прекращает свою работу. И весь этот цикл повторяется и с другими датчиками.

Если контакт с датчиком установлен, то в программу водителем вводятся начальные данные. Программа по показаниям датчика строит график и при наличии неисправности выводит на экран в текстовом режиме. Далее система переходит к опросной части. Водитель

предлагается выбор – закончить программу сейчас или продолжить поиск неисправностей в других системах двигателя. При продолжении программа использует метод «логический поиск с последовательным исключением». Водителю надлежит выбрать качественные признаки неправильной работы двигателя.

В конце процесса на экран выводится неисправность. Программа считывает значения с накладного датчика разряжения, установленного в блок цилиндров.

Считанные значения автоматически записываются в базу данных программы, затем, на основании этих данных, строятся графики разряжения. По разряжению в контрольных точках прогнозируется неисправность.

Затем осуществляется переход к диагностированию разряжения двигателя на холостых оборотах.

Под графиками в случае выявления неисправности появляется надпись, характеризующая эту неисправность, например, «нарушение в работе клапанного механизма связанные с неправильной регулировкой тепловых зазоров в клапанном механизме». Если неисправностей не выявлено, появиться надпись «неисправностей не обнаружено».

Если неисправностей с помощью датчика разряжения не выявлено, то система переходит к поиску неисправностей путем опроса водителя автомобиля, который выбирает из предложенных вариантов неправильной работы двигателя наиболее характерные признаки, которые он заметил. Опросная система имеет древовидную структуру.

Последовательность опроса по этим вопросам зависит от частоты появления признаков, и составляются на основании статистических данных, собранных в условиях эксплуатации. На основании полученной информации на этом этапе определяются вероятные гипотезы – элементы двигателя, подозреваемые на отказ.

По завершении этапа выбора качественных признаков в системе происходит просмотр базы данных и формирование рабочего набора предполагаемых неисправностей, обеспечивающих решение задачи поиска неисправностей.

Для уточнения процесса поиска неисправностей система в диалоговом режиме проводит опрос пользователя о том, какая наработка двигателя, какие ремонтно-обслуживающие работы проводились в последнее время, как были замечены проявления качественного признака, какие работы выполнялись, какие еще сопутствующие качественные признаки проявляются при этом. Определяющим при последовательности задания вопросов является логическая целесообразность того или иного вопроса. Взаимодействие с системой происходит посредством последовательного предъявления пользователю вопросов системы и выбором им вариантов ответа в меню различных типов.

Для перемещения по меню используются «стрелки», выбор позиций осуществляется нажатием клавиши «Space». Переход к следующему меню в древовидной структуре осуществляется нажатием клавиши «ДАЛЕЕ».

Неисправность сцепления проверяется при работающем двигателе. Выжав педаль сцепления, поочередно переключают передачи. Если включение передач затруднено и сопровождаются скрежетом, сцепление полностью не включается. Включение сцепления проверяют, затянув ручной тормоз. Включают высшую передачу и плавно отпускают педаль сцепления, одновременно нажимая на педаль управления дроссельными заслонками. Если двигатель остановиться, сцепление исправно. Продолжение работы двигателя указывает на не полное включение сцепления.

Исправность главной передачи и дифференциала проверяют на ходу. При движении автомобиля со скоростью 30...60 км/ч с включенной передачей (но не накатом) прослушивают шум шестерен. Наличие шума свидетельствует о неправильном зацеплении шестерен, когда пятно контакта смещено в сторону широкой части зубьев ведомой шестерни. Если шум шестерен проявляется при торможении двигателем, это говорит о смещение пятна контакта

зацепления в сторону узкой части зубьев ведомой шестерни. Работа ведущего моста с непрерывным «воем» шестерен главной передачи может быть при большом износе подшипников, недостаточном уровне масла в картере главной передачи или малой вязкости масла.

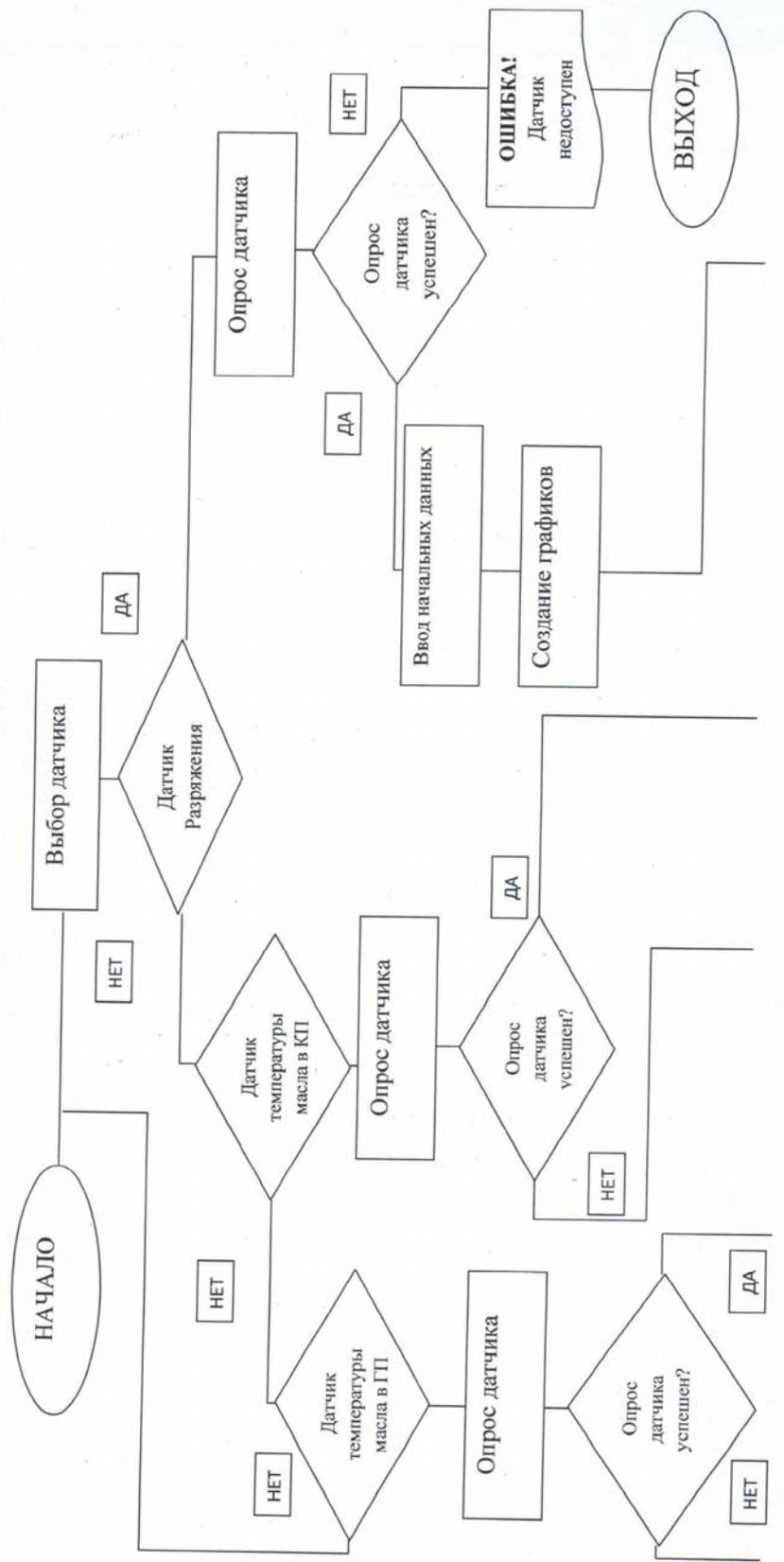
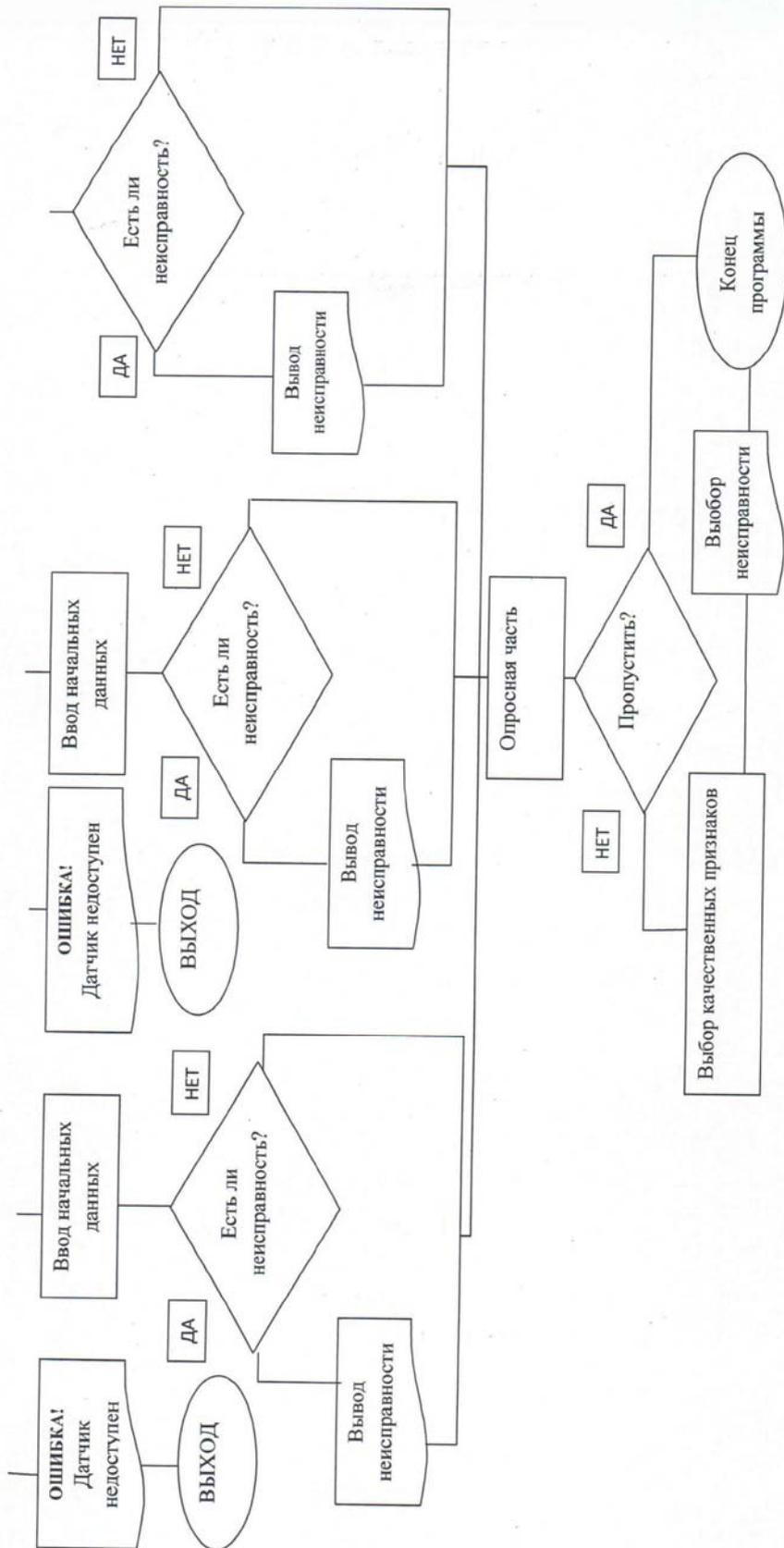


Рисунок 2 – Алгоритм работы встроенного диагностирования автомобиля с инжекторным двигателем



Продолжение рисунка 2 – Алгоритм работы встроенного диагностирования автомобиля с инжекторным двигателем

По результатам опроса уточняются вероятности рассматриваемых гипотез. В ряде случаев, основываясь только на результатах ответов на опросные вопросы, можно принять диагностическое решение. Диагностическая система обладает знаниями о типичных ситуациях, соответствующих наличию наиболее часто встречающихся неисправностей. В ходе опроса система анализирует полученную информацию и формирует гипотезы о неисправностях и предлагает в оптимальной последовательности провести диагностические проверки по качественным признакам с использованием инструментальных средств диагностирования. Номенклатура диагностических средств, применяемых при поиске, легко изменяется в соответствии с имеющимися у пользователя.

Взаимодействие с системой происходит посредством последовательного предъявления заданий на проведение диагностических проверок. При этом доступна инструкция о технологии проведения проверки. Работа системы заканчивается определением наиболее вероятной неисправности автомобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лянденбургский, В. В. Встроенные средства для контроля работоспособности и перемещения автомобилей [Текст]: монография / В. В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 112 с.
2. Лянденбургский, В. В. Система контроля передвижения автомобиля [Текст] / В. В. Лянденбургский, Ю. В. Родионов, Е. В. Кравченко // Автотранспортное предприятие. – М. - 2012. - № 2. - С. 24-28.
3. Лянденбургский, В. В. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем [Текст] / В. В. Лянденбургский, Ю. В. Родионов, С. А. Кривобок // Автотранспортное предприятие. – М. - 2012. - № 11. - С. 45-48.
4. Лянденбургский, В. В. Программа поиска неисправностей транспортных средств [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. И. Тарасов, А. В. Федосков, С. А. Кривобок // Контроль. Диагностика. – М. - 2012. - № 8. - С. 23-29.
5. Лянденбургский, В. В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский, А. И. Тарасов, А. В. Федосков, С. А. Кривобок // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 4. – С. 3-9.
6. Лянденбургский, В. В. Совершенствование комплекса КАД-300 для диагностирования двигателей автомобилей [Текст] / В. В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС. - 2012. - 196 с.
7. Лянденбургский, В. В. Совершенствование компьютерного обеспечения технической эксплуатации автомобилей [Текст]: монография / В. В. Лянденбургский, А. С. Иванов. – Пенза: ПГУАС, 2012. - 398 с.
8. Лянденбургский, В. В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей [Текст]: монография / В. В. Лянденбургский, А. И. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2013. - 220 с.
9. Лянденбургский, В. В. Техническая диагностика на транспорте [Текст]: учебное пособие / В. В. Лянденбургский, П. И. Аношкин, А. С. Иванов, А. М. Белоковильский. - Пенза: ПГУАС, 2012. – 252 с.
10. Лянденбургский, В. В. Топливные системы современных и перспективных двигателей внутреннего сгорания [Текст]: учебное пособие / В. В. Лянденбургский, А. А. Грабовский, А. М. Белоковильский, В. В. Салмин, П. И. Аношкин. - Пенза: ПГУАС, 2013. – 323 с.
11. Лянденбургский, В. В. Основы научных исследований [Текст]: учебное пособие / В. В. Лянденбургский, А. В. Баженов, В. В. Коновалов. - Пенза: ПГУАС, 2013. – 388 с.
12. Лянденбургский, В. В. Дипломное проектирование [Текст]: учебное пособие / В. В. Лянденбургский. - Пенза: ПГУАС, 2013. – 332 с.
13. Лянденбургский, В. В. Информационно-интеллектуальные системы контроля и управления транспортными средствами [Текст]: учебное пособие / В. В. Лянденбургский, Г. И. Шаронов, А. В. Баженов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 372 с.

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

Нефедов Максим Владимирович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

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

Студент

Email: dekauto@pguas.ru

Сейфетдинов Рушан Рафаилович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28
Аспирант
Email: dekauto@pguas.ru

V. V. LYANDENBURSKY, M. V. NEFEDOV, R. R. SEYFETDINOV

PROGRAM FOR TROUBLE VEHICLES INJECTION ENGINES

In the operation of the vehicle coupling wear, change the values of its structural-parameters directly characterize the serviceability of the object of diagnosis. To monitor the status of vehicles driven program and the eq-tion allows to identify the need for repair and maintenance of automotuty trucks. One of the most promising ways to increase the probability of failure-free Rabo you car is to use the built-in diagnostics of cars.

Keywords: operation, vehicle wear and tear, an algorithm built diagno-stirovanie, maintenance.

BIBLIOGRAPHY

1. Lyandenburskiy, V. V. Vstroennyye sredstva dlya kontrolya rabotosposobnosti i peremeshcheniya avtomobily [Tekst]: monografiya / V. V. Lyandenburskiy. - Penza: PGUAS, 2010. - 112 s.
2. Lyandenburskiy, V. V. Sistema kontrolya peredvizheniya avtomobilya [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, YU. V. Rodionov, E. V. Kravchenko // Avtotransportnoe predpriyatie. - M. - 2012. - № 2. - S. 24-28.
3. Lyandenburskiy, V. V. Vstroennaya sistema diagnostirovaniya avtomobilya s dizel'nyim dvigatelem [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, YU. V. Rodionov, S. A. Krivobok // Avtotransportnoe predpriyatie. - M. - 2012. - № 11. - S. 45-48.
4. Lyandenburskiy, V. V. Programma poiska neispravnostey transportnykh sredstv [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. I. Tarasov, A. V. Fedoskov, S. A. Krivobok // Kontrol'. Diagnostika. - M. - 2012. - № 8. - S. 23-29.
5. Lyandenburskiy, V. V. Veroyatnostno-logicheskiy metod poiska neispravnostey avtomobilya [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, A. I. Tarasov, A. V. Fedoskov, S. A. Krivobok // Mir transporta i tekhnologicheskikh ma-shin. -2011. - № 4. - S. 3-9.
6. Lyandenburskiy, V. V. Sovershenstvovanie kompleksa KAD-300 dlya diagnostirovaniya dvigateley avtomobilya [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy. - Penza: PGUAS. - 2012. - 196 s.
7. Lyandenburskiy, V. V. Sovershenstvovanie komp'yuternogo obespecheniya tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobilya [Tekst]: monografiya / V. V. Lyandenburskiy, A. S. Ivanov. - Penza: PGUAS, 2012. - 398 s.
8. Lyandenburskiy, V. V. Veroyatnostno-logicheskiy metod poiska neispravnostey avtomobilya [Tekst]: monografiya / V. V. Lyandenburskiy, A. I. Tarasov. - Penza: PGUAS, 2013. - 220 s.
9. Lyandenburskiy, V. V. Tekhnicheskaya diagnostika na transporte [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Lyandenburskiy, P. I. Anoshkin, A. S. Ivanov, A. M. Belokovyl'skiy. - Penza: PGUAS, 2012. - 252 s.
10. Lyandenburskiy, V. V. Toplivnyye sistemy sovremennykh i perspektivnykh dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Lyandenburskiy, A. A. Grabovskiy, A. M. Belokovyl'skiy, V. V. Sal-min, P. I. Anoshkin. - Penza: PGUAS, 2013. - 323 s.
11. Lyandenburskiy, V. V. Osnovy nauchnykh issledovaniy [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Lyandenburskiy, A. V. Bazhenov, V. V. Konovalov. - Penza: PGUAS, 2013. - 388 s.
12. Lyandenburskiy, V. V. Diplomnoe proektirovanie [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Lyandenburskiy. - Penza: PGUAS, 2013. - 332 s.
13. Lyandenburskiy, V. V. Informatsionno-intelektual'nye sistemy kontrolya i upravleniya trans-portnymi sredstvami [Tekst]: uchebnoe posobie / V. V. Lyandenburskiy, G. I. Sharonov, A. V. Bazhenov. - Penza: PGUAS, 2014. - 372 s.

Ljandenburskiy Vladimir Vladimirovich

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

Nefedov Maksim Vladimirovich

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

Seyfetdinov Rushan Raphailevich

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

УДК 621.436.001.43

Ю. В. РОДИОНОВ, Р. Л. ДУЛАТОВ

ВАРИАНТЫ ЦИКЛОВ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ПРИ ОБКАТКЕ

Представлен анализ преимуществ и недостатков различных вариантов циклов динамического нагружения дизелей при обкатке после текущего и капитального ремонта. Обоснована необходимость применения усовершенствованного цикла динамического нагружения дизелей.

Ключевые слова: дизель, горячая обкатка, динамическое нагружение, цикл.

Одним из наиболее эффективных в настоящее время является способ обкатки ДВС с динамическим нагружением, причем его организация возможна различными способами. Так как основное нагружение в цикле динамического нагружения (ЦДН) происходит на такте разгона, протекание которого определяется индикаторным и эффективным моментами, зависящими главным образом от топливоподачи, проанализируем возможные варианты реализации тактов разгона.

1. Цикл динамического нагружения с максимальной подачей топлива.

Реализация данного ЦДН предусматривает осуществление такта разгона с протеканием крутящего момента по корректорной ветви регуляторной характеристики дизеля. Этот цикл может осуществляться путем резкого перемещения рычага регулятора частоты вращения (РЧВ) из положения, соответствующего минимальным оборотам холостого хода, в положение максимальной частоты вращения (до упора). При этом рейка ТНВД в процессе разгона последовательно занимает положения, соответствующие максимальной подаче топлива при данной угловой скорости коленчатого вала (УСКВ).

Увеличение УСКВ происходит с ускорением, пропорциональным развиваемому крутящему моменту, который достигает максимального значения при определенной для данного дизеля УСКВ. В этой точке достигается максимума и цикловая подача топлива, обеспечиваемая работой корректора. В дальнейшем возрастающая сила грузиков регулятора частоты вращения РЧВ начнет сжимать пружину корректора и уменьшать подачу топлива и крутящий момент. При достижении номинальной УСКВ действие корректора прекратится и подача топлива и крутящий момент будут соответствовать номинальным значениям.

При дальнейшем росте УСКВ рейка ТНВД отойдет от упора ограничителя номинальной подачи топлива и начнет перемещаться в сторону уменьшения цикловой подачи по регуляторной ветви характеристики до значений, соответствующих цикловой подаче при максимальной частоте вращения холостого хода.

Анализ кривой крутящего момента показывает, что она практически идентична статической регуляторной характеристике дизеля. Крутящий момент на корректорной ветви в процессе разгона изменяется и имеет максимум в соответствующей точке. Эффективная динамическая мощность дизеля в данных условиях будет переменной с максимумом при номинальной УСКВ.

Достоинством данного способа изменения крутящего момента при разгоне является его информативность, а также простота управления процессом, заключающаяся в воздействии с постоянной амплитудой и скоростью на рычаг РЧВ, что обусловило широкое применение его для диагностирования.

Для приработки ДВС данный способ может быть использован только на последней ступени горячей обкатки с динамической нагрузкой, т.к. максимальные нагрузки на первых ступенях обкатки, несмотря на цикличность действия НДМ, могут привести к образованию задиров.

2. Цикл динамического нагружения с постоянной мощностью при разгоне.

Данный ЦДН предполагает осуществление тактов разгона на частичных режимах с постоянной для каждой ступени развиваемой дизелем эффективной динамической мощностью (N_e^A). Режим постоянной мощности достигается соответствующей коррекцией подачи топлива при разгоне, уменьшающей крутящий момент пропорционально росту УСКВ. Учитывая, что для дизелей с механическим РЧВ при реализации рассматриваемого способа обкатки оптимальный интервал изменения УСКВ составляет $0,2-0,4 \omega_H$, а максимальный крутящий момент дизеля $\approx 1,15 M_{ен}$, рассмотрим возможность реализации данного способа разгона на ступенях обкатки (применительно к универсальным обкаточным режимам, рекомендованным ГосНИТИ, для обкатки тракторных дизелей с использованием присадки в масло Гретерин-3), осуществляемых на максимальных скоростных режимах [1].

Исходя из формулы эффективной мощности дизеля $N_e = M_k \cdot \omega$, видим, что для получения $N_e^A = \text{const}$ при снижении УСКВ на $0,3 \omega_H$ в начале разгона необходимо такое же увеличение крутящего (нагрузочного) момента, по отношению к его конечному значению, т.е.

$$M_{ki1} = 1,3 \cdot M_{ki2}, \quad (1)$$

где M_{ki1} , M_{ki2} – крутящий момент i -й ступени обкатки соответственно в начале ($\omega = \omega_1$) и в конце ($\omega = \omega_2$) разгона.

Изменение крутящего момента и угловой скорости при разгоне в этом случае, определенное из условия $N_e = M_k \cdot \omega = \text{const}$, будет отражаться показательными зависимостями вида $M_k = N_e / \omega$ и $\omega = N_e / M_k$.

Для ступеней обкатки с ДН на режимах, альтернативных режимам, рекомендованным ГосНИТИ, значения моментов в начале разгонов могут быть определены по формуле

$$\bar{M}_{ki1} = k_n k_i \bar{M}_{ен}, \quad (2)$$

где k_n – коэффициент повышения крутящего момента в начале разгона, пропорциональный отношению ω_2 / ω_1 данного ЦДН, т.е. $k_n = \omega_2 / \omega_1$;

k_i – коэффициент, определяющий величину крутящего момента i -й ступени тормозной обкатки в долях от номинального (для указанных режимов ГосНИТИ $k_1 = 0,25$, $k_2 = 0,5$, $k_3 = 0,7$, $k_4 = 0,9$).

При $k_n = 1,3$ для режимов ГосНИТИ имеем:

$$\bar{M}_{k11} = 1,3 \cdot 0,25 \bar{M}_{ен} = 0,33 \bar{M}_{ен}; \quad (3)$$

$$\bar{M}_{k21} = 1,3 \cdot 0,5 \bar{M}_{ен} = 0,65 \bar{M}_{ен}; \quad (4)$$

$$\bar{M}_{k31} = 1,3 \cdot 0,7 \bar{M}_{ен} = 0,91 \bar{M}_{ен}; \quad (5)$$

$$\bar{M}_{k41} = 1,3 \cdot 0,9 \bar{M}_{ен} = 1,17 \bar{M}_{ен}. \quad (6)$$

Таким образом, режим разгона с постоянной мощностью может быть реализован при проведении обкатки с ДН в оптимальном диапазоне изменения УСКВ, при этом достигается равенство работы, совершаемой дизелем за такт разгона, работе, совершаемой за такой же промежуток времени на установившихся нагрузочно-скоростных режимах, рекомендованных для данной ступени обкатки.

Анализ данного закона изменения НДМ показывает, что в начале такта разгона имеет место увеличенная на 30 % по сравнению с рекомендованной нагрузка, действующая при пониженной частоте вращения, что обуславливает возможность уменьшения толщины масляной пленки. Однако нагрузочно-скоростные режимы, рекомендованные ГосНИТИ на первых ступенях обкатки обеспечивают избыточную толщину масляной пленки, снижающей

эффективность приработки, поэтому указанная перегрузка в начале разгона не столь опасна и, кроме этого, она может способствовать увеличению пластической деформации поверхностей и наклепу, повышающему их износостойкость и уменьшающему начальный износ. Цикличность ЦДН и пониженное среднее значение ДМ по сравнению с тормозной обкаткой способствует эффективному охлаждению поверхностей трения и выносу из зон трения продуктов износа, а использование специальных присадок еще более исключает возможность образования задиров, однако использование данного метода требует проведения расчетно-теоретического анализа работы сопряжений и экспериментальных исследований [2].

Преимуществом данного способа, помимо максимальной нагрузочной способности, является и наименьшее время такта разгона, что сокращает продолжительность обкатки.

К недостаткам следует отнести сложность управления топливоподачей, из-за необходимости двухступенчатого воздействия на рейку ТНВД, заключающегося в быстром перемещении рейки в начале разгона из выключенного положения в положение, соответствующее максимальному для данной ступени значению крутящего момента, а затем постепенное перемещение рейки в сторону уменьшения цикловой подачи по определенной закономерности, что усложняет конструкцию исполнительного механизма. Переменность крутящего момента и углового ускорения разгона затрудняет контроль нагрузочного режима обкатки.

3. Цикл динамического нагружения с постоянным крутящим моментом.

В данном случае ЦДН предусматривает постоянство заданного для данной ступени обкатки крутящего момента на всем протяжении такта разгона. Он обеспечивается поддержанием при разгоне соответствующей подачи топлива. Анализ скоростных характеристик дизелей, снятых при неизменном положении рейки ТНВД, показывает чрезвычайно пологое протекание кривой крутящего момента в рабочем интервале изменения УСКВ (значение коэффициента приспособляемости K составляет 1,00–1,06), что объясняется взаимоисключающим влиянием снижения момента механических потерь и цикловой подачи топлива при снижении УСКВ в этих условиях. Следовательно, при осуществлении данного способа разгона достаточно фиксировать рейку ТНВД в требуемом для данной ступени обкатки положении h_i и создавать, таким образом, условия динамической скоростной характеристики (ДСХ).

Анализ изменения НДМ при реализации данного способа разгона показывает, что его протекание будет происходить по прямоугольному закону. Очевидно, что лишь при близком к прямоугольному закону изменении НДМ для данной ступени обкатки и строго определенном его максимальном значении ($\bar{M}_{i \max}^{\text{ДН}}$) возможно получить наибольшее эффективное значение нагрузки за заданное время разгона (t_p) по сравнению с любым другим законом и, следовательно, наибольшую интенсивность приработки.

Данный вариант такта разгона также наиболее удобен для точного измерения и контроля НДМ, в связи с тем, что амплитудное (максимальное) значение НДМ постоянно и может быть измерено в любой точке разгона измерителями угловых ускорений типа ИМД-ЦМ. Кроме этого, при прямоугольном законе, в отличие от любых других, эффективное значение НДМ ($\bar{M}_{\text{рз}}^{\text{ДН}}$) равно амплитудному, т.е.

$$\bar{M}_{\text{рз}}^{\text{ДН}} = \bar{M}_{\max}^{\text{ДН}}. \quad (7)$$

Реальный закон изменения НДМ будет отличаться от теоретического наличием начального и конечного участков с переменной величиной НДМ, обусловленной конечной скоростью перемещения рейки ТНВД исполнительным механизмом, в связи с чем фактическое значение $\bar{M}_{\text{рз}}^{\text{ДН}}$ будет меньше.

Достоинством способа по сравнению с рассмотренными выше является выполнение условия непревышения заданных значений нагрузок на сопряжения на всем протяжении разгона, что исключает возможность их перегрузки и позволяет использовать при разработке методик назначения режимов обкатки с ДН режимы, рекомендованные для тормозных мето-

дов обкатки дизелей данной марки.

К недостатку следует отнести пониженную, среднюю за такт разгона эффективную динамическую мощность и увеличенное время такта разгона по сравнению с рассмотренными ранее ЦДН.

4. Цикл динамического нагружения с дополнительными инерционными массами.

С целью уменьшения углового ускорения разгона и уменьшения отклонений показателей рабочего процесса при обкатке с ДН многоцилиндровых, мощных дизелей с пониженными значениями момента инерции маховика (особенно с турбонаддувом) целесообразно присоединять к коленчатому валу таких двигателей дополнительные инерционные массы. В этом качестве могут использоваться роторы электродвигателей обкаточных стендов, а также элементы трансмиссии и ходовой части при проведении обкатки дизелей с ДН непосредственно на машинах. При использовании для холодной обкатки приводных станций, состоящих из асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, соединенных через муфту сцепления и коробку передач (КП) с коленчатым валом обкатываемого дизеля, величина дополнительного момента инерции от ротора электродвигателя и других деталей может ступенчато изменяться путем переключения передач на КП, увеличиваясь на пониженных передачах. При этом в силу высокой механической прочности короткозамкнутых роторов асинхронных электродвигателей частота их вращения может значительно, в несколько раз, превышать синхронную. В результате можно получить необходимые значения углового ускорения разгона, а также обеспечить обкатку при постоянном угловом ускорении ступеней.

Детали первичного вала КП, муфты сцепления и ротор электродвигателя, вращающиеся совместно, обладают суммарным моментом инерции I_1 . Детали вторичного вала КП и соединительного вала обладают моментом инерции I_{11} .

При разгоне вала ДВС от ω_1 до ω_2 за время t_p вторичный вал КП и соединительный вал создадут нагрузочный динамический момент $\bar{M}_{11}^{дн}$, равный:

$$\bar{M}_{11}^{дн} = I_{11} \cdot \bar{\varepsilon}_p = I_{11} \frac{\bar{\omega}_2 - \bar{\omega}_1}{t_p}. \quad (8)$$

При разгоне вала ДВС от ω_1 до ω_2 детали первичного вала КП создают динамический нагрузочный момент $\bar{M}_1^{дн}$, равный:

$$\bar{M}_1^{дн} = I_1 \cdot \bar{\varepsilon}_{p1}, \quad (9)$$

где $\bar{\varepsilon}_{p1}$ – ускорение разгона первичного вала КП,

$$\bar{\varepsilon}_{p1} = \frac{i(\bar{\omega}_2 - \bar{\omega}_1)}{t_p} = i \cdot \bar{\varepsilon}_p. \quad (10)$$

С учетом уравнения (10) выражение (9) будет иметь вид

$$\bar{M}_1^{дн} = I_1 \cdot i \cdot \bar{\varepsilon}_p. \quad (11)$$

Нагрузочный динамический момент первичного вала, приведенный к вторичному, будет равен:

$$\bar{M}_{1(11)}^{дн} = \bar{M}_1^{дн} \cdot i = I_1 \cdot i^2 \cdot \bar{\varepsilon}_p. \quad (12)$$

Тогда суммарный НДМ, создаваемый при разгоне приводной станцией $\bar{M}_{нс}^{дн}$, будет равен:

$$\bar{M}_{нс}^{дн} = \bar{M}_{11}^{дн} + \bar{M}_{1(11)}^{дн} = I_{11} \cdot \bar{\varepsilon}_p + i^2 \cdot \bar{\varepsilon}_p \cdot I_1. \quad (13)$$

Анализ уравнения (13) показывает, что НДМ приводной станции линейно зависит от момента инерции вторичного вала и пропорционально квадрату передаточного числа от момента инерции деталей, связанных с первичным валом, что позволяет при сравнительно небольших моментах инерции деталей, связанных с первичным валом, получать большие значения НДМ приводной станции. В связи с этим при обкатке ДВС на машинах целесообразно увеличивать момент инерции системы за счет деталей трансмиссии и ходовой части при использовании повышенных передач КП. В случае использования деталей и агрегатов ходовой части необходимо обеспечить их свободное вращение, например, вывешиванием, использованием стенов с беговыми барабанами или с перевернутыми гусеничными тележками, причем последние создают свой дополнительный НДМ. При использовании беговых барабанов и гусеничных тележек создаваемый ими НДМ можно также увеличить путем их соединения через повышающие редукторы с дополнительными инерционными массами.

В случае необходимости обкатки только двигателя у тракторов можно присоединить дополнительные инерционные массы (маховики) к валу отбора мощности, используя при этом повышенные скоростные режимы его работы. Величина момента инерции дополнительного маховика должна быть такой, чтобы создаваемый им НДМ при максимальном ускорении разгона не превышал допустимого для ВОМ, приводимого в характеристике трактора.

Достоинством рассматриваемого способа реализации такта разгона также является повышение эффективности использования приводных станций и стенов с беговыми барабанами и гусеничными тележками.

К недостатку следует отнести увеличение времени такта свободного выбега.

5. Цикл динамического нагружения с дросселированием газов на выпуске.

Общий анализ цикла динамического нагружения показывает, что такт выбега, являющийся неотъемлемой частью цикла, недостаточно эффективен с точки зрения приработки вследствие малых нагрузок на сопряжения и имеет повышенную продолжительность. Вместе с тем он имеет и положительные стороны, заключающиеся в интенсивном выносе продуктов износа из зон трения и их охлаждении, что позволяет форсировать нагрузочные режимы на такте разгона и улучшить качество приработки.

Сущность способа загрузки ДВС при их обкатке и испытаниях на установившихся бестормозных режимах путем дросселирования газов на общем выпуске заключается в том, что в выпускном коллекторе поддерживается повышенное (до 0,5 МПа) давление, которое на тактах выпуска отработавших газов действует на поршень, увеличивая отрицательную индикаторную работу. Среднее индикаторное давление, соответствующее этой работе $p_{ин}$, определяется формулой

$$p_{ин} = p_2 \left\{ 1 - \frac{1}{(\varepsilon - 1)(n - 1)} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}} \right] - \frac{1}{(\varepsilon - 1) \frac{p_2}{p_1}} \times \left[\varepsilon - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{n}} \right] \right\} \quad (14)$$

где $p_{ин}$ – среднее индикаторное нагрузочное давление цикла с дросселированием на выпуске;

p_2 – абсолютное давление на выпуске;

p_1 – абсолютное давление на изобарном впуске;

ε – степень сжатия; n – показатель политропы.

При $p_1 = \text{const}$ зависимость $p_{ин} = f(p_2/p_1)$ линейна и, следовательно,

$$p_{ин} = f(p_2). \quad (15)$$

Линейная зависимость индикаторной нагрузки от величины противодействия на выпуске p_2 обуславливает простоту ее задания и контроля. Задание индикаторной нагрузки

осуществляется с помощью дроссельной заслонки, установленной на общем выпуске, а при включении между общим выпуском и дроссельной заслонкой ресивера с манометром обеспечивается ее контроль. Максимальная величина противодействия на выпуске для выключенных цилиндров ограничена упругостью пружин выпускного клапана, а для работающих – условиями протекания рабочего процесса и соответственно достигает величин 0,4–0,5 и 0,1 МПа. Установка заслонки на общем выпуске на установившихся бестормозных парциальных режимах не позволяет повышать $p_2 > 0,1$ МПа, и для его повышения в выключенных цилиндрах необходимо использование в выпускных каналах каждого цилиндра, технологических коллекторов с заслонками имеющими независимое управление. При этом для обеспечения контроля p_{in} необходима также установка соответствующего числа отдельных ресиверов и манометров, что усложняет конструкцию устройства и повышает трудоемкость.

Указанные недостатки в значительной степени устраняются при использовании циклического дросселирования газов на выпуске на такте выбега ЦДН [3]. В этом случае все цилиндры ДВС одновременно выключаются, и величины противодействий могут достигать 0,4–0,5 МПа. Суммирование средних давлений механических потерь дизеля ($p_{мп}$) и p_{in} приводит к соответствующему росту суммарного момента потерь, ускорения выбега и нагрузок, действующих на детали и сопряжения КШМ.

При применении данного способа осуществления такта выбега для обкатки с ДН его основное отличие от него заключается в длительном циклическом использовании дросселирования газов с различными, требуемыми для ступеней обкатки величинами противодействий, которые обеспечиваются изменением угла поворота дроссельной заслонки.

Последовательность процессов в цилиндрах ДВС в этом случае следующая: первый такт – выпуск с дросселированием, обеспечивающим нужное противодействие (p_2), второй – впуск, третий – сжатие, четвертый – расширение с дозарядкой цилиндра из системы выпуска за счет опережения открытия выпускного клапана.

При этом происходит увеличение наполнения цилиндров за счет роста количества остаточных газов в цилиндре в конце выпуска с противодействием, а при максимальных значениях противодействия возможна дозарядка цилиндра, находящегося на такте впуска, за счет принудительного открытия выпускного клапана под действием давления в выпускном коллекторе. Это приводит к тому, что возрастают давление и температура газов в конце впуска.

Анализ преимуществ и недостатков рассмотренных циклов динамического нагружения позволил разработать и реализовать на практике усовершенствованный цикл динамического нагружения, лишенный прежних недостатков [4, 5].

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. Родионов, Ю. В. Технология обкатки тракторных дизелей Д-160 АО «Уралтрак» после капитального ремонта путем применения динамических режимов нагружения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю. В. Родионов; Санкт-Петербург, 1993. – 16 с.
3. Родионов, Ю. В. Технология раздельной обкатки двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. – 2004. – № 4. – С. 24–27.
4. 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.
5. 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.
6. Родионов, Ю. В. Бестормозная обкатка автотракторных двигателей [Текст] / Ю. В. Родионов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 260 с.
7. Родионов, Ю. В. Бестормозная обкатка дизеля [Текст] / Ю. В. Родионов // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 5. – С. 21–24.

8. Родионов, Ю. В. Датчик многопозиционного контроля положения [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. – 2004. – № 12. – С. 14–15.
9. Родионов, Ю. В. Результаты экспериментальных исследований дизеля 4 ЧН 14,5/20,5 на бестормозных неустановившихся режимах [Текст] / Ю. В. Родионов // Улучшение эффективных, экологических и ресурсных показателей энергетических установок с/х тракторов и автомобилей: сб. науч. тр. СПГАУ. – СПб. - 1993. – С. 79–80.
10. 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.
11. Родионов, Ю. В. Стенд для раздельной обкатки двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. – 2004 – № 8. – С. 23–25.
12. Родионов, Ю. В. Теоретические основы бестормозной обкатки дизелей [Текст] / Ю. В. Родионов. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 140 с.
13. Родионов, Ю. В. Технология обкатки тракторных дизелей Д-160 АО «Уралтрак» после капитального ремонта путем применения динамических режимов нагружения [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю. В. Родионов. – СПб., 1993. – 17 с.
14. Родионов, Ю. В. Исследование показателей рабочего процесса дизелей при бестормозной обкатке [Текст] / Ю. В. Родионов // Строительные и дорожные машины. – 2006. – № 6. – С. 31-33.
15. Родионов, Ю. В. Теория и практика применения динамических режимов нагружения двигателей внутреннего сгорания при эксплуатации автомобилей [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / Ю. В. Родионов. – Пенза, 2006. – 35 с.
16. Тимохин, С. В. Альтернативные технологии обкатки автотракторных дизелей / С. В. Тимохин, А. Н. Морунков, О. А. Царев, К. Л. Моисеев // Машинно-технологическая станция. – 2009. – №2. – С. 21-22.
17. Тимохин, С. В. Результаты лабораторных исследований автоматизированной системы управления обкаткой ДВС с динамическим нагружением [Текст] / С. В. Тимохин, К. Л. Моисеев // Нива Поволжья. – 2011. – №2(19). – С. 84-89.
18. Тимохин, С. В. Энергоресурсосбережение при обкатке тракторных дизелей путем создания и реализации в ремонтном производстве модулей с динамическим нагружением [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С. В. Тимохин. – СПб., 1999. – 37 с.
19. Тимохин, С. В. Стенд для обкатки ДВС с динамическим нагружением КИ-28263 [Текст] / С. В. Тимохин, К. Л. Моисеев, А. В. Шкинев // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сб. матер. науч. студ. конф. – Пенза: РИО ПГСХА. - 2009. – С. 103.
20. Царев, О. А. Способ и технические средства холодной обкатки дизелей со статико-динамическим нагружением [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / О. А. Царев. – Пенза, 2010. – 20 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

CYCLE OPTIONS OF DYNAMIC LOADING IN DIESEL ENGINES BEING ROLLED

Pros and cons of various cycle options of dynamic loading in diesel engines being rolled after current or complete repair have been analyzed. The necessity of using the improved cycle of dynamic loading in diesel engines has been proved.

Keywords: diesel, hot rolling, dynamic loading, cycle.

BIBLIOGRAPHY

1. Timokhin, S. V. Sovremennye tekhnologii obkatki avtotraktornykh dvigateley [Tekst]: monografiya / S. V. Timokhin, YU. V. Rodionov. – Penza: PGUAS, 2013. – 284 s.

2. Rodionov, YU. V. Tekhnologiya obkatki traktornykh dizeley D-160 AO "Uraltrak" posle kapital'nogo remonta putem primeneniya dinamicheskikh rezhimov nagruzheniya: Avto-ref. dis. ... kand. tekhn. nauk / YU. V. Rodionov; Sankt-Peterburg, 1993. - 16 s.
3. Rodionov, YU. V. Tekhnologiya razdel'noy obkatki dvigateley vnutrennego sgoraniya [Tekst] / YU. V. Rodionov // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2004. - № 4. - S. 24-27.
4. Rodionov, YU. V. Rezul'taty issledovaniy kholodnoy obkatki dizelya D-144 so sta-tiko-dinamicheskim nagruzheniem [Tekst] / YU. V. Rodionov, S. V. Timokhin // Mir transpor-ta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 33-14.
5. 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.
6. Rodionov, YU. V. Bestormoznaya obkatka avtotraktornykh dvigateley [Tekst] / YU.V. Rodionov. - M.: FGNU "Rosinformagrotekh", 2005. - 260 s.
7. Rodionov, YU. V. Bestormoznaya obkatka dizelya [Tekst] / YU. V. Rodionov // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 2004. - № 5. - S. 21-24.
8. Rodionov, YU. V. Datchik mnogopozitsionnogo kontrolya polozheniya [Tekst] / YU. V. Rodionov // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2004. - № 12. - S. 14-15.
9. Rodionov, YU. V. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy dizelya 4 CHN 14,5/20,5 na bestormoznykh neustanovivshikhsya rezhimakh [Tekst] / YU. V. Rodionov // Uluchshe-nie effektivnykh, ekologicheskikh i resursnykh pokazateley energeticheskikh ustanovok s/kh traktorov i avtomobiley: sb. nauch. tr. SPGAU. - SPb. - 1993. - S. 79-80.
10. Rodionov, YU. V. Resursosberegayushchaya tekhnologiya obkatki dizelya 4 CHN 14,5/20,5 (D-160) [Tekst] / YU. V. Rodionov // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2003. - №12. - S. 18-20.
11. 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.
12. Rodionov, YU. V. Teoreticheskie osnovy bestormoznoy obkatki dizeley [Tekst] / YU. V. Rodionov. - Penza:PGUAS, 2008. - 140 s.
13. Rodionov, YU. V. Tekhnologiya obkatki traktornykh dizeley D-160 AO "Uraltrak" posle kapital'nogo remonta putem primeneniya dinamicheskikh rezhimov nagruzheniya [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / YU.V. Rodionov. - SPb., 1993. - 17 s.
14. Rodionov, YU. V. Issledovanie pokazateley rabocheho protsessa dizeley pri bes-tormoznoy obkatke [Tekst] / YU. V. Rodionov // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny.- 2006. - № 6. - S. 31-33.
15. Rodionov, YU. V. Teoriya i praktika primeneniya dinamicheskikh rezhimov nagruzheniya dvigateley vnutrennego sgoraniya pri ekspluatatsii avtomobiley [Tekst]: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.10 / YU. V. Rodionov. - Penza, 2006. - 35 s.
16. Timokhin, S.V. Alternativnye tekhnologii obkatki avtotraktornykh dizeley / S.V. Timokhin, A.N. Morunkov, O.A. Tsarev, K.L. Moiseev // Mashinno-tekhnologicheskaya stantsiya. - 2009. - №2. - S. 21-22.
17. Timokhin, S. V. Rezul'taty laboratornykh issledovaniy avtomatizirovannoy si-stemy upravleniya obkatkoy DVS s dinamicheskim nagruzheniem [Tekst] / S. V. Timokhin, K. L. Moiseev // Niva Povolzh'ya. - 2011. - №2(19). - S. 84-89.
18. Timokhin, S. V. Energoresursosberezhenie pri obkatke traktornykh dizeley putem sozdaniya i realizatsii v remontnom proizvodstve moduley s dinamicheskim nagruzheniem [Tekst]: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk / S. V. Timokhin. - SPb., 1999. - 37 s.
19. Timokhin, S. V. Stend dlya obkatki DVS s dinamicheskim nagruzheniem KI-28263 [Tekst] / S. V. Timokhin, K. L. Moiseev, A. V. SHkinev // Innovatsionnye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa Rossii: sb. mater. nauch. stud. konf. - Penza: RIO PGSFA. - 2009. - S. 103.
20. Tsarev, O. A. Sposob i tekhnicheskie sredstva kholodnoy obkatki dizeley so statiko-dinamicheskim nagruzheniem [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03 / O.A. Tsarev. - Penza, 2010. - 20 s.

Rodionov Jury Vladimirovich

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

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

Graduate student

E-mail: dekauto@pguas.ru

УДК 53.082.1/53.082.4

А. В. КОРНАЕВ, А. В. ЧИЧВАРИН, В. П. СМИРНОВ, Е. П. КОРНАЕВА,
В. И. ЛЕБЕДИНСКИЙ, М. С. НОЗДРИЧКИН

ВЛИЯНИЕ НАНОДОБАВОК НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА СМАЗКИ ПОДШИПНИКОВ

В статье представлены результаты эксперимента по исследованию трибологических и динамических качеств смазочных материалов подшипников качения при смазке материалами с нанодобавками. Получен эффект снижения коэффициента трения при смазке «Литолом-24» с нанодобавкой смеси фуллеренов фракции C₅₀-C₉₂ в количестве 0,05% масс.

Ключевые слова: наноматериалы, пластичная смазка, виброакустические измерения, колебания механических систем, роторно-опорный узел, подшипник качения.

ВВЕДЕНИЕ

Роль трения в природе и технике двойка. Без трения невозможны многие обыденные процессы и явления: ходьба человека, движение автомобиля, фиксация узла, удержание предмета на поверхности и многие другие. С другой стороны, трение является причиной рассеяния энергии, до трети производимой энергии расходуется на трение [1].

Основным способом снижения негативного влияния трения является смазка, которая по степени разделения трущихся поверхностей смазочным материалом подразделяется на граничную, полужидкостную и жидкостную. Развитие нанотехнологий инициирует открытие новых материалов и новых свойств известных материалов, что находит применение практически во всех отраслях человеческой деятельности. Исследователи в области трибологии серьезно озадачены вопросом создания новых видов энергоэффективных смазочных материалов на основе нанотехнологий. На сегодняшний день наилучших результатов внедрения нанотехнологий достигли в области граничной смазки [2-6].

Данная работа посвящена исследованию влияния нанодобавок на трибологические и динамические свойства пластичных смазок подшипников качения. В подшипниках качения, как известно, реализуется два вида трения: трение качения и трение скольжения. Трение качения связывают с упругим гистерезисом, адгезией, пластической деформацией и микропроскальзыванием [2]. Трение скольжения связано со смазкой, которая может быть реализована в одном из трех упомянутых режимах [7].

ПОДГОТОВКА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

По своим свойствам пластичные смазки занимают промежуточное положение между твердыми смазками и маслами. Они обычно состоят из двух компонентов: жидкой основы (минеральные, растительные, синтетические и другие масла) и загустителя (твердые углеводороды, соли высокомолекулярных жирных кислот, дисперсные силикагели и бентониты и другие органические и неорганические вещества). Пластичные смазки также могут содержать присадки, улучшающие их эксплуатационные свойства. В пластичные смазки часто вводят наполнители (графит, дисульфид молибдена, порошкообразные металлы и их оксиды, слюда и т.д.). В процессе приготовления смазки загустители, в частности мыла, образуют трехмерную волокнистую структуру с ячейками, заполненными маслом. Поэтому при низких нагрузках пластичные смазки ведут себя как твердые тела. При нагрузках, превышающих некоторое критическое значение, пластические смазки в большей мере проявляют свойства масел [2].

Основные достоинства пластичных смазок: способность удерживаться в неуплотненных трибосопряжениях, лучшие смазочная способность и антикоррозионные свойства, способность работать в присутствии воды и агрессивных сред, экономичность. Основные недостатки: плохое охлаждающее действие, большая склонность к окислению и

необходимость специальных устройств подачи к смазываемому трибосопряжению [2].

Известно, что присутствие в минеральных смазках таких наноматериалов, как фуллерены инициирует образование защитных пленок, увеличивающих время жизни узлов трения и их несущую способность, тем самым расширяя рабочий интервал и уменьшая время приработки деталей трибосопряжений. При этом существенно изменяется термостабильность смазок и их склонность к окислительной деструкции [8].

Подготовка смазочных материалов на основе смазки «Литол-24» включала в себя механическое перемешивание указанного материала с различными присадками на основе фуллерена. В качестве присадок использовали: смесь фуллеренов следующего состава C₅₀ – C₅₈ (14.69%), C₆₀ (63,12%), C₆₂ - C₆₈ (5.88%), C₇₀ (13.25%), C₇₂ – C₉₂ (3.06%), для чего был приготовлен их раствор в толуоле с содержанием указанной смеси 1 г/л; фуллереносодержащий технический углерод с общим содержанием всех фракций фуллерена 8%; продукт синтеза смеси фуллеренов C₅₀-C₉₂ с гетеромерным пептидом индолил-3-масляной кислотой и параформальдегидом.

В качестве базы сравнения использовали «Литол-24» (№ 1) и «Литол-24» в смеси с толуолом (№ 4). Остальные экспериментальные образцы содержали: № 2 – «Литол-24» и продукт синтеза смеси фуллеренов с гетеромерным пептидом в количестве 0,01% масс. по фуллерену; № 3 – «Литол-24» и смесь фуллеренов в количестве 0,01 % масс.; № 5 – «Литол-24» и фуллереносодержащий технический углерод в количестве 0,1% масс.; № 6 – «Литол-24» и смесь фуллеренов в количестве 0,05 % масс.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Основной целью эксперимента является исследование влияния различных видов смазочных материалов на трение и вибрацию в подшипниковых опорах [9-11].

Эксперимент планируется для проб шести видов смазочных материалов на основе смазки «Литол-24», в том числе и вариант без добавок. Изготовленные пробы были пронумерованы без указания состава, восстановление соответствия номеров составам будет произведено после обработки результатов эксперимента. Эксперимент заключается в измерении частоты вращения ротора и виброускорения поверхности корпуса подшипниковой опоры во времени в процессе выбега ротора [12].

Рандомизированный план эксперимента включает испытания шести образцов смазочных материалов, плюс испытание в отсутствие смазочного материала, то есть на «сухих» подшипниках. Количество параллельных опытов – пять. Таким образом, общее количество опытов составляет тридцать пять. Входным параметром является материал смазки, выходными параметрами являются массивы данных частоты вращения ротора и виброускорения корпуса опоры.

Экспериментальная установка включает роторно-опорный узел с управляемым электроприводом и портативную виброакустическую измерительную систему датской фирмы Bruel&Kjaer (рис. 1). Основу измерительной системы составляют пьезоэлектрические акселерометры DeltaTron типа 4507, размещенные на корпусе опорного узла роторно-опорной системы и бесконтактный таходатчик M0024. Сигналы с датчиков проходят первичную обработку в анализаторе сигналов Pulse 3560C, затем вторично обрабатываются в программе Pulse LabShop [13] и представляются в виде графиков и текстовых файлов.

Испытуемые подшипники качения № 202 имеют механические повреждения дорожек качения вследствие кратковременного воздействия гравером с шаровидной насадкой и алмазным напылением. Наличие дефектов и, как следствие, интенсивное образование продуктов износа, попадающих затем в смазочный материал, позволяет имитировать условия длительной эксплуатации в тяжелых условиях. Контактные уплотнения могут увеличивать трение в несколько раз, поэтому в данной работе были использованы подшипники без уплотнений.

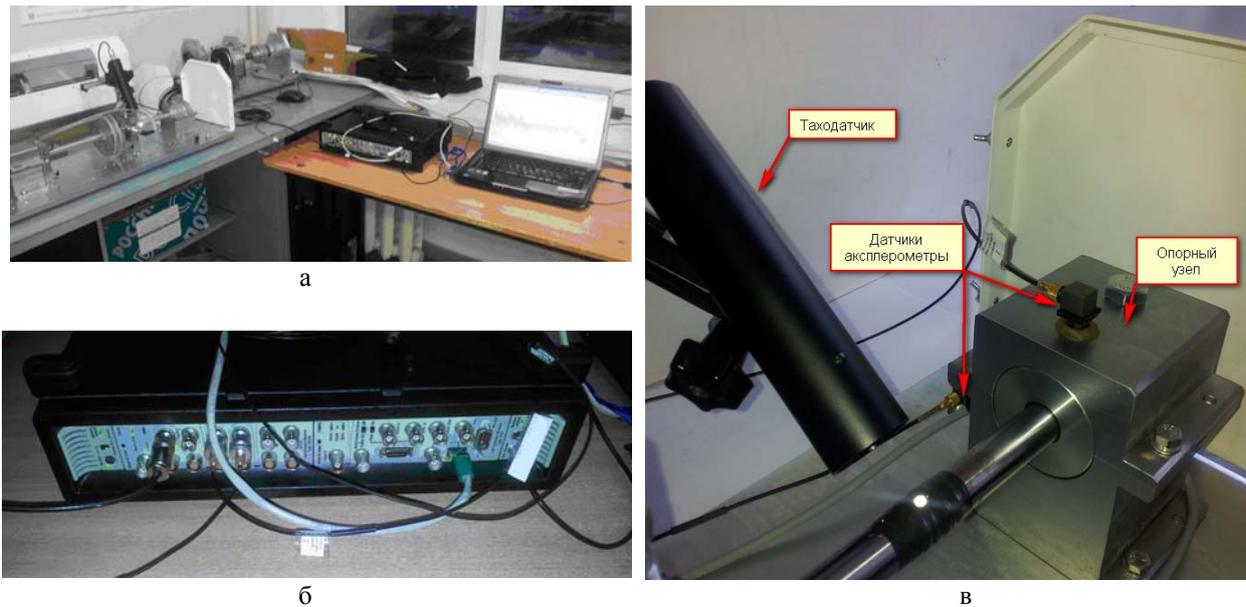


Рисунок 1 – Экспериментальная установка
 Расположение основного оборудования (а), анализатор сигналов Pulse 3560С (б), установка датчиков акселерометров и таходатчика (в)

Порядок испытаний включает следующие этапы. С помощью электродвигателя выполняется разгон ротора до 3000 об/мин, затем происходит отсоединение муфты и быстрая остановка электродвигателя. При этом вращение ротора под действием сил инерции и сил трения в подшипниковых узлах продолжается порядка 5-15 минут. В течение этого времени с шагом порядка секунды в программе Pulse LabShop фиксируются показания тахометра, а по показаниям акселерометров рассчитываются амплитудно-частотные характеристики (АЧХ). Результаты эксперимента в графическом виде представляют собой кривую выбега ротора и каскадную диаграмму АЧХ показаний акселерометров (рис. 2). Кроме того, программой Pulse LabShop предусмотрена возможность экспорта данных в текстовый файл, что удобно для дальнейшей обработки.

По сведениям об изменении частоты вращения ротора во времени, используя закон вращательного движения, можно установить зависимость коэффициента трения от частоты вращения ротора. Ротор вращается под действием сил инерции и реакций опор. Уравнение вращательного движения ротора при допущении о равенстве реакций в опорах примет вид:

$$J \frac{d\omega}{dt} = -2M, \quad (1)$$

где J - момент инерции ротора относительно оси вращения, $кг \cdot м^2$;

t - время, $с$;

M - момент силы трения в опоре, $Н \cdot м$.

Учитывая, что коэффициент трения - это отношение силы трения к реакции в опоре, считая реакцию в опоре равной половине веса ротора, после несложных преобразований уравнение (1) можно привести к виду:

$$f = -\frac{\pi J}{60Rr} \frac{dn}{dt}, \quad (2)$$

где m - масса ротора (табл. 1.1), $кг$;

n - частота вращения ротора (табл. 1.1), $об/мин$;

R - нормальная составляющая реакции в опоре, $R = mg / 2$, $Н$.

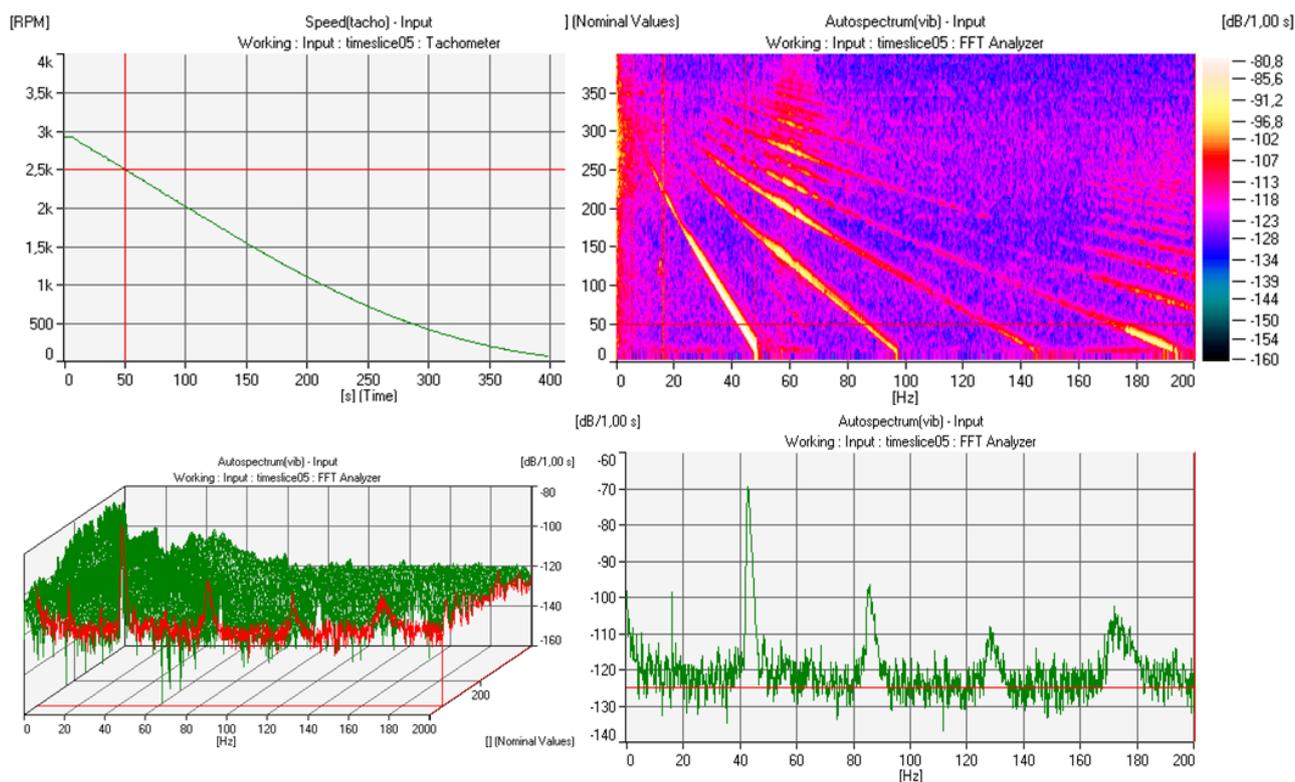


Рисунок 2 – Скриншот результатов измерения в программе Pulse LabShop

На рисунке изображено: кривая выбега ротора; контурный график каскада из четырехсот АЧХ виброускорений; график типа «водопад» каскада из четырехсот АЧХ виброускорений в срезе на пятидесятой секунде; АЧХ на пятидесятой секунде выбега ротора

По сведениям о виброускорении корпуса подшипника (рис. 2) можно установить характер зависимости амплитуды виброускорения на одной или нескольких значимых гармониках от частоты вращения ротора, а также в сравнении определить, какой из смазочных материалов придает опоре свойство демпфирования колебаний в большей или меньшей мере.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Наиболее информативные и значимые результаты получены обработкой кривых выбега, а именно численным дифференцированием дискретных функций частоты вращения $n=n(t)$ и определением по формуле (2) коэффициента трения (рис. 3, а). Изображенные на рисунке 3 (а) кривые построены по средним значениям из серии параллельных опытов, границы вертикальных отрезков показывают максимальные и минимальные значения коэффициента трения в серии на соответствующей частоте.

Обработкой АЧХ показаний датчиков акселерометров выявлено, что основной вклад в мощность колебаний вносит гармоника с частотой, соответствующей частоте вращения ротора, что вызвано наличием дисбаланса. Графики зависимостей амплитуды виброускорения корпуса на частоте, равной частоте вращения представлены на рисунке 3 (б).

Совокупность количественных результатов и наблюдений в ходе эксперимента позволяют сформулировать и определить значения комплекса критериев оценки трибологических и динамических качеств смазки подшипников (табл. 1).

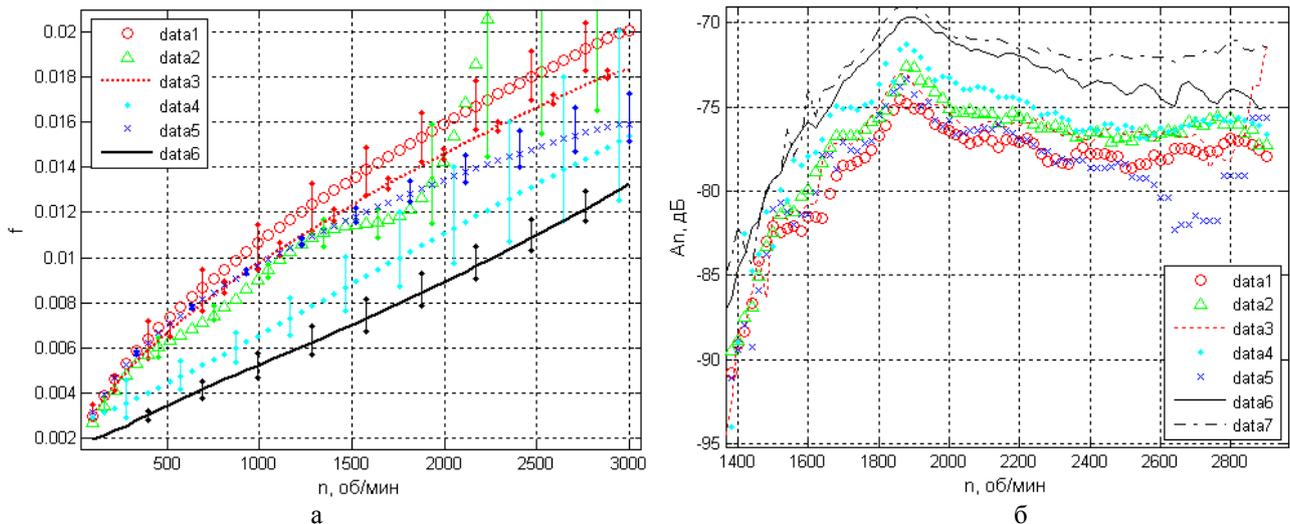


Рисунок 3 – Результаты эксперимента

Коэффициент трения (а) и амплитуда виброускорений на частоте основной гармоники АЧХ (б) в зависимости от частоты вращения ротора для различных видов смазочных материалов: 1 – «Литол-24»; 2 – «Литол-24» и продукт синтеза смеси фуллеренов с гетеромерным пептидом в количестве 0,01% масс. по фуллерену; 3 – «Литол-24» и смесь фуллеренов в количестве 0,01 % масс.; 4 – «Литол-24» в смеси с толуолом; 5 – «Литол-24» и фуллеренсодержащий технический углерод в количестве 0,1% масс.; 6 – «Литол-24» и смесь фуллеренов в количестве 0,05 % масс.; 7 – подшипники без смазки

Таблица 1 – Оценка трибологических и динамических качеств смазки

| Смазочный материал | Коэффициент трения в различных диапазонах частот вращения ротора | | Способность поглощать вибрации | Способность удерживаться в неуплотненных трибосопряжениях | Способность сохранять основные качества при загрязнении |
|---|--|------------------------|--------------------------------|---|---|
| | до 1000 об/мин | от 1000 до 3000 об/мин | | | |
| №1, «Литол-24» | * | * | *** | ** | ** |
| №2, «Литол-24» + присадка | ** | * | ** | ** | * |
| №3, «Литол-24» + фуллерен 0,01% | ** | * | ** | ** | *** |
| №4, «Литол-24»+толуол | *** | ** | ** | * | * |
| №5, «Литол-24»+ фуллеренсодержащий технический углерод 0,1% | ** | ** | ** | * | ** |
| №6, «Литол-24» + фуллерен 0,05% | *** | *** | * | *** | ** |

* - низкое качество по данному критерию

** - среднее качество по данному критерию

*** - высокое качество по данному критерию

Лучший результат и наименьшую величину коэффициента трения во всем диапазоне скоростей продемонстрировал смазочный материал №6 (рис. 3, а). Особенно существенно преимущество этого смазочного материала при низких частотах вращения ротора. Материал № 2 в трех из пяти параллельных опытах проявил сложные реологические свойства: коэффициент трения резко падал при частоте вращения ротора ниже 1800-2000 об/мин до значений, близких к средним для остальных смазочных материалов. На этих частотах вращения, как видно из рисунка 3 (б), колебания в роторно-опорной системе резко снижаются. Возможно, смазочный материал ведет себя подобно раствору крахмала в воде и проявляет свойство неньютоновской жидкости, выражающееся в резком росте сопротивления деформации с ростом скорости сдвиговых деформаций выше некоторой величины [14]. С точки зрения молекулярной структуры материала это можно объяснить хелатной структурой синтезированной присадки, представляющей собой супрамолекулярный комплекс

фуллеренов фракции C50-C92 и индолилмасляной кислоты, представляющий собой биполярный ион, содержащий во внешней сфере остатки пептидных связей в виде групп СО и NH. Подобная структура склонна к формированию водородных связей за счет ассоциации электроотрицательных атомов кислорода и водорода амидной связи. При этом добавление присадки к смазочному материалу ведет к формированию пространственной сетки по механизму, аналогичному клейстеризации или набуханию полимерных материалов и олигомерных смол [15]. Неустойчивость результата в серии параллельных опытов для материала № 2 может быть связана с температурными или иными неучтенными явлениями, что не дает в полной мере судить о причинах необычного поведения материала, и требует скорректированного подхода в проведении исследования. Результаты для остальных материалов можно также увидеть на рисунке 3 (а) и в таблице 1. Испытания с выбегом ротора на подшипниках без смазки показали на первом параллельном опыте коэффициент трения, меньший, чем в случаях применения смазки. На втором опыте результат примерно сравнялся с результатом материала №6, а на третьем параллельном опыте в подшипнике резко усилился шум, и его заклинило на частоте около 500 об/мин. Заклинивание вызвано, скорее всего, образованием продуктов износа на дорожках качения поврежденных подшипников.

Как известно, свойство вязкости среды есть способность материала сопротивляться тем больше, чем больше скорость деформации. Это свойство выражается в рассеивании энергии, снижении или полном гашении колебаний и вибрации [1]. В исследуемом процессе колебания являются вынужденными, обусловленными, прежде всего, наличием дисбаланса ротора, поэтому свойство демпфирования колебаний выражается в снижении вибраций с ростом скорости [16]. Лучшие результаты в эксперименте продемонстрировали смазочные материалы № 1 и № 5 (рис. 3, б). При этом, результат смазочных материалов № 3 и № 5 неоднозначны в связи с резким ростом амплитуды колебаний в области 3000 об/мин. Дальнейший интерес представляют исследования при больших частотах вращения ротора. Худший, но так же неоднозначный в плане экстраполяции на более высокие частоты результат продемонстрировал материал № 6, что связано, возможно, снижением вязкости смазки при высоких частотах вращения вследствие нагрева и (или) проявления неньютоновских свойств [14].

Следует отметить, что на графике по оси ординат (рис. 3, б) значения амплитуд представлены в децибелах, поэтому разница -5дБ значений амплитуд для смазочных материалов № 1 и № 6 при частоте вращения ротора около 1900 об/мин соответствует отличию амплитуд в 3.16 раз.

Важным свойством пластичной смазки является ее способность удерживаться на поверхности смазываемых элементов трибосопряжений. Этот критерий оценивался визуально, а также посредством взвешивания подшипника до и после серии испытаний. Лучший результат продемонстрировал смазочный материал №6, его потери практически были равны нулю. Худший результат продемонстрировал смазочный материал №5, около половины массы смазочного материала была потеряна в результате разбрызгивания. Результаты оценки остальных материалов представлены в таблице 1.

Ранее уже упоминалось, что по условиям эксперимента испытаниям подвергались подшипники с дефектами дорожек качения. По окончании испытаний все смазочные материалы оказывались загрязненными продуктами износа, это было хорошо видно визуально. Некоторые смазочные материалы в серии параллельных опытов показывали ухудшающиеся результаты. Связывая это именно с загрязнением смазки можно утверждать, что лучшую способность сохранять основные качества при загрязнении продуктами износа продемонстрировал материал №3. Хорошую способность продемонстрировали материалы №1, №5 и №6. Худшим образом проявил эту способность материал №4.

ВЫВОДЫ

В результате эксперимента по исследованию влияния нанодобавок на трибологические и динамические качества смазки подшипников качения удалось выявить значительное положительное влияние нанодобавок, а именно смеси фуллеренов фракции C₅₀-C₉₂ в количестве 0,05% масс. (№6), и снижение коэффициента трения до 30% по сравнению с базовым смазочным материалом «Литол-24» (№1). Немаловажен тот факт, что этот материал проявил также лучшую способность удерживаться в трибосопряжении без уплотнительных элементов, а также хорошую устойчивость свойств к действию загрязнений. Что касается динамических качеств, то смазка №6 плохо проявила способность поглощения вибраций в исследованном диапазоне частот вращения ротора, в сравнении с базовым смазочным материалом №1 было зафиксировано трехкратное превышение амплитуды виброускорений.

Тот факт, что в результате эксперимента была обнаружена разница трибологических и динамических качеств различных видов смазочных материалов говорит в пользу проведения дальнейших исследований смазочных материалов с новыми видами нанодобавок, расширенным диапазоном частот вращения ротора, другими видами подшипниковых опор, учетом температурных, реологических и других явлений.

Работа подготовлена в рамках выполнения проекта №363 базовой части государственного задания ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК» «Фундаментальные принципы и теоретические основы наносмазки» (2014-2016 гг.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савин, Л. А. Моделирование роторных систем с опорами жидкостного трения [Текст] / Л. А. Савин, О. В. Соломин. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 444 с.
2. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии [Текст] / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 368 с.
3. Ginzburg, V.M. Thermal and Tribological Properties of Fullerene-Containing Composite Systems. P. 2. Formation of Tribo-Polymer Films during Boundary Sliding Friction in the Presence of Fullerene C60 [Text] / V.M. Ginzburg, O.F. Kireenko, A.A. Shepelevskii, L.A. Shibaev, D.G. Tochilnikov, A.M. Leksovskii // J. Macromol. Sci., B, Physics. – 2005. – No 44 (1). – P. 93-115.
4. Hsu, S.M. Nano-lubrication: concept and design [Text] / S.M. Hsu // Tribology International. – No37. – 2004. – P. 537-545.
5. Georges, J-M. Nanorheology of poly isoprene solutions confined between two solid surfaces. Tribology for energy conservation [Text] / J-M Georges, editors D. Dowson et al. – Elsevier Science B.V., 1998. – P. 51-62.
6. Braun, O. M. Nanotribology: microscopic mechanism of friction [Text] / O. M. Braun, A. G. Naumovets // Surface Science Reports. – № 60. – 2006. – P. 79-158.
7. Корнаев, А. В. Роль нанотехнологий в развитии гидродинамической теории смазки [Текст] / А. В. Корнаев, Л. А. Савин, Ю. С. Степанов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 6 (302). – С 69-74.
8. Гинзбург, Б. М. Влияние фуллерена C60 на изнашивание металлов при фреттинге [Текст] / Б. М. Гинзбург, В. А. Красный, Ю. П. Козырев, В. П. Булатов // Письма в ЖТФ. - 1997. - Т. 23. - № 15. – С. 1-6.
9. Курицин, Ю. В. Виброшумовое диагностирование эксплуатационных характеристик двигателя [Текст] / Ю. В. Курицин, В. В. Мягков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 3. – С 11-13.
10. Фомина, О. В. Вынужденные колебания виброзащитной системы технологической машины с фрикционным исполнительным механизмом [Текст] / О. В. Фомина, В. С. Бузуев, В. И. Чернышев, А. В. Коробко // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 2. – С. 69-74.
11. Майоров, М. В. Диагностирование ступичных подшипников автомобиля [Текст] / М. В. Майоров, В. В. Мишин, В. Н. Чернышев // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – № 2 (41). – С. 9-16.
12. Соломин, О. В. Экспериментальный стенд для исследования динамики и вибрационной диагностики роторных систем с комбинированными опорами [Текст] / О. В. Соломин, Р. Н. Поляков, М. В. Комаров // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2005. – № 6. – С. 9-19.
13. Pulse – Getting started. An introduction to Pulse, 2003. 123 p.
14. Мидлман, Т. Течение полимеров [Текст] / Т. Мидлман. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 368 с.
15. Тагер, А. А. Физикохимия полимеров [Текст] / А. А. Тагер. – 3-е издание, перераб. и доп. - М.: Химия, 1978. – 544 с.
16. Пугачев, А. О. Моделирование щеточных уплотнений для анализа их влияния на динамику роторов [Текст] / А. О. Пугачев // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – № 3 (42). – С. 22-30.

Корнаев Алексей Валерьевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Мехатроника и МИ»
E-mail: rusakor@inbox.ru

Чичварин Александр Валерьевич

ФГАОУ ВПО «СТИ НИТУ «МИСиС»
Адрес: 309516, Россия, г. Старый оскол, мкр. Макаренко, 42
Канд. хим. наук, доцент кафедры «Физика и химия»
E-mail: ach82@mail.ru

Смирнов Виталий Петрович

ФГАОУ ВПО «СТИ НИТУ «МИСиС»
Адрес: 309516, Россия, г. Старый оскол, мкр. Макаренко, 42
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии и оборудования в металлургии и машиностроении»
E-mail: smirnovv_ps@mail.ru

Корнаева Елена Петровна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
Адрес: 302020, Россия, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Информационные системы»
E-mail: lenoks_box@mail.ru

Лебединский Владимир Игоревич

ФГАОУ ВПО «СТИ НИТУ «МИСиС»
Адрес: 309516, Россия, г. Старый оскол, мкр. Макаренко, 42
Аспирант кафедры «Технология и оборудование в металлургии и машиностроении»
E-mail: vladimir-lebedinskij@yandex.ru

Ноздричкин Михаил Сергеевич

ФГАОУ ВПО «СТИ НИТУ «МИСиС»
Адрес: 309516, Россия, г. Старый оскол, мкр. Макаренко, 42
Аспирант кафедры «Технология и оборудование в металлургии и машиностроении»
E-mail: m.nozdrichkinj@gmail.com

A.V. KORNAEV, A.V. CHICHVARIN, V. P. SMIRNOV, E. P. KORNAEVA,
V. I. LEBEDINSKY, M. S. NOZDRICHKIN

ROLE OF NANOADDITIVES IN TRIBOLOGY AND DYNAMIC PROPERTIES OF LUBRICANTS AND LUBRICATION

The paper represents the results of experimental research of tribology and dynamic properties of ball bearings with nanolubricants. It was demonstrated the friction losses decrease as the result of using nanoadditives of mix fullerenes C₅₀-C₉₂. with mass fraction 0.05% in base lubricant "Litol-24".

Key words: *nanomaterials, lubricants, sound and vibration testing; rotor dynamics, rotor bearing, ball bearings.*

BIBLIOGRAPHY

1. Savin, L. A. Modelirovanie rotornykh sistem s oporami zhidkostnogo treniya [Tekst] / L. A. Savin, O. V. Solomin. - M.: Mashinostroenie-1, 2006. - 444 s.
2. Myshkin, N. K. Trenie, smazka, iznos. Fizicheskie osnovy i tekhnicheskie prilozheniya tribologii [Tekst] / N. K. Myshkin, M. I. Petrokovets. - M.: FIZMATLIT, 2007. - 368 s.
3. Ginzburg, B.M. Thermal and Tribological Properties of Fullerene-Containing Composite Systems. P. 2. Formation of Tribo-Polymer Films during Boundary Sliding Friction in the Presence of Fullerene C₆₀ [Text] / B.M. Ginzburg, O.F. Kireenko, A.A. Shepelevskii, L.A. Shibaev, D.G. Tochilnikov, A.M. Leksovskii // J. Macromol. Sci., B, Physics. - 2005. - No 44 (1). - P. 93-115.
4. Hsu, S.M. Nano-lubrication: concept and design [Text] / S.M. Hsu // Tribology International. - No37. - 2004. - P. 537-545.
5. Georges, J-M. Nanorheology of poly isoprene solutions confined between two solid surfaces. Tribology for energy conservation [Text] / J-M Georges, editors D. Dowson et al. - Elsevier Science B.V., 1998. - P. 51-62.

6. Braun, O. M. Nanotribology: microscopic mechanism of friction [Text] / O. M. Braun, A. G. Naumovets // Surface Science Reports. - № 60. - 2006. - P. 79-158.
7. Kornaeв, A. V. Rol' nanotekhnologiy v razvitiі gidrodinamicheskoy teorii smazki [Tekst] / A. V. Kornaeв, L. A. Savin, YU. S. Stepanov // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2013. - № 6 (302). - S 69-74.
8. Ginzburg, B. M. Vliyaniye fullerena C60 na iznashivaniye metallov pri frettinge [Tekst] / B. M. Ginzburg, V. A. Krasnyy, YU. P. Kozyrev, V. P. Bulatov // Pis'ma v ZHTEF. - 1997. - T. 23. - № 15. - S. 1-6.
9. Kuritsin, YU. V. Vibroshumovoye diagnostirovaniye ekspluatatsionnykh kharakteristik dvigatelya [Tekst] / YU. V. Kuritsin, V. V. Myagkov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 3. - S 11-13.
10. Fominova, O. V. Vynuzhdennyye kolebaniya vibrozashchitnoy sistemy tekhnologicheskoy mashiny s friktsionnym ispolnitel'nyim mekhanizmom [Tekst] / O. V. Fominova, V. S. Buzuev, V. I. Chernyshev, A. V. Korobko // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 2. - S. 69-74.
11. Mayorov, M. V. Diagnostirovaniye stupichnykh podshipnikov avtomobilya [Tekst] / M. V. Mayorov, V. V. Mishin, V. N. Chernyshev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 2 (41). - S. 9-16.
12. Solomin, O. V. Eksperimental'nyy stend dlya issledovaniya dinamiki i vibratsionnoy diagnostiki rotornykh sistem s kombinovannymi oporami [Tekst] / O. V. Solomin, R. N. Polyakov, M. V. Komarov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroeniye. - 2005. - № 6. - S. 9-19.
13. Pulse - Getting started. An introduction to Pulse, 2003. 123 p.
14. Midlman, T. Techeniye polimerov [Tekst] / T. Midlman. - M.: FIZMATLIT, 2007. - 368 s.
15. Tager, A. A. Fizikokhimiya polimerov [Tekst] / A. A. Tager. - 3-e izdaniye, pererab. i dop. - M.: Himiya, 1978. - 544 s.
16. Pugachev, A. O. Modelirovaniye shchetochnykh uplotneniy dlya analiza ikh vliyaniya na dinamiku rotorov [Tekst] / A. O. Pugachev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 3 (42). - S. 22-30.

Kornaeв Alexey Valerievich

FGBOU VPO «State University – ESPC»

Adress: 302020, Russia, g. Oryol, Naugorskoye shosse, 29

Candidate of science, docent of Mechatronics and international engineering department

E-mail: rusakor@inbox.ru

Chichvarin Alexander Valerievich

FGAOU VPO «STI NUST «MISiS»

Address: 309516, Russia, g. Stary Oskol, µR. Makarenko, 42

Candidate of science, docent of Physics and Chemistry department

E-mail: ach82@mail.ru

Smirnov Vitaly Petrovich

FGAOU VPO «STI NUST «MISiS»

Address: 309516, Russia, g. Stary Oskol, µR. Makarenko, 42

Candidate of science, docent of Technology and equipment in metallurgy and mechanical engineering department

E-mail: smirnovv_ps@mail.ru

Kornaeва Elena Petrovna

FGBOU VPO «State University – UNPK»

Adress: 302020, Russia, g. Oryol, Naugorskoye shosse, 29

Candidate of science, docent of Information systems department

E-mail: lenoks_box@mail.ru

Lebedinsky Vladimir Igorevich

FGAOU VPO «STI NUST «MISiS»

Address: 309516, Russia, g. Stary Oskol, µR. Makarenko, 42

Candidate of science, postgraduate student of Technology and equipment in metallurgy and mechanical engineering department

E-mail: vladimir-lebedinskij@yandex.ru

Nozdrichkin Mikhail Sergeevich

FGAOU VPO «STI NUST «MISiS»

Address: 309516, Russia, g. Stary Oskol, µR. Makarenko, 42

Candidate of science, postgraduate student of Technology and equipment in metallurgy and mechanical engineering department

E-mail: m.nozdrichkinj@gmail.com

УДК 629.3.038, 621.33

С. А. СЕРИКОВ, Ю. Н. БОРОДЕНКО, А. А. ДЗЮБЕНКО

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ АДАПТАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассмотрены концепции и принципы реализации стратегии управления гибридной силовой установкой с использованием алгоритмов адаптации к текущему ездовому циклу и ожидаемым его изменениям. Приведены результаты исследований ведущих разработчиков.

Ключевые слова: гибридная силовая установка, система автоматического управления, электропривод, ездовой цикл, возмущающие воздействия, адаптационный алгоритм.

Вопросами создания перспективных гибридных автомобилей занимаются разработчики многих стран мира. Наряду с совершенствованием силовых агрегатов автомобиля и выбором оптимальной композиции гибридной силовой установки (ГСУ), рассматриваются концепции построения систем автоматического управления (САУ) силовой установкой, характеристики которой во многом определяют экономические и экологические показатели гибридного автомобиля.

В [1] рассмотрены несколько подходов к построению САУ ГСУ, различающиеся принципами реализации стратегии управления. В [2] более детально проанализированы варианты САУ ведущих производителей, в которых стратегия управления реализована с использованием логических правил. В частности, было отмечено, что логическое управление (перераспределение мощности между силовыми агрегатами ГСУ) не позволяет учитывать особенности режимов движения автомобиля в неопределенном ездовом цикле. При этом, если стратегия управления не соответствует текущему ездовому циклу, гибридный автомобиль, в некоторых случаях, может иметь даже худшие показатели экономичности и токсичности в сравнении с обычным автомобилем [3].

Характер ездового цикла и особенности конкретной дорожной ситуации оказывают существенное влияние на функционирование ГСУ. Применение алгоритмов адаптации стратегии управления к текущему ездовому циклу позволяет более полно реализовать потенциал энергетической эффективности и экологической безопасности гибридных автомобилей. Однако существенная вычислительная сложность таких алгоритмов адаптации сдерживает их широкое применение.

Рассмотрим варианты построения и способы реализации САУ с использованием адаптационных алгоритмов на примерах гибридных установок ведущих разработчиков.

1. В [3] изложены результаты исследований, проводившихся в технологическом университете Тегерана (Electrical Engineering Department Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran). Представлена процедура синтеза адаптивной стратегии управления силовой установкой гибридного автомобиля параллельной схемы, основанная на алгоритме нейросетевой идентификации текущего режима движения. При этом, параметры текущего режима движения относятся к одному из семи видов эталонных ездовых циклов, для которых предварительно, методами теории оптимального управления, разработаны сценарии оптимального перераспределения мощности между электродвигателем и ДВС.

Целью оптимизации стратегии управления ГСУ является такое управление перераспределением мощности между её агрегатами, которое, при гарантированном обеспечении задаваемой водителем необходимой мощности, обеспечивает минимизацию потребления топлива и выброса токсичных компонентов NO_x , HC и CO в отработавших газах, а также нахождение степени заряженности (state of charge – SOC) тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) в заданном диапазоне.

Схема гибридной трансмиссии, которая исследовалась в данной работе, представлена на рисунке 1 (здесь и далее обозначения оригиналов).

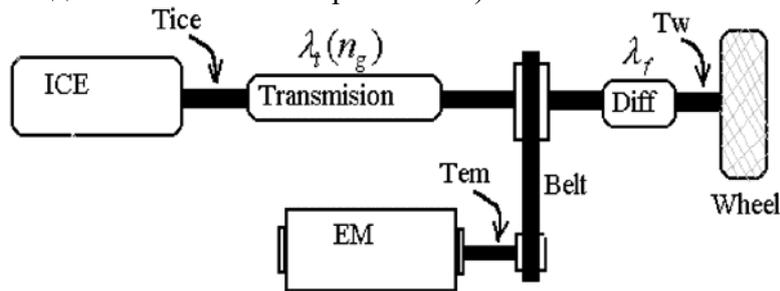


Рисунок 1 – Трансмиссия гибридного автомобиля с параллельной схемой ГСУ

В трансмиссии крутящий момент, приложенный к ведущим колёсам, определяется выражением (здесь и далее в обозначениях авторов):

$$T_w = [\lambda_i(n_g)T_{ice} + \lambda_b T_{em}] \lambda_f,$$

где T_{ice} – крутящий момент ДВС;

T_{em} – крутящий момент тягового электродвигателя;

$\lambda_i(n_g)$ – передаточное отношение коробки переключения передач, которое является функцией управляющего воздействия n_g ;

λ_b, λ_f – передаточные отношения ременной передачи тягового электропривода и главной передачи с дифференциалом соответственно.

В выражении имеется три управляемые переменные: T_{ice} , T_{em} и n_g , посредством которых осуществляется управление крутящим моментом, приложенным к ведущим колёсам.

Эталонные ездовые циклы в формате время 800 с – с коросты 160 км/час отобраны в результате взаимокорреляционного анализа испытательных ездовых циклов, используемых в корпорации Sierra Research, Inc. (Sacramento, CA), представлены семью типами (рис. 2).

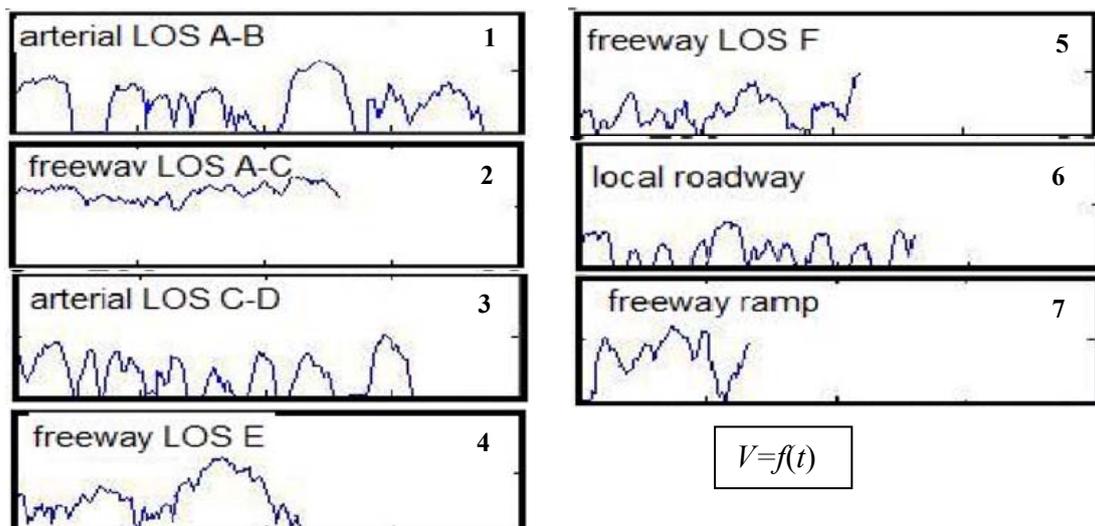


Рисунок 2 – Эталонные ездовые циклы

Для классификации текущего режима движения используется пятикомпонентный вектор, включающий среднюю скорость, максимальную скорость, длительность цикла, относи-

тельное ускорение (Relative Positive Acceleration - *RPA*) и кинетическую энергию (Positive Kinetic Energy - *PKE*)

$$RPA = x^{-1} \int Va^+ dt, \quad PKE = x^{-1} \sum (V_f^2 - V_s^2),$$

где x – общая дистанция;

V – текущая скорость автомобиля;

$a^+ = dV/dt > 0$ - ускорение автомобиля;

V_f, V_s – соответственно конечная и начальная скорости на дистанции.

Для оценки эффективности предложенной стратегии управления приведены результаты математического моделирования движения автомобиля при использовании дополнительного Федерального теста US06. Моделирование проведено для автомобиля общей массой 1350 кг с ДВС объемом 1,0 л, максимальной мощностью 75 кВт и максимальным КПД 34%; пятиступенчатой коробкой передач; электродвигателем мощностью 75 кВт с максимальным КПД 92%; аккумуляторной батареей типа VRLA с напряжением 12 В и ёмкостью 26 А·ч. Результаты моделирования иллюстрирует рисунок 3.

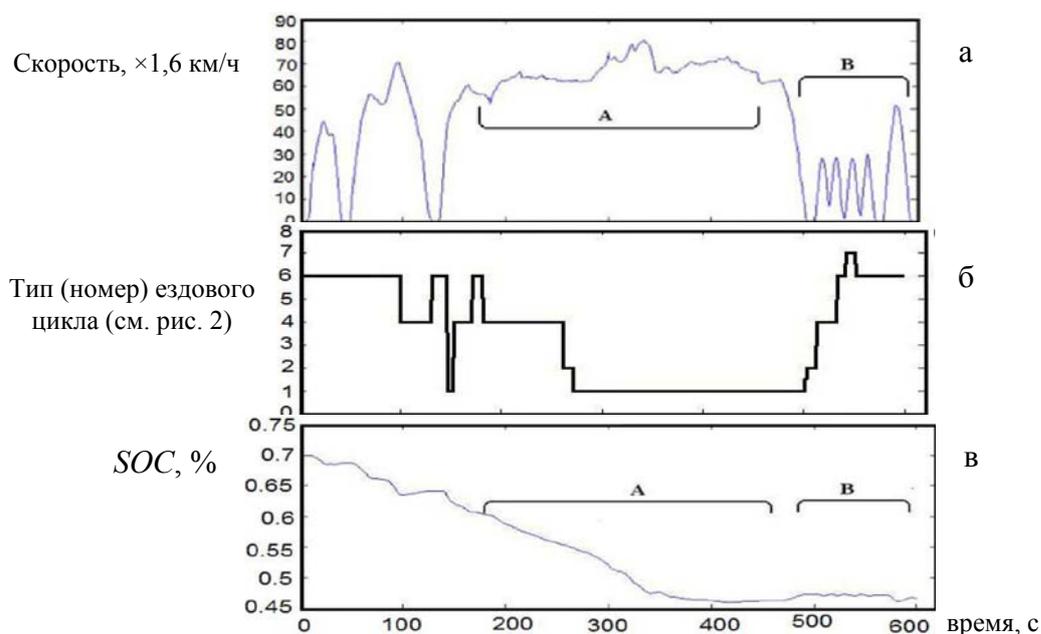


Рисунок 3 – Результаты математического моделирования адаптивного управления силовой установкой гибридного автомобиля: а – ездовой цикл US06; б – идентификация типа текущего режима движения; в – степень заряженности тяговой аккумуляторной батареи

В процессе моделирования достигнуты следующие показатели: расход топлива – 64,4 миль/галлон (4,39 л/100 км); выбросы токсичных компонентов отработавших газов: HC – 0,317 г/милю (0,51 г/км); CO – 2,659 г/милю (4,28 г/км); NO_x – 0,21 г/милю (0,338 г/км).

2. Подход к оптимизации управления ГСУ, который позволяет выбрать субоптимальное перераспределение мощности между электроприводом и ДВС, а также передаточное отношение трансмиссии с учётом характерных признаков текущего ездового цикла предложен в [4]. Процедура оптимизации предполагает определение оптимальных управляющих воздействий методом динамического программирования для шести характерных ездовых участков. Затем, в процессе движения, выбираются управляющие воздействия, определённые для участка, наиболее близкого к текущему ездовому циклу. Очевидно, что эффективность данного подхода определяется степенью соответствия текущего ездового цикла выбранному участку и при некоторых режимах движения может быть достаточно низкой. Так, в данной

работе не рассматриваются особенности классификации текущего режима движения при недостатке информации в начале движения.

3. В [5–7] предложен более сложный подход к управлению автомобилем с параллельной схемой построения ГСУ на основе использования агента интеллектуального управления энергией (Intelligent Energy Management Agent – IEMA). Система IEMA вычисляет управляющие воздействия ГСУ на основе оценки дорожной ситуации, стиля вождения водителя, текущего режима движения, прогноза режима движения.

В соответствии с выполняемыми задачами система IEMA включает четыре модуля:

– модуль сбора информации о режиме движения (Driving Information Extractor – DIE), задачей которого является определение ключевых статистических параметров текущего режима движения, определяющих общую дорожную ситуацию;

– модуль идентификации дорожной ситуации (Driving Situation Identifier – DSII), который обеспечивает идентификацию общих условий движения. Модуль DSII включает четыре компонента, задачами которых являются: определение типа дороги (Roadway Type Identifier – RTI), стиля вождения (Driver Style Identifier – DSI), изменения дорожной ситуации (Driving Trend Identifier – DTI) и режима движения (Driving Mode Identifier – DMI);

– модуль нечёткого распределения крутящего момента (Fuzzy Torque Distributor – FTD) основной функцией которого является определение наиболее эффективного распределения требуемого крутящего момента на ведущих колёсах между ДВС и электродвигателем;

– модуль коррекции степени заряженности (State of Charge Compensator – SCC) тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ), управляющий режимами заряда/разряда и поддерживающий текущий запас энергии в заданном диапазоне.

В работе системы IEMA используются технологии нейросетевой и нечёткой идентификации, где обучающие выборки нейронной сети и база правил нечётких продукций генерируются на основе результатов экспериментальных исследований. На основании полученной информации, при помощи системы нечёткого вывода, определяется стратегия перераспределения мощности между агрегатами ГСУ, приводящая к увеличению экономичности гибридного автомобиля.

В рассматриваемых работах авторы, на основании математического моделирования, проанализировали влияние различных настроек IEMA на энергетическую эффективность гибридного автомобиля для нескольких фрагментов ездовых циклов. Моделирование осуществлялось при следующих параметрах: общая масса автомобиля 1655 кг, ДВС с рабочим объемом 0,77 л и максимальной мощностью 25 кВт, тяговый электродвигатель мощностью 45 кВт, свинцово-кислотная аккумуляторная батарея ёмкостью 6 кВт·ч и весом 188 кг.

Эффективность IEMA в процессе моделирования оценивалась в терминах общего энергопотребления (интегрального показателя), учитывающего энергию потребляемого топлива и затрачиваемую энергию ТАБ. Это обстоятельство затрудняет сравнительную оценку эффективности использования IEMA по отношению к другим подходам выработки стратегии управления ГСУ, где показатели экономичности и экологической безопасности представлены в явном виде.

Недостатком предложенного подхода к управлению ГСУ является формирование базы правил нечётких продукций модуля FTD, которая собственно и определяет стратегию перераспределения мощности между ДВС и электроприводом, с учётом только одного критерия качества – топливной экономичности. При этом экологическая безопасность отработавших газов, остаточный запас энергии в ТАБ и динамическая точность управления не принимаются во внимание.

4. Концепция построения адаптивной системы управления силовой установкой гибридного автомобиля, разработанная итальянскими специалистами в университете Салерно (Department of Mechanical Engineering - University of Salerno, Italy) рассматривается в [8, 9]. Данная концепция предполагает определение оптимальных управляющих воздействий ГСУ

методом динамического программирования в скользящем окне шириной 20 с, которое получают в результате нейросетевого прогнозирования режима движения.

Исследования проводились на автомобиле общей массой 1900 кг, оснащённом ГСУ параллельного типа, включающей: четырёхцилиндровый ДВС рабочим объёмом 1242 см² и максимальной мощностью 65 кВт; трёхфазный асинхронный двигатель-генератор мощностью 30 кВт; ТАБ, состоящую из тридцати, свинцово-кислотных аккумуляторных батарей (VRLA) на 12 В. На рисунке 4 приведена исследуемая модель ГСУ, отражающая основные компоненты, обеспечивающие передачу мощности и моделирующие действия водителя.

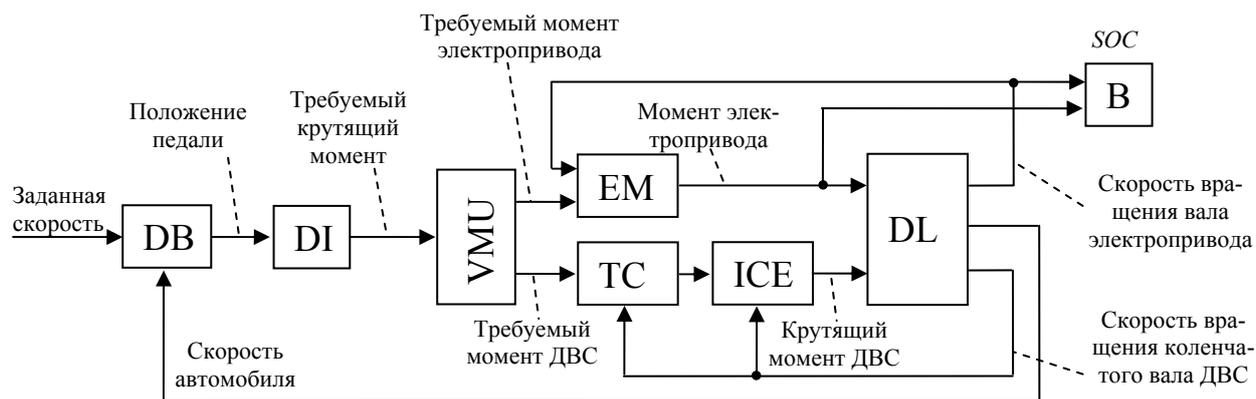


Рисунок 4 – Структурная схема модели гибридной силовой установки

На схеме DB – модель поведения водителя (Driver Behavior), которая реализована в виде системы нечёткого вывода, обеспечивающей вычисление воздействия на педаль газа при изменяющейся заданной скорости движения. Преобразование отклонения педали и его производной в требуемый крутящий момент ГСУ осуществляется модулем интерпретации водителя (Driver Interpreter block) – DI. В модуле управления перераспределением мощности (supervisory controller, Vehicle Management Unit) – VMU осуществляется оптимальное перераспределение требуемого крутящего момента между ДВС и тяговым электродвигателем. Оптимизация осуществляется непосредственно в процессе движения (on-line) методом динамического программирования на основании прогноза режима движения (нагрузки ГСУ) на 20 с вперёд. При этом, состояние ГСУ описывается двухкомпонентным вектором, включающим мощность, развиваемую ДВС $P_{ice}(t)$ и степень заряженности ТАБ $SOC(t)$. Мощность электропривода P_{em} , при этом, определяется как мощность ГСУ P_t за вычетом мощности ДВС P_{ice} . Дискретизация области состояний осуществляется с шагом 1 кВт по мощности и с шагом $4 \cdot 10^{-5}$ в диапазоне 0,65 – 0,75 по координате SOC. Целевой функцией оптимизации является минимизация потребления топлива в процессе движения.

Качество решения оптимизационной задачи в значительной степени определяется эффективностью прогнозирования, которое осуществляется при помощи рекуррентной нейронной сети на основании истории изменения режима движения. В работе использовалась нейронная сеть с 15 входами, 7 нейронами в скрытом слое и одним выходным нейроном. На первом этапе прогнозирования на входы сети подавались 15 реальных значений предшествующей нагрузки силовой установки с периодом в 1 с и осуществлялось прогнозирование нагрузки на одну секунду вперёд.

В дальнейшем, полученные выходные сигналы использовались в качестве входных на последующих этапах. Таким образом, последние 5 этапов двадцатисекундного прогнозирования осуществлялись только на основе полученных ранее значений без использования реальных данных.

Модель ДВС (Internal Combustion Engine – ICE) представлена в виде нейросетевой аппроксимации зависимости крутящего момента и токсичных выбросов от вектора состояния (давление во впускном коллекторе и скорость вращения КВ) и вектора управления (длительность управляющего импульса топливных форсунок и угла опережения зажигания) [10, 11].

Модуль управления ДВС (throttle controller – TC) вычисляет необходимое положение дроссельной заслонки как функцию требуемого крутящего момента и текущей скорости вращения коленчатого вала.

Модель тягового электродвигателя (electric machine – EM) представлена в виде двумерной таблицы, определяющей зависимость коэффициента полезного действия η электродвигателя от момента вращения/торможения T_{em} на валу и скорости вращения ротора ω_{em} в режиме двигателя/генератора. Мощность электропривода определяется из выражения:

$$P_{em} = T_{em} \cdot \omega_{em} \cdot \eta(\omega_{em}, T_{em}).$$

Мощность электропривода в режиме генератора, соответственно:

$$P_{em} = \frac{T_{em} \cdot \omega_{em}}{\eta(\omega_{em}, T_{em})}.$$

Модель трансмиссии (driveline model – DL) предназначена для вычисления скорости автомобиля, а также скоростей вращения ротора электродвигателя и коленчатого вала ДВС. В её основе лежит уравнение динамики первого порядка без учёта выключения сцепления при переключении передач:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = \tilde{T}_{ice} + \tilde{T}_{em} + \tilde{T}_{Res},$$

где J – приведенный момент инерции;

ω – скорость вращения ведущих колёс;

\tilde{T}_{ice} и \tilde{T}_{em} – приведенные моменты вращения ДВС и тягового электродвигателя;

\tilde{T}_{Res} – приведенный момент сил сопротивления.

Модель ТАБ (Batteries – B) обеспечивает вычисление SOC, токов заряда и разряда, температурного состояния и др. на основании значений получаемой или отдаваемой ею электрической мощности. Модель создана на основе блока (Energy Storage System – ESS) системы моделирования автомобиля ADVISOR [12, 13].

Для проверки эффективности предложенной концепции управления ГСУ проведено моделирование движения гибридного автомобиля на комбинированном ездовом цикле, включающем городской и загородный участки, продолжительностью 3600 с и длиной маршрута 22 км. На этом ездовом цикле последний участок, продолжительностью 1000 с (6,8 км) использовался для оценки качества управления.

Вычислительный эксперимент показал, что гибридный автомобиль с предлагаемой системой управления ГСУ обладает топливной экономичностью 16,1 км/л, (в базовом исполнении – 11,1 км/л). Если вместо результатов прогнозирования нагрузки ГСУ использовать её действительные значения, то топливная экономичность возрастает незначительно – до 16,8 км/л. Это говорит об эффективности использования нейропрогнозирования. Вместе с тем, необходимо отметить существенный недостаток предложенного подхода к синтезу стратегии управления ГСУ – оптимизация ведётся только по топливной экономичности.

5. В настоящее время доступно большое количество работ, которые демонстрируют успешное применение методов нечёткой логики для выбора стратегии управления силовыми установками гибридных автомобилей [14, 15, 16 - 19].

В [14] нечёткий контроллер используется для выбора одного из пяти режимов работы ГСУ, который наилучшим образом соответствует текущему режиму движения. Параметры нечёткого контроллера оптимизируются с использованием генетических алгоритмов. Для формулировки требований к эксплуатационным характеристикам гибридного автомобиля используются ограничения, введенные в совместной исследовательской программе правительства США и основных авто-производителей: «Партнёрство для нового поколения автомобилей» (Partnership for New Generation Vehicles – PNGV).

При выборе режима работы ГСУ необходимо учитывать, что наиболее экономичный режим ДВС не всегда соответствует наименьшим выбросам токсичных компонентов (рис. 5).



Рисунок 5 - Пример расположения оптимальных рабочих точек ДВС

Для обеспечения компромисса между топливной экономичностью и экологической безопасностью была определена целевая функция оптимизации управления в виде:

$$CostFcn = \frac{1}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4} \left(w_1 \frac{FC}{FC^*} + w_2 \frac{HC}{HC^*} + w_3 \frac{CO}{CO^*} + w_4 \frac{NO_x}{NO_x^*} \right),$$

где FC, HC, CO, NO_x – потребление топлива, выбросы несгоревших углеводородов, оксида углерода и окислов азота соответственно;

FC*, HC*, CO*, NO_x* – целевые значения указанных переменных, используемые для их нормализации;

w_i – весовые коэффициенты целевой функции (w₁ = 2; w₂ = w₃ = w₄ = 1).

Используя данную целевую функцию, для каждой конкретной скорости вращения коленчатого вала ДВС можно определить оптимальный крутящий момент (рис. 6).

Для тягового электропривода аналогичные характеристики были получены с учётом наилучшего коэффициента полезного действия электродвигателя при каждой конкретной скорости вращения ротора (рис. 7).

В рассматриваемой ГСУ определено пять возможных режимов работы: торможение (с рекуперацией энергии 60 % мощности); движение на электротяге; движение на ДВС; движение в гибридном режиме; движение на ДВС и зарядка ТАБ электродвигателем в генераторном режиме.

На основании анализа степени заряженности ТАБ и требуемой мощности, нечёткий контроллер в составе САУ, определяет оптимальный режим ГСУ и требуемую мощность на валу ДВС. Контроллер реализует систему нечёткого вывода Мамдани (Mamdani). Входные и выходная переменные включают по три терма. База правил нечётких продукций содержит 9 правил, сформулированных разработчиками эвристическим способом.

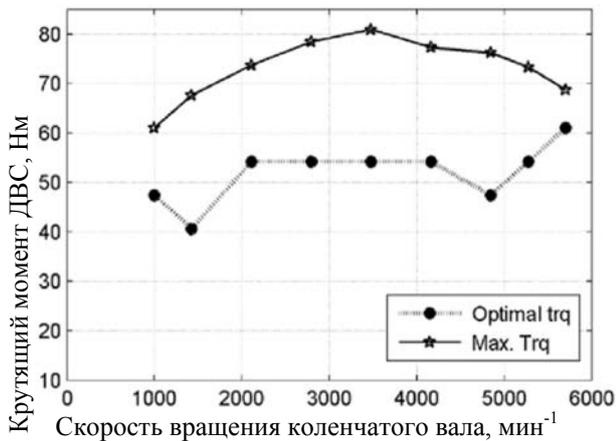


Рисунок 6 – Внешняя и оптимальная скоростные характеристики ДВС

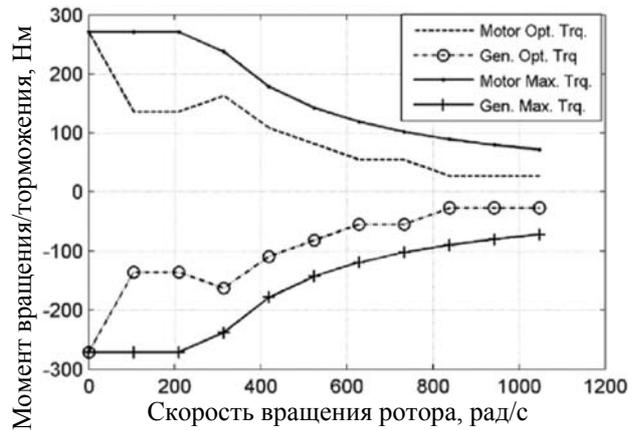


Рисунок 7 – Максимальные и оптимальные механические характеристики электропривода в режимах двигателя и генератора

После определения требуемой мощности ДВС, с учётом приведенных выше характеристик оптимальных режимов работы ДВС и электропривода, вычисляется соответствующая скорость вращения коленчатого вала, определяющую входную скорость ω_{Input} бесступенчатой коробки передач (continuously variable transmission gearbox – CVT). Скорость вращения выходного вала CVT ω_{Output} определяется текущей скоростью движения автомобиля. Таким образом, необходимое передаточное отношение CVT может быть получено из выражения:

$$GearRatio = \omega_{Input} / \omega_{Output} \cdot$$

Для улучшения качества управления, параметры функций принадлежности входных и выходных переменных нечёткого контроллера подвергаются настройке с использованием генетических алгоритмов оптимизации. При этом, для ускорения процесса настройки применена искусственная нейронная сеть прямого распространения, которая аппроксимирует зависимость показателей качества управления (FC, HC, CO и NO_x) от параметров функций принадлежности входных переменных нечёткого контроллера. Применение нейронной сети позволило сократить время расчётов более чем на 90 %.

Для проверки эффективности предлагаемого метода управления ГСУ было промоделировано движения гибридного автомобиля с использованием трёх испытательных ездовых циклов: FTP-75, NEDC и 1015. Вычислительные эксперименты производились при помощи системы моделирования автомобиля ADVISOR (Advanced Vehicle Simulator) [12, 13].

Основные параметры автомобиля, используемого в экспериментах: общая масса – 1271 кг; ДВС (Geo Metro, SI Engine) с рабочим объёмом 1,0 л, максимальной мощностью 41 кВт и максимальным крутящим моментом 81 Нм; тяговый электродвигатель (Westinghouse AC induction motor/inverter) максимальной мощностью 75 кВт и максимальным КПД 0,92; тяговая аккумуляторная батарея Ovonis NiMH HEV battery с номинальным напряжением 12 В и номинальной ёмкостью 45 Ач. Начальная степень заряженности ТАБ – 0,6.

В процессе моделирования установлено, что вид функций принадлежности входных переменных нечёткого контроллера существенно зависит от вида испытательного ездового цикла, который применялся при их настройке. Результаты экспериментов для различных ездовых циклов до и после настройки нечёткого контроллера приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования работы САУ ГСУ

| Ездовой цикл | Тип управления | FC, л/100 км | HC, г/км | CO, г/км | NO _x , г/км |
|--------------|----------------|--------------|----------|----------|------------------------|
| FTP-75 | Initial | 6,40 | 0,30 | 1,19 | 0,33 |
| | Optimized | 6,25 | 0,30 | 1,15 | 0,32 |
| NEDC | Initial | 6,51 | 0,44 | 1,46 | 0,42 |
| | Optimized | 6,43 | 0,42 | 1,39 | 0,36 |
| 1015 | Initial | 6,94 | 0,99 | 3,20 | 0,85 |
| | Optimized | 6,87 | 0,99 | 3,21 | 0,84 |

Данные таблицы подтверждают эффективность процедуры адаптации, в результате которой достигнуто снижение расхода топлива приблизительно на 2 %. Ещё одним преимуществом использования нечёткого контроллера является робастность процесса управления.

В рассматриваемой системе управления ГСУ предполагается только off-line адаптация стратегии управления к характеру ездового цикла, а также отсутствует идентификация типа ездового цикла в процессе движения. Это существенно ограничивает возможности данной системы.

6. В [20] представлены результаты исследований новых моделей и методов определения стратегии управления ГСУ в университете штата Огайо (Ohio-State University) по контракту с национальной лабораторией возобновляемой энергии США (National Renewable Energy Laboratory – NREL). Исследования проводились с использованием автомобильного симулятора ADVISOR 3.2 в вычислительной среде пакета MatLab/Simulink. Объектом исследований является автомобиль полной массой 1266 кг с параллельной схемой силовой установки, включающей: ДВС максимальной мощностью 34 кВт и фиксированным передаточным отношением трансмиссии от двигателя к ведущим колёсам; электродвигатель номинальной мощностью 25 кВт (AC Solectria ACgtx20/AC300 Induction Electric Motor); свинцово-кислотную ТАБ ёмкостью 26 А·ч (Hawker Genesis Lead Acid Battery, 25 modules).

Концепция управления, представленная в данной работе, предполагает использование системы нечёткого вывода, определяющей рабочую точку ДВС на основе управляющих воздействий со стороны водителя, степени заряженности ТАБ и оптимального крутящего момента ДВС при текущей скорости вращения коленчатого вала. При этом, оптимальный крутящий момент определяется на основании характеристических карт, отражающих зависимость удельного расхода топлива ДВС и выбросов токсичных компонентов от тягово-скоростного режима. Весовые коэффициенты учета расхода топлива и токсичных выбросов изменяются в зависимости от текущего режима движения. Режим работы ГСУ может корректироваться в зависимости от результатов прогнозирования дорожной ситуации (ожидаемых изменений скорости и рельефа местности). Для прогнозирования используется информация от глобальной системы позиционирования (Global Positioning Systems – GPS) и географической информационной системы (Geographical Information Systems – GIS).

Эффективность предложенной концепции управления ГСУ подтверждается путём сравнения результатов моделирования движения в стандартных ездовых циклах исследуемого автомобиля с моделью аналогичного автомобиля с RB – управлением (управлением, основанным на логических правилах). В городском ездовом цикле UDDC рассматриваемая САУ обеспечивает расход топлива 3,7 л/100км; выбросы токсичных компонентов: CO – 0,172 г/км; HC – 0,0579 г/км; NO_x – 1,261 г/км. В загородном ездовом цикле HWFET соответственно расход топлива составил 3,4 л/100км; выбросы токсичных компонентов: CO – 0,0676 г/км; HC – 0,0290 г/км; NO_x – 0,8415 г/км. В скоростном ездовом цикле US06 – расход топлива 4,8 л/100км, выбросы: CO – 0,0756 г/км; HC – 0,0547 г/км; NO_x – 2,637 г/км.

По результатам анализа, проведенного в статье, можно сделать следующие выводы.

Снижение расхода топлива, токсичности и поддержание заряженности ТАБ в заданном или неопределенном ездовом цикле производится на основе оценки дорожной ситуации, стиля вождения водителя, текущего режима движения, прогноза режима движения.

При реализации адаптивных САУ используются ресурсы нейросетевой технологии и нечёткой логики. Это позволяет прогнозировать режим движения на основании истории его изменения или с использованием информации от спутниковых систем GPS и GIS. При этом, значительно улучшаются показатели оперативности (настройки нечёткого контроллера) и робастности процесса управления.

Наряду с этим, как недостатки отдельных рассмотренных САУ следует отметить их ограничения связанные с настройкой нечётких систем только на один критерий оптимизации, возможность адаптации только off-line режиме, отсутствие идентификации типа ездового цикла в процессе движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сериков, С. А. Управление силовой установкой гибридных автомобилей [Текст] / С. А. Сериков, Ю. Н. Бороденко, А. А. Дзюбенко // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – № 1(44). – С. 36–44.
2. Сериков, С. А. Использование логических правил при выборе стратегии управления силовой установкой гибридных автомобилей [Текст] / С. А. Сериков, Ю. Н. Бороденко, А. А. Дзюбенко // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – № 3(46). – С.23–35.
3. Arezoo D. Abdollahi, S.K.Nikraves, M.B.Menhaj. «An Intelligent Control Strategy in a Parallel Hybrid Vehicle». Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers – Vo1.4- No.2- Fall and Winter 2007, p. 43 – 52.
4. C.C. Lin, S. Jeon, H. Peng, J.M. Lee. Driving Pattern Recognition for Control of Hybrid Electric Trucks. Vehicle System Dynamics, Vol. 42, pp. 41-58, 2004.
5. J-S. Won and R. Langari, "Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle, Part I: System Architecture and Design of the Driving Situation Identification Process," IEEE Transactions on Vehicular Technologies, Volume: 54 , Issue: 3 pp: 925 – 934.
6. J-S. Won and R. Langari, "Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle, Part II: Torque Distribution and Charge Sustenance Strategies and Performance Results", IEEE Transactions on Vehicular Technologies, Volume: 54 , Issue: 3 pp: 935 – 953;
7. Jong-Seob Won. Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle: dissertation for the degree of doctor of philosophy. Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University. May 2003– 93p
8. J. Arsie, M. Graziosi, C. Pianese, G. Rizzo, and M. Sorrentino, "Optimization of supervisory control strategy for parallel hybrid vehicle with provisional load estimate," in Proc. 7th Int. Symp. Adv. Vehicle Control (AVEC), Arnhem, The Netherlands, Aug. 2004. pp.483 – 488;
9. I Arsie, M Graziosi, C Pianese, G Rizzo, M Sorrentino. Control Strategy Optimization for Hybrid Electric Vehicles via Provisional Load Estimate / REVIEW OF AUTOMOTIVE ENGINEERING, Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE), 2005, ISSN 1349-4724 26: pp. 341-348.
10. Arsie I., Pianese C., Rizzo G., Flora R., Serra G. A Computer Code for S.I. Engine Control and Powertrain Simulation, SAE Paper 2000-01-0938, in SAE 2000 Transactions - Journal of Engines, Vol. 109-3.
11. Arsie, I., Pianese, C., and Sorrentino, M. Recurrent Neural Network Based Air-Fuel Ratio Observer for SI Internal Combustion Engines, 6th ASME-ESDA Conference, Turkey, July 8-11, 2002.
12. K. Wipke, M. Cuddy, D. Bharathan, S. Burch, V. Johnson, A. Markel, S. Sprik. Advisor 2.0: A Second-Generation Advanced Vehicle Simulator for Systems Analysis / National Renewable Energy Laboratory. Technical report. – NREL/TP-540-25928 – 1999, 11 с.
13. T. Markel, A. Brooker, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O'Keefe, S. Sprik, K. Wipke. ADVISOR: a systems analysis tool for advanced vehicle modeling / Journal of Power Sources 110 (2002) 255–266 pp.
14. Dorri, M. and Shamekhi, A., "Design of an Optimal Control Strategy in a Parallel Hybrid Vehicle in Order to Simultaneously Reduce Fuel Consumption and Emissions," SAE Technical Paper 2011-01-0894, 2011, doi:10.4271/2011-01-0894.
15. Montazeri-Gh, M., Poursamad, A., and Ghalichi, B., "Application of genetic algorithm for optimization of control strategy in parallel hybrid electric vehicles," Journal of the Franklin Institute, (343):420-435, 2006.
16. Kheir, N.A., Salman, M.A., and Schouten, N.J., "Emissions and fuel economy trade-off for hybrid vehicles using fuzzy logic", Mathematics and Computers in Simulation, (66):155-172, 2004.
17. Schouten, N.J., Salman, M.A., Kheir, N.A., "Fuzzy logic control for parallel hybrid vehicles," IEEE Transaction on Control Systems Technology, vol. 10, No. 3, May 2002, pp. 460–468.

18. Schouten, N.J., Salman, M.A., and Kheir, N.A., "Energy management strategies for parallel hybrid vehicles using fuzzy logic," Control Engineering Practice, vol.11, pp. 171-177, 2003.

19. J.-S. Won and R. Langari, "Fuzzy torque distribution control for a parallel hybrid vehicle", Expert Systems: The International Journal of Knowledge Engineering and Neural Networks, vol. 19, no. 1, pp. 4-10, February 2002.

20. Development of Fuzzy Logic and Neural Network Control and Advance Emissions Modeling for Parallel Hybrid Vehicles / A. Rajagopalan, G. Washington, G. Rizzoni, Y. Guezenec. Center for Automotive Research. The Ohio State University Columbus, Ohio. Subcontract Report – December 2003 (<http://www.osti.gov/bridge>).

Сериков Сергей Анатольевич

ХНАДУ «Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет»

Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильная электроника»

E-mail: srkv@inbox.ru

Бороденко Юрий Николаевич

ХНАДУ «Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет»

Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25

Канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Автомобильная электроника»

E-mail: srkv@inbox.ru

Дзюбенко Александр Андреевич

ХНАДУ «Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет»

Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобильная электроника»

E-mail: srkv@inbox.ru

S. A. SERIKOV, Y. N. BORODENKO, A. A. DZIUBENKO

USE OF ADAPTATION METHODS FOR HYBRID VEHICLES POWER UNIT CONTROL

The concepts and principles of hybrid power unit control strategy with using of adaptation algorithm to current driving cycle and its expected changes are considered. The results of researches leading developers are presented.

Keywords: hybrid power setting, storage batteries, automatic control system, electric drive, transportation cycle, disturbing influence, adaptive algorithm.

BIBLIOGRAPHY

1. Serikov S.A. Upravlenie silovoy ustanovkoy gibridnykh avtomobiley [Text] / S.A. Serikov, YU.N. Borodenko, A.A. Dzyubenko // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 1(44). - S.36-44.

2. Serikov S.A. Ispol'zovanie logicheskikh pravil pri vybore strategii upravleniya silovoy usta-novkoy gibridnykh avtomobiley [Text] / S. A. Serikov, YU. N. Borodenko, A. A. Dzyubenko // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 3(46). - S.23-35.

3. Arezoo D. Abdollahi, S.K.Nikraves, M.B.Menhaj. «An Intelligent Control Strategy in a Parallel Hybrid Vehicle». Journal of Iranian Association of Electrical and Electronics Engineers – Vol.4- No.2- Fall and Winter 2007, p. 43 – 52.

4. C.C. Lin, S. Jeon, H. Peng, J.M. Lee. Driving Pattern Recognition for Control of Hybrid Electric Trucks. Vehicle System Dynamics, Vol. 42, pp. 41-58, 2004.

5. J-S. Won and R. Langari, "Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle, Part I: System Architecture and Design of the Driving Situation Identification Process," IEEE Transactions on Vehicular Technologies, Volume: 54, Issue: 3 pp: 925 – 934.

6. J-S. Won and R. Langari, "Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle, Part II: Torque Distribution and Charge Sustenance Strategies and Performance Results", IEEE Transactions on Vehicular Technologies, Volume: 54, Issue: 3 pp: 935 – 953;
7. Jong-Seob Won. Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle: dissertation for the degree of doctor of philosophy. Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University. May 2003– 93p
8. J. Arsie, M. Graziosi, C. Pianese, G. Rizzo, and M. Sorrentino, "Optimization of supervisory control strategy for parallel hybrid vehicle with provisional load estimate," in Proc. 7th Int. Symp. Adv. Vehicle Control (AVEC), Arnhem, The Netherlands, Aug. 2004. pp.483 – 488;
9. I. Arsie, M. Graziosi, C. Pianese, G. Rizzo, M. Sorrentino. Control Strategy Optimization for Hybrid Electric Vehicles via Provisional Load Estimate / REVIEW OF AUTOMOTIVE ENGINEERING, Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE), 2005, ISSN 1349-4724 26: pp. 341-348.
10. Arsie I., Pianese C., Rizzo G., Flora R., Serra G. A Computer Code for S.I. Engine Control and Powertrain Simulation, SAE Paper 2000-01-0938, in SAE 2000 Transactions - Journal of Engines, Vol. 109-3.
11. Arsie, I., Pianese, C., and Sorrentino, M. Recurrent Neural Network Based Air-Fuel Ratio Observer for SI Internal Combustion Engines, 6th ASME-ESDA Conference, Turkey, July 8-11, 2002.
12. K. Wipke, M. Cuddy, D. Bharathan, S. Burch, V. Johnson, A. Markel, S. Sprik. Advisor 2.0: A Second-Generation Advanced Vehicle Simulator for Systems Analysis / National Renewable Energy Laboratory. Technical report. – NREL/TP-540-25928 – 1999, 11 c.
13. T. Markel, A. Brooker, T. Hendricks, V. Johnson, K. Kelly, B. Kramer, M. O'Keefe, S. Sprik, K. Wipke. ADVISOR: a systems analysis tool for advanced vehicle modeling / Journal of Power Sources 110 (2002) 255–266 pp.
14. Dorri, M. and Shamekhi, A., "Design of an Optimal Control Strategy in a Parallel Hybrid Vehicle in Order to Simultaneously Reduce Fuel Consumption and Emissions," SAE Technical Paper 2011-01-0894, 2011, doi:10.4271/2011-01-0894.
15. Montazeri-Gh, M., Poursamad, A., and Ghalichi, B., "Application of genetic algorithm for optimization of control strategy in parallel hybrid electric vehicles," Journal of the Franklin Institute, (343):420-435, 2006.
16. Kheir, N.A., Salman, M.A., and Schouten, N.J., "Emissions and fuel economy trade-off for hybrid vehicles using fuzzy logic", Mathematics and Computers in Simulation, (66):155-172, 2004.
17. Schouten, N.J., Salman, M.A., Kheir, N.A., "Fuzzy logic control for parallel hybrid vehicles," IEEE Transaction on Control Systems Technology, vol. 10, No. 3, May 2002, pp. 460–468.
18. Schouten, N.J., Salman, M.A., and Kheir, N.A., "Energy management strategies for parallel hybrid vehicles using fuzzy logic," Control Engineering Practice, vol.11, pp. 171-177, 2003.
19. J.-S. Won and R. Langari, "Fuzzy torque distribution control for a parallel hybrid vehicle", Expert Systems: The International Journal of Knowledge Engineering and Neural Networks, vol. 19, no. 1, pp. 4-10, February 2002.
20. Development of Fuzzy Logic and Neural Network Control and Advance Emissions Modeling for Parallel Hybrid Vehicles / A. Rajagopalan, G. Washington, G. Rizzoni, Y. Guezennec. Center for Automotive Research. The Ohio State University Columbus, Ohio. Subcontract Report – December 2003 (<http://www.osti.gov/bridge>).

Serikov Sergey Anatolevich

KhNAHU «Kharkov national automobile and highway University»
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25
Assistant professor, cand. eng. sc. of the Department «Automobile electronic»
E-mail: srkv@inbox.ru

Borodenko Yuri Nikolayevich

KhNAHU «Kharkov national automobile and highway University»
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25
Assistant professor, cand. physic.-math. sc. of the Department «Automobile electronic»
E-mail: srkv@inbox.ru

Dziubenko Alexander Andreyevich

KhNAHU «Kharkov national automobile and highway University»
Address: 61002, Ukraine, Kharkov, street Petrovsky, 25
Assistant professor, cand. eng. sc. of the Department «Automobile electronic»
E-mail: srkv@inbox.ru

УДК 629.3

А. Н. НОВИКОВ, В. И. ЧЕРНЫШЕВ, А. А. КАТУНИН, М. Д. ТЕБЕКИН

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ШАРОВОГО ШАРНИРА В УСЛОВИЯХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Произведен анализ конструкции и принципа работы стенда для испытания и диагностирования шаровых шарниров. Составлена его расчетная схема, определены допущения и ограничения при математическом моделировании. Разработана и обоснована математическая модель подвески автомобиля. Выполнена реализация математической модели в программной среде Mathcad.

Ключевые слова: диагностирование, математическая модель, шаровый шарнир, виброускорение, программная среда.

Основным фактором, определяющим техническое состояние шаровых шарниров легковых автомобилей, является осевой зазор h (рис. 1). В зависимости от типа конструкции и габаритных размеров, при достижении критического значения величины осевого зазора изделие признается непригодным для дальнейшей эксплуатации [7].

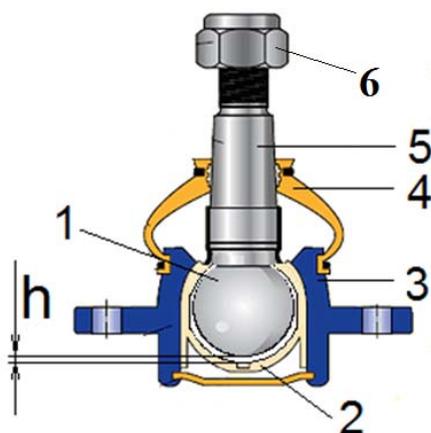


Рисунок 1 – Общий вид шарового шарнира в разрезе:

1 - сферическая головка шарового пальца, 2 - полимерный вкладыш, 3 - корпус шарового шарнира, 4 - защитный чехол, 5 - шаровой палец, h - зазор между вкладышем и головкой шарового пальца

динамики в этом диапазоне обычно проводится путём разбиения системы на ряд подсистем со связями, характеризуемыми параметрами типа динамической жесткости, импеданса, податливости [1].

Наиболее перспективными, с точки зрения точности и скорости выявления неисправностей шарового шарнира как в условиях эксплуатации, так и при проведении стендовых испытаний, являются диагностические методы, основанные на применении емкостных вибрационных датчиков, устанавливаемых на поворотном кулаке и корпусе шаровой опоры. Их относительное перемещение вызывает изменение электрического сигнала, который можно преобразовать в величину зазора [9].

Колебания среднечастотного диапазона обычно обусловлены наличием нелинейных элементов в системе, нарушением геометрии кинематических пар, а также наличием случайного возбуждения, являющегося результатом воздействия технологических, кинематических, регулировочных и других случайных факторов. Анализ

При выявлении диагностических признаков важным является только относительное изменение того или иного параметра модели и его влияние на вибросигнал. В нашем случае диагностическим признаком является перемещение пальца относительно корпуса шарнира в вертикальной плоскости в виду наличия зазора между полимерным вкладышем и шаровым пальцем. Это перемещение при работе подвески приводит к выработке зазора и контакте пальца с полимерным вкладышем, что обуславливает появление вибраций в шарнире.

Для диагностирования и испытаний элементов подвески используется стенд (рис. 2), который позволяет определять в техническое состояние шаровых шарниров [2].

Основными элементами стенда являются: I – диагностируемый механизм шарового шарнира (рычаг подвески 1, жестко соединённый с корпусом шарового шарнира 3 с противоположной стороны имеет подвижное шарнирное соединение 6 с рамой стенда 12, которое позволяет перемещаться рычагу относительно шарнира в вертикальной плоскости и исполнительный механизм II (палец шарового шарнира 2, гайка крепления пальца 4, поворотный кулак 8, ступичный подшипник 7, гидроцилиндр 1 и направляющий элемент 10). Частота кинематических возмущений исполнительного механизма изменяется в диапазоне $6 - 18 \text{ с}^{-1}$. Имитация работы подвески обеспечивается за счет движения гидроцилиндра 1 (рисунок 2).

Расчетную схему испытательного стенда можно представить в виде блочной структуры (рис. 3) [3]. Основой стенда служит рама 1.

Первый блок отображает диагностируемый механизм I. Он состоит из массы m_1 3 (масса корпуса шарового шарнира 3, масса вибродатчика 7, приведенная масса рычага подвески 1), упругого элемента 2 с коэффициентом жесткости c_1 (жесткость рычага 5 с учетом упругих свойств шарнирного соединения 6) Н/м, демпфера 8 с вязкостным сопротивлением b_1 , Нс/м.

Второй блок отображает исполнительный механизм II. Он состоит из массы m_2 5 (палец шарового шарнира 2, гайка крепления пальца 4, поворотный кулак 8, ступичный подшипник 7, гидроцилиндр 1 и направляющий элемент 10), упругого элемента 4 с коэффициентом жесткости c_2 , Н/м (жесткость полимерного вкладыша 2 с учетом возможного зазора h), демпфера 6 с вязкостным сопротивлением b_2 , Нс/м.

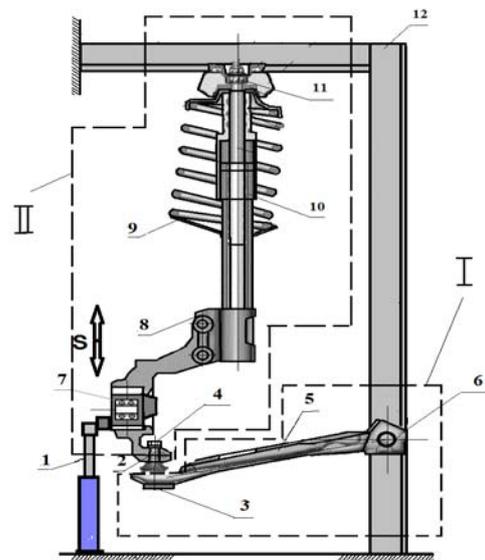


Рисунок 2 - Общий вид стенда для диагностирования подвески:

I – диагностируемый механизм, II – исполнительный механизм, 1 – гидроцилиндр, 2 – палец шарового шарнира, 3 – корпус шарового шарнира, 4 – гайка крепления пальца, 5 – рычаг, 6 – шарнирное соединение, 7 – ступичный подшипник, 8 – поворотный кулак, 9 – пружина, 10 – направляющий элемент, 11 – опорный подшипник, 12 – рама

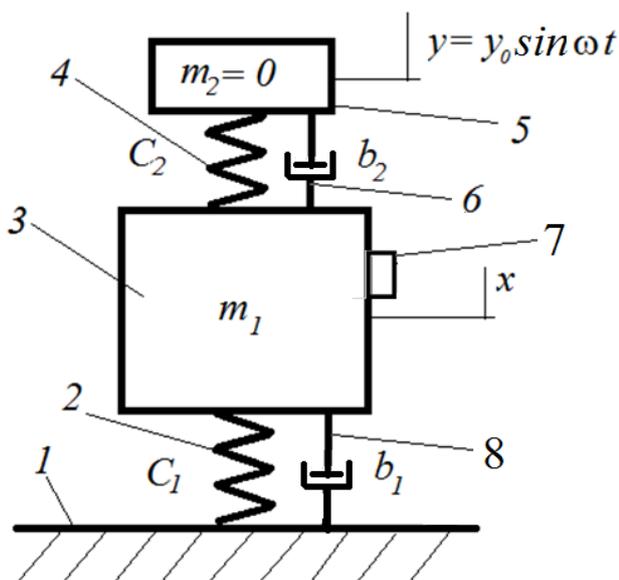


Рисунок 3 – Расчетная схема испытательного стенда

При составлении математической модели используем следующие допущения:

- 1) В рассматриваемом диапазоне амплитуд кинематического гармонического воздействия, коэффициент жесткости c_1 считается постоянным (система линейна);
- 2) Сухим трением в шаровом шарнире пренебрегаем. Диссипативные силы в сочленениях b_1 и b_2 (силы вязкого сопротивления) – линейно зависят от скорости, причем $b_2 \ll b_1$;
- 3) Исполнительный механизм II обеспечивает заданное принудительное линейное смещение шарового пальца 2, поэтому в расчётной схеме масса $m_2 = 0$;
- 4) Полимерный вкладыш является упругой средой. При наличии зазора h между головкой и вкладышем их упругое взаимодействие описывается кусочно-линейной характеристикой ($c_2 \rightarrow \infty$, если $|x - y| \leq h$; $c_2 = 0$, если $|x - y| > h$).

Математическая модель испытательного стенда может быть представлена в виде дифференциального уравнения:

$$m_1 \ddot{x} + b_1 \dot{x} + c_1 x + (\dot{x} - \dot{y})b_2 + (x - y)c_2 = 0, \quad (1)$$

где x – вертикальное перемещение массы m_1 ;

$y(t) = y_0 \sin \omega t$ – кинематическое воздействие (принудительное смещение «безынерционной части установки» массы m_2).

Частота кинематических возмущений ω изменяется в диапазоне $6 - 18 \text{ с}^{-1}$.

Преобразуем дифференциальное уравнение (1) к безразмерному виду:

$$m_1 \ddot{x} + (b_1 + b_2) \dot{x} + (c_1 + c_2)x = b_2 y_0 \omega \cos \omega t + c_2 y_0 \sin \omega t; \quad |x| \times \frac{1}{m_1 y_0 \omega^2}, \quad (2)$$

$$\frac{\ddot{x}}{y_0 \omega^2} + \frac{b_1 + b_2}{m_1 k} \frac{\dot{x}}{y_0 \omega} \frac{k}{\omega} + \frac{c_1 + c_2}{m_1 k^2} \frac{x}{y_0} \frac{k^2}{\omega^2} = \frac{b_2}{m_1 k} \frac{y}{y_0} \frac{k}{\omega} \frac{k}{\omega} + \frac{c_2}{m_1 k^2} \frac{y}{y_0} \frac{k^2}{\omega^2}, \quad (3)$$

где $k = \sqrt{\frac{c_1}{m_1}}$, с^{-1} – собственная частота колебаний массы m_1 .

$$\ddot{\xi} + \frac{s_1 + s_2}{\eta} \dot{\xi} + \frac{g_1 + g_2}{\eta^2} \xi = \frac{s_2}{\eta} \cos \tau + \frac{g_2}{\eta^2} \sin \tau. \quad (4)$$

где $\xi = \frac{x}{y_0}$, $\dot{\xi} = \frac{\dot{x}}{y_0 \omega}$, $\ddot{\xi} = \frac{\ddot{x}}{y_0 \omega^2}$ – безразмерные переменные: смещение, скорость и ускорение массы m_1 ;

$\eta = \frac{\omega}{k}$ – относительная частота, c^{-1} ;

$\tau = \omega t$ – безразмерное время;

$\varepsilon_1 = \frac{b_1 + b_2}{m_1 k}$ и $\varepsilon_2 = \frac{b_2}{m_1 k}$ – коэффициенты демпфирования (безразмерные параметры);

$g_1 = \frac{c_1 + c_2}{m_1 k^2}$ и $g_2 = \frac{c_2}{m_1 k^2}$ – коэффициенты жесткости.

В процессе моделирования учитываем вибрации, которые генерируются испытательным стендом (работа электродвигателя, насоса, гидрораспределителя, гидроцилиндра). Данные вибрации принимаем близкими к усеченному белому шуму. Белый шум – случайный сигнал, отсчеты которого не коррелируются друг с другом, и его разновидность – белый гауссовский шум, отсчеты которого подчиняются гауссовскому (нормальному) распределению [4].

$$\begin{aligned} x_0 &= \xi, x_1 = \dot{\xi}, \\ x'_0 &= x_1, \\ x'_1 &= -\frac{s_1}{\eta} x_1 - \frac{g_1}{\eta^2} x_0 + \frac{s_2}{\eta} \cos(\tau) + \frac{g_2}{\eta^2} \sin(\tau). \end{aligned}$$

Далее уравнение (1) умножаем на выражение $\frac{1}{m_1 y_0 \omega^2}$ и используя ранее введенные

обозначения $\ddot{\xi} = \frac{x''}{y_0 \omega^2}$, $\dot{\xi} = \frac{x'}{y_0 \omega}$, $\xi = \frac{x}{y_0}$,

получаем
$$\ddot{\xi} + \frac{b_1}{m_1 k \eta} \dot{\xi} + \frac{c_1}{m_1 k^2 \eta^2} \xi + \frac{b_2}{m_1 k \eta} (\dot{\xi} - \cos \tau) + \frac{c_2}{m_1 k^2} * \frac{1}{\eta^2} (\dot{\xi} - \sin \tau) = 0. \quad (8)$$

Вносим ограничения и условия для жесткости c_2 и вязкости b_2 :

$$\begin{aligned} c_2 &= \begin{cases} 0, & \text{if } h < (x - y) \\ c_0 \dots \end{cases}, \\ b_2 &= \begin{cases} 0, & \text{if } h < (x - y) \\ b_0 \dots \end{cases}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddot{\xi} + \frac{s_1}{\eta} \dot{\xi} + \frac{g_1}{\eta^2} \xi + \left[\frac{s_2}{\eta} (\dot{\xi} - \cos \tau) + \frac{g_2}{\eta^2} (\dot{\xi} - \sin \tau) \right] \text{if} (|\dot{\xi} - \sin \tau| < h, 0, 1) = 0, \\ \text{if} (|\dot{\xi} - \sin \tau| < h, 0, g_2), \\ \text{if} (|\dot{\xi} - \sin \tau| < h, 0, s_2). \end{aligned}$$

Расчеты проводим в программной среде Mathcad [5]. Исходные данные для расчёта уравнений приведенных к безразмерному виду:

$$nt := 20, s_1 := 10, \eta := 1,0, h := 0,05, s_2 := 0, g_1 = 1, g_2 = 8,$$

где g_1 – коэффициент жесткости ($g_1 \leftrightarrow c_1$);

g_2 – коэффициент жесткости ($g_2 \leftrightarrow c_2$);

s_1 – коэффициент демпфирования ($s_1 \leftrightarrow b_1$);

s_2 – коэффициент демпфирования ($s_2 \leftrightarrow b_2$);

$$\begin{aligned} c_2 &= \begin{cases} \rightarrow \infty, & |x - y| \leq h \\ 0, \dots \end{cases}, \\ g_2 &= \begin{cases} \rightarrow \infty, & |\dot{\xi} - \sin \tau| \leq \Delta \\ 0, \dots \end{cases}, \\ \Delta &= \frac{h}{y_0}, \end{aligned} \quad (5)$$

где Δ – безразмерный зазор.

Далее составляем матрицы и используем функцию *rkfixed* среды Mathcad, производим вычисления для уравнений, приведенных к безразмерному виду:

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$D(t, x) = \left(-\frac{s1}{\eta}x_1 + \frac{g1}{\eta^2}x_0 + \left[\frac{-s2(x_1 - \cos(t))}{\eta} + \frac{g2(x_0 - \sin(t))}{\eta^2} \right] \text{if}(|x_0 - \sin(t)| < h, 0, 1) \right)$$

$$z := \text{rkfixed}(x, 0, nt, N, D), \quad i:=0..N,$$

$$Zw1_i := \frac{-s2Z_{i,2}}{\eta} + \frac{-g1Z_{i,1}}{\eta^2},$$

$$Zw2_i = \left[\frac{-s2(Z_{i,2} - \cos(Z_{i,0}))}{\eta} + \frac{-g2(Z_{i,1} - \sin(Z_{i,0}))}{\eta^2} \right] \text{if}(|Z_{i,1} - \sin(Z_{i,0})| < h, 0, 1),$$

$$Zw_i := Zw1_i + Zw2_i.$$

После внесения всех ограничений, условий и составления программы, строим график зависимости виброускорения от времени, где по оси абсцисс задаем время, по оси ординат – виброускорение. Основным исследуемым параметром при этом является безразмерный зазор – Δ , который зависит от размерного зазора h и перемещения массы m_1 - уравнение (5). Значения величины Δ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение величин h и Δ

| Значение величины h , мм | Значение величины Δ | Значение величины h , мм | Значение величины Δ |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0,01 | 0,001 | 0,6 | 0,06 |
| 0,1 | 0,01 | 0,8 | 0,08 |
| 0,2 | 0,02 | 0,9 | 0,09 |
| 0,4 | 0,04 | | |

Изменяя значение величины Δ в пределах от 0,001, до 0,09 (табл. 1) получаем графики зависимости виброускорения от времени (рис. 3).

Анализ полученных зависимостей показал, что на форму графика так же влияют следующие входные параметры системы: $g1$, $g2$, $s1$, $s2$, η , $md(m)$ Другие параметры системы – N , $y0$, t , vk либо не влияют на форму графика, либо их значение минимально.

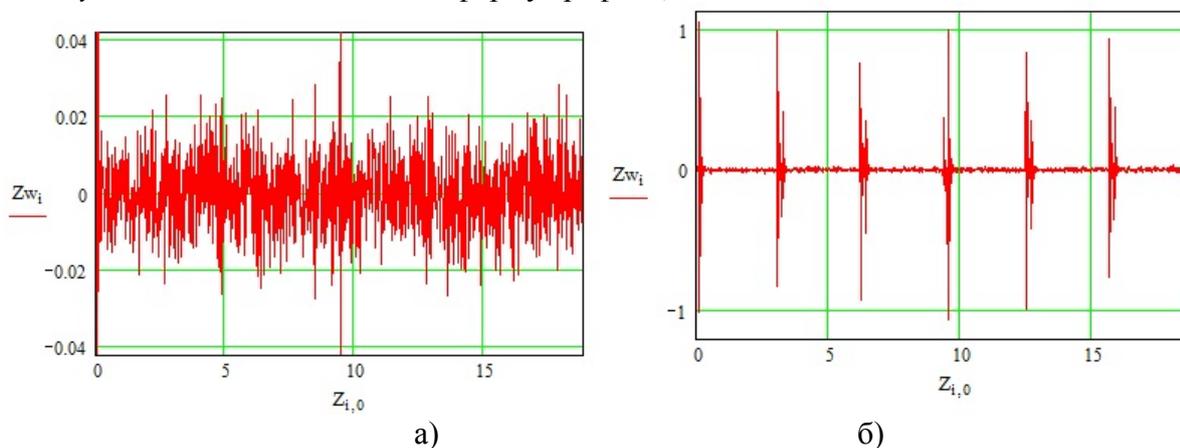


Рисунок 3 – График виброускорения, полученный в программе Mathcad для уравнений, приведенных к безразмерному виду, при следующих значениях величины безразмерного зазора Δ : а) 0,001; б) 0,09

Реализованная в программной среде Mathcad математическая модель позволила установить, что основное влияние на величину виброускорения оказывают осевой безразмерный зазор Δ в шаровом шарнире, $g1$ и $g2$ - коэффициенты жесткости в соединениях рычага подвески и шарового шарнира соответственно, $s1$ и $s2$ - коэффициенты демпфирования в соединениях рычага подвески и шарового шарнира соответственно, η - относительная частота, $md(m)$ - функция, имитирующая белый шум. Что подтверждает правомерность примене-

ния метода вибродиагностирования при определении технического состояния шаровых шарниров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамическое моделирование неисправностей кремоосбивальной машины марки КС// Вибродиагностика и цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] URL: <http://www.sig-nal.narod.ru/Dinamika5.htm> (дата обращения 14.10.2014).
2. Пат. 2483287 Российская Федерация, МПК, G01M 17/04. Стенд для испытания элементов передней подвески легковых автомобилей/М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков -№ 2011122131/11, заявл. 31.05.11, опубл. 27.05.13, бюл. № 15.
3. Лашко, А. Г. Обоснование рациональных параметров вибрационного катка с пневмошинным рабочим органом для уплотнения грунтов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. - 179 с. ил. Омск, 2012.
4. Воскобойников, Ю. Е. Фильтрация сигналов и изображений: Фурье и Вейвлет алгоритмы [Текст]: монография / Ю. Е. Воскобойников, А. В. Гочаков, А. Б. Колкер. - Новосибирск, 2010, - 195 с.
5. MatCAD для студентов [Текст]: учебный практикум / С. В. Алябьева, Е. П. Борматова, М. В. Данилова и др. - Петрозаводск, 2007. - 154 с.
6. Тебекин, М. Д. Проблемы эксплуатации шаровых опор легковых автомобилей [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 3 (30). - С. 42-45.
7. Тебекин, М. Д. Анализ повреждений шаровых шарниров [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков, С. Ю. Радченко // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 1 (36). - С. 8-14.
8. Тебекин, М. Д. Современные способы стендовых испытаний шаровых шарниров [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 4 (31). - С. 27-34.
9. Тебекин, М. Д. Ускоренные испытания шаровых опор передней подвески легковых автомобилей [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 1 (32). - С. 41-44.
10. Тебекин, М. Д. Стендовые испытания ресурса шаровых опор [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 3 (34). - С. 39-42.
11. Тебекин, М. Д. Особенности определения технического состояния шаровых шарниров [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - № 2 (45). - С. 14-20.
12. Тебекин, М. Д. Вибрации как средство определения зазора в шарнирных узлах автомобилей [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков, Е. В. Фабричный // Traffic management and road safety issues in European cities: междунар. науч.-практ. конф. – Прага. - 2014.
13. Тебекин, М. Д. Вибродиагностика как способ определения технического состояния шаровых элементов подвески автомобиля [Текст] / М. Д. Тебекин, А. А. Катунин, А. Н. Новиков // Автотранспортное предприятие. - 2014. - №11. - С. 25-27.
14. Катунин, А. А. Технологическое обеспечение качества сферических головок шаровых пальцев обкаткой бесшарнирным инструментом//автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук [Текст] / Орел: Орловский государственный технический университет, 2009.
15. Гун, И. Г. Совершенствование технологической системы изготовления шаровых шарниров [Текст] / И. Г. Гун. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 416 с.
16. Катунин, А. А. Моделирование процесса ротационной обкатки неполных сферических поверхностей шаровых пальцев [Текст] / А. А. Катунин, Ю. С. Степанов // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2008. - №10. - С.16-19.
17. Лапчинский, В. В. Определение закономерности изменения технического состояния шаровых пальцев передней подвески автомобилей [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / В. В. Лапчинский; Оренбург, гос. ун-т. - 18 с.
18. Селихов, А. В. Исследование работы подшипника по параметрам его электрического сопротивления [Текст] / А. В. Селихов, В. В. Мишин, К. В. Подмастерьев, В. В. Семенов, М. В. Майоров, В. Н. Чернышов, К. В. Шаталов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2010. - №5-2/(283). - С. 108-116.
19. Селихов, А.В. Экспериментальное исследование электрического сопротивления (проводимости) подшипника качения как диагностического параметра [Текст]/А.В. Селихов, В.В. Мишин, М.В. Майоров, А.А. Катыхин, К.В. Шаталов, В.И. Некрасов//Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2010. -№6-2/(284). -с. 25-34.
20. Костюков, А. В. Формирование вектора независимых диагностических признаков технического состояния роторных агрегатов [Текст] / А. В. Костюков // Сб. науч. тр. по проблемам двигателестроения, посвященный 175-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана. - М. - 2005. - С. 26-29.

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

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

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис и ремонт машин»
E-mail: novikov@ostu.ru

Чернышев Владимир Иванович
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Динамика и прочность машин»
E-mail: srmostu@mail.ru

Гордон Владимир Александрович
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, 77
Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Высшая математика»
E-mail: gordon@ostu.ru; kvm@ostu.ru

Катунин Андрей Александрович
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, 77
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»
E-mail: katunin57@gmail.com

Тебекин Максим Дмитриевич
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет-УНПК»
Адрес: Россия, 302030, г. Орел, ул. Московская, 77
Ассистент кафедры «Сервис и ремонт машин»
E-mail: tebekin_maksim@mail.ru

M. D. TEBEKIN, A. A. KATUNIN, A. N. NOVIKOV, V. I CHERNYSHEV

MATHEMATICAL MODELLING OF TECHNICAL CONDITION OF THE SPHERICAL HINGE IN THE CONDITIONS OF BENCH TESTS

The analysis of a design and the principle of operation of the stand is made for test and diagnosing of spherical hinges. Its settlement scheme is made, assumptions and restrictions at mathematical modeling are defined. The mathematical model of a suspension bracket of the car is developed and proved. Realization of mathematical model in the program Mathcad environment is executed.

Keywords: diagnosing, mathematical model, шаровый хвостик, вибрация ускорения, программа environment.

BIBLIOGRAPHY

1. Dinamicheskoe modelirovanie neispravnostey kremosbival'noy mashiny marki KS// Vibrodia-gnostika i tsifrovaya obrabotka signalov [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.sig-nal.narod.ru/Dinamika5.htm> (data obrashcheniya 14.10.2014).
2. Pat. 2483287 Rossiyskaya Federatsiya, MPK, G01M 17/04. Stend dlya ispytaniya elementov peredney podveski legkovykh avtomobiley/M. D. Tebekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov -№ 2011122131/11, zayavl. 31.05.11, opubl. 27.05.13, byul. № 15.
3. Lashko, A. G. Obosnovanie ratsional'nykh parametrov vibratsionnogo katka s pnevmoshinnym rabo-chim organom dlya uplotneniya gruntov [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04. - 179 s. il. Omsk, 2012.
4. Voskoboynikov, YU. E. Fil'tratsiya signalov i izobrazheniy: Fur'e i Veyvlet algoritmy [Tekst]: monografiya / YU. E. Voskoboynikov, A. V. Gochakov, A. B. Kolker. - Novosibirsk, 2010, - 195 s.
5. MatCAD dlya studentov [Tekst]: uchebnyy praktikum / S. V. Alyab'eva, E. P. Bormatova, M. V. Dani-lova i dr. - Petrozavodsk, 2007. - 154 s.
6. Tebekin, M. D. Problemy ekspluatatsii sharovykh opor legkovykh avtomobiley [Tekst] / M. D. Tebe-kin, A. A. Katunin, A. N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 3 (30). - S. 42-45.
7. Tebekin, M. D. Analiz povrezhdeniy sharovykh sharnirov [Tekst] / M. D. Tebekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov, S. YU. Radchenko // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - № 1 (36). - S. 8-14.
8. Tebekin, M. D. Sovremennyye sposoby stendovykh ispytaniy sharovykh sharnirov [Tekst] / M. D. Te-bekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 4 (31). - S. 27-34.
9. Tebekin, M. D. Uskorennyye ispytaniya sharovykh opor peredney podveski legkovykh avtomobiley [Tekst] / M. D. Tebekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 1 (32). - S. 41-44.

10. Tebekin, M. D. Stendovye ispytaniya resursa sharovykh opor [Tekst] / M. D. Tebekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 3 (34). - S. 39-42.
11. Tebekin, M. D. Osobennosti opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya sharovykh sharnirov [Tekst] / M. D. Tebekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 2 (45). - S. 14-20.
12. Tebekin, M. D. Vibratsii kak sredstvo opredeleniya zazora v sharnirnykh uzlakh avtomobiley [Tekst] / M. D. Tebekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov, E. V. Fabrichnyy // Traffic management and road safety issues in European cities: mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Praga. - 2014.
13. Tebekin, M. D. Vibrodiagnostika kak sposob opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya sharovykh elementov podveski avtomobilya [Tekst] / M. D. Tebekin, A. A. Katunin, A. N. Novikov // Avtotransportnoe pred-priyatie. - 2014. - №11. - S. 25-27.
14. Katunin, A. A. Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva sfericheskikh golovok sharovykh pal'tsev obkatkoy besseparatnym instrumentom//avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Tekst] / Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet, 2009.
15. Gun, I. G. Sovershenstvovanie tekhnologicheskoy sistemy izgotovleniya sharovykh sharnirov [Tekst] / I. G. Gun. - M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2000. - 416 s.
16. Katunin, A. A. Modelirovanie protsessa rotatsionnoy obkatki nepolnykh sfericheskikh poverkhno-stey sharovykh pal'tsev [Tekst] / A. A. Katunin, YU. S. Stepanov // Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya. - 2008. - №10. - S.16-19.
17. Lapchinskyy, V. V. Opredelenie zakonmernosti izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya sharovykh pal'tsev peredney podveski avtomobiley [Tekst]: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.22.10 / V. V. Lapchinskiiy; Orenburg, gos. un-t. - 18 s.
18. Selikhov, A. V. Issledovanie raboty podshipnika po parametram ego elektricheskogo soprotivleniya [Tekst] / A. V. Selikhov, V. V. Mishin, K. V. Podmaster'ev, V. V. Semenov, M. V. Mayorov, V. N. Chernyshov, K. V. Shatalov // Fundamental' nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2010. - №5-2/(283). - S. 108-116.
19. Selikhov, A.V. Eksperimental' noe issledovanie elektricheskogo soprotivleniya (provodimosti) podshipnika kacheniya kak diagnosticheskogo parametra [Tekst]/A.V. Selikhov, V.V. Mishin, M.V. Mayorov, A.A. Katykhin, K.V. Shatalov, V.I. Nekrasov//Fundamental' nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. -2010. -№6-2/(284). -s. 25-34.
20. Kostyukov, A. V. Formirovanie vektora nezavisimykh diagnosticheskikh priznakov tekhnicheskogo sostoyaniya rotornykh agregatov [Tekst] / A. V. Kostyukov // Sb. nauch. tr. po problemam dvigatelestroeniya, posvyashchenny 175-letiyu MGTU im. N.E. Baumana. - M. - 2005. - S. 26-29.

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Adress: Russia, 302030, g. Orel, ul. Moscow, 77

Dr. Sci. Sciences, Professor, Head. Chair of "Service and repair of machinery"

E-mail: novikovan@ostu.ru

Chernyshev Vladimir Ivanovich

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Adress: Russia, 302030, g. Orel, ul. Naugorskoe Highway 29

Dr. Sci. Sciences, Department of "Dynamics and strength of machines"

E-mail: srmostu@mail.ru

Gordon Vladimir Aleksandrovich

FGBOU VPO "State university-UNPK"

Address: Russia, 302030. Eagle, Moskovskaya St., 77

Dr.Sci.Tech., professor, department chair "Higher mathematics"

E-mail: gordon@ostu.ru; kvm@ostu.ru

Katunin Andrey Aleksandrovich

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Adress:Russia, 302030, g.Orel, ul. Moscow, 77

Cand. tehn. Sciences, Associate Professor of "Service and repair of machinery"

E-mail: katunin57@gmail.com

Tebekin Maxim Dmitrievich

FGBOU VPO "State University-UNPK"

Adress: Russia, 302030, g. Orel, ul. Moscow, 77

Assistant of the Department "Service and repair of machinery"

УДК 621.787.4

С. Ю. РАДЧЕНКО, Д. О. ДОРОХОВ, И. М. ГРЯДУНОВ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОГО ЛОКАЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ

Аннотация: в статье представлен способ многоциклового упрочняющей обработки внутренней поверхности вкладышей подшипников скольжения в условиях комплексного локального нагружения очага деформации. Показан механизм формирования механических свойств изделия. Выявлены основные направления дальнейшего исследования и развития способа упрочняющей обработки и приведены варианты способов, расширяющие область применения многоциклового упрочняющей обработки.

Ключевые слова: упрочнение, комплексное локальное нагружение, очаг деформации, подшипники скольжения, трубные изделия, втулки, обработка давлением.

В современных условиях развития машиностроительной отрасли, в частности, автомобилестроения, все более жесткие требования предъявляются к деталям и узлам машин, работающих в условиях повышенных, в том числе и знакопеременных, нагрузок, высоких температур, агрессивных сред. Для выполнения подобных требований в большинстве случаев идут двумя путями: увеличение габаритов изделия или применение более прочного материала. Однако первый путь, как правило, неприемлем, а другой однозначно ведет к существенному удорожанию изделия. Также в некоторых случаях, в силу особенностей технического назначения конкретных деталей, ни один из представленных вариантов недопустим, т.к. накладываются ограничения как по массе и габаритам, так и по специальным свойствам материала. Примером таких деталей являются, например, подшипники скольжения – детали, к которым предъявляются специальные требования по антифрикционным свойствам и которые, как правило, эксплуатируются в крайне тяжелых условиях. Таким образом, единственным способом повышения эксплуатационных характеристик подобных изделий остается деформационное упрочнение [1 – 3].

Одним из современных способов упрочнения является способ [4 – 7] (рис.1), основанный на методе валковой штамповки (ВШ) [8 – 13], отличительной особенностью которого является комплексное локальное нагружение очага деформации, что позволяет упрочнять даже малопластичные сплавы, например, бронзы и латуни.

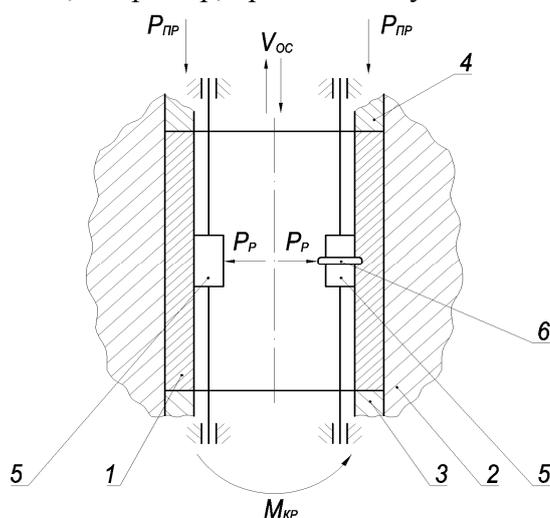


Рисунок 1 – Способ многоциклового упрочняющей обработки внутренней поверхности вкладышей подшипников скольжения [6]

1 – заготовка; 2 – контейнер; 3 – упор; 4 – прижим; 5 – ролики; 6 – деформирующий выступ

Суть способа заключается в следующем. Заготовку 1 помещают в контейнер 2, при этом заготовка фиксируется от осевого перемещения упором 3 и прижимом 4 с силой P_{np} , которая создает в заготовке осевое сжимающее напряжение, близкое, но не достигающее предела текучести. Затем в полость заготовки вводят ролики 5, один или более из которых имеет участок большего диаметра (деформирующий выступ) 6, после чего ролики поджимают к обрабатываемой поверхности с силой P_p и сообщают крутящий момент $M_{кр}$. Внутренняя поверхность изделия формируется многократным возвратно-поступательным осевым перемещением роликов со скоростью $V_{ос}$, после чего ролики отводят от обрабатываемой поверхности и выводят из зоны обработки, отводят прижим и извлекают готовое изделие.

Представленное решение подобно решениям, принимаемым при проектировании многороликовых и многошариковых раскатников. Это обуславливается необходимостью исключения одностороннего характера давления деформирующего инструмента на заготовку, а также необходимостью повысить производительность процесса.

В начальный момент времени в процессе обработки в заготовке возникает локальная зона деформации раздачи вблизи деформирующего выступа 6. В силу того, что поясок имеет скруглённую форму, металл вытесняется в стороны, и возникают осевые растягивающие деформации, действующие в условиях всестороннего квазигидростатического сжатия, обусловленного следующими аспектами:

- нормальными сжимающими напряжениями, возникающими в результате сжатия материала между роликом 5, имеющим участок большего диаметра 6 и контейнером;
- тангенциальными сжимающими напряжениями, обусловленными сопротивлением пластическому истечению металла, в результате внедрения деформирующего выступа 6, со стороны недеформируемых слоёв заготовки в радиальном направлении;
- осевыми сжимающими напряжениями, обусловленного истечением материала в осевом направлении и препятствием со стороны упора 3, прижима 4 и недеформируемых слоёв заготовки, а также действием осевой сжимающей силы.

В следующий момент времени в месте контакта внутренней поверхности заготовки с роликами 5, не имеющими деформирующего выступа, возникают локальные зоны деформации противоположного знака, при этом напряжённое состояние в них характеризуется существенной отрицательной гидростатической составляющей, и вытесненный объём металла закатывается обратно.

Такой характер нагружения заготовки приводит к накоплению деформаций в материале заготовки и, как следствие, измельчению зёрен и улучшению прочностных характеристик.

В исследованиях, описанных в работе [14] отмечается, что упрочнение, оцениваемое по показателю микротвёрдости, зависит от параметров обработки следующим образом:

- На величину максимальной степени упрочнения оказывает влияние количество циклов обработки и практически не зависит от шага осевой подачи;
- На значение максимальной глубины упрочнённой зоны значительное влияние оказывает шаг осевой подачи инструмента и в меньшей степени влияет количество циклов обработки.

Согласно исследованиям [15 – 21], представленный способ позволяет увеличить максимальное значение параметра микротвёрдости до 2,81 раза, а глубину проникновения упрочнённой зоны до 7 мм для материала БрОЦС 5-5-5, который является малопластичным и никогда давлением не обрабатывается.

Таким образом, можно сделать вывод, что данный способ является наиболее подходящим для разработки на его основе новых высокотехнологичных способов упрочняющей обработки вкладышей подшипников скольжения.

Следует отметить, что дальнейшее совершенствование рассмотренной технологии необходимо вести в следующих направлениях:

- исследование влияния геометрических параметров деформирующего пояска на конечную геометрию и шероховатость обработанной рабочей поверхности изделий;
- исследование упрочнения других металлов и сплавов рассмотренным способом с выходом на методику получения изделий с заранее заданным комплексом механических свойств;
- совершенствование рассмотренного способа упрочняющей обработки для расширения области его применения и увеличения производительности.

Для увеличения производительности способа упрочняющей обработки можно применить способ [22] (рис. 2).

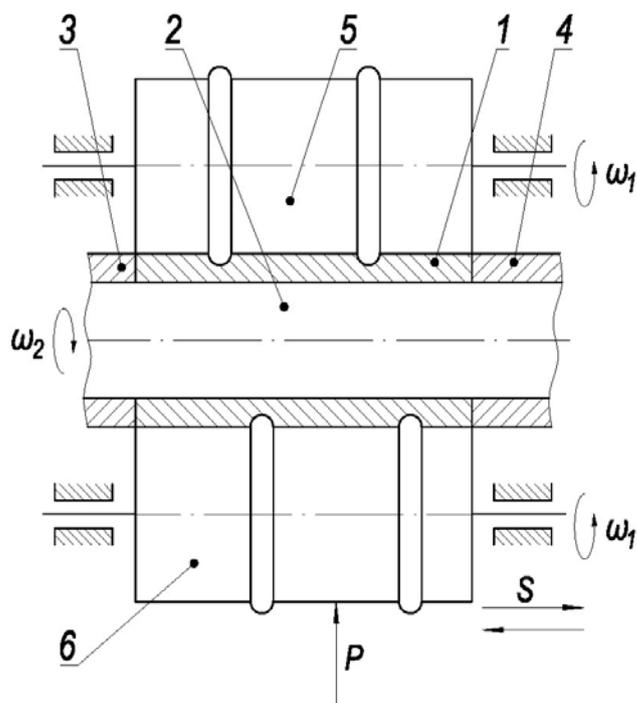


Рисунок 2 – Схема упрочняющей обработки наружных поверхностей полых осесимметричных деталей с увеличенной производительностью

1 – обрабатываемая заготовка; 2 – оправка; 3 – упор; 4 – прижим;
5 и 6 – ролики валковой матрицы

Суть способа заключается в следующем. Заготовку 1 помещают на оправку 2, торцы фиксируют упором 3 и прижимом 4, после чего устанавливают в роликовую матрицу, состоящую из роликов 5 и 6, имеющих два участка большего диаметра, расположенных на расстоянии, превышающем две ширины участка большего диаметра. Ролики 5 и 6 прижимают к заготовке 1 с силой P , после чего ей сообщают вращательное движение с угловой скоростью ω_1 , а роликам – относительное осевое перемещение с постоянным шагом S . Поверхность формируют многократным возвратно-поступательным осевым перемещением и обжимом в роликовой матрице 2, после чего разводят ролики, отводят прижим и извлекают готовую втулку.

Данный способ позволяет увеличить производительность многоциклового упрочняющей обработки прямо пропорционально количеству добавленных деформирующих поясков.

В некоторых случаях, например, для получения трубных элементов конструкций с улучшенными прочностными характеристиками, можно применять способ [23] (рис. 3).

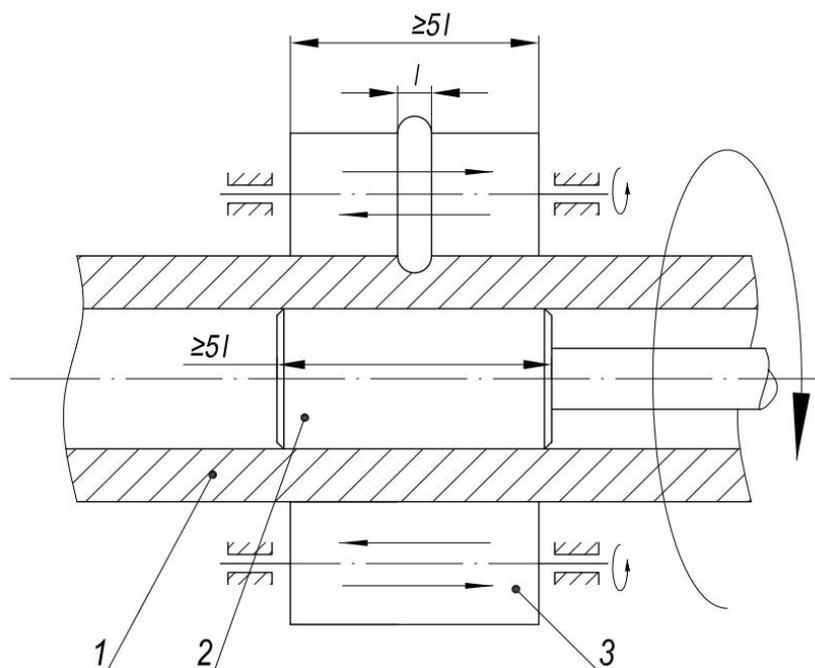


Рисунок 3 – Схема способа упрочнения длинномерных осесимметричных трубных конструкций
1 – заготовка; 2 – калибр; 3 – роликовая матрица

Суть способа заключается в следующем. Заготовку 1 устанавливают на калибр 2. В процессе обработки калибр 2, который вращается вместе с заготовкой, и роликовая матрица 3 постепенно поступательно перемещаются вдоль оси трубы, что позволяет осуществить обработку всей наружной поверхности. Наружную поверхность формируют многократным возвратно-поступательным осевым перемещением роликовой матрицы 3, имеющей ролик с участком большего диаметра и калибр 2. После обработки разводят ролики, выводят калибр и извлекают готовую упрочненную трубу.

Рассмотренный способ позволяет выполнять упрочнение трубных изделий практически неограниченной длины. Также следует отметить, что рассмотренный способ позволяет получать оптимальное распределение механических свойств по сечению изделия, позволяя варьировать как глубиной упрочнённой зоны, так и максимальным значением показателя упрочнения – параметра микротвёрдости. Это, в свою очередь, позволяет подбирать параметры технологического процесса обработки в зависимости от функционального назначения конкретного изделия, например – если изделие работает в условиях знакопеременных и импульсных нагрузок, то оптимальным будет получение максимального упрочнения рабочей поверхности с градиентным снижением твёрдости к противоположной поверхности.

Резюмируя вышесказанное, можно заключить, что приведённые способы обработки значительно расширяют область применения технологии упрочняющей обработки. Однако это только лишь один из аспектов развития технологии многоциклового упрочнения полых осесимметричных деталей в условиях комплексного локального нагружения очага деформации. Необходимо исследовать также другие материалы, подвергаемые обработке рассмотренными способами, обработку с варьированием геометрических параметров деформирующего выступа, так как он вносит значительный вклад в получение сочетаний определённых выходных характеристик, таких, как максимальная степень упрочнения, максимальная глубина упрочнённой зоны и характер градиента упрочнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голенков, В. А. Научные основы упрочнения комплексным локальным деформированием [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, Г. П. Короткий. – М.: ООО «Издательство Машиностроение», Орел: Госуниверситет-УНПК. – 2013. – 122 с.

2. Голенков, В. А. Классификация процессов комплексного локального деформирования [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, И. М. Грядунов // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - 2010. - № 6. - С. 85-89.
3. Голенков, В. А. Анализ видов упрочняющей обработки пластическим деформированием [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, И. М. Грядунов // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - 2011. - № 1. - С. 59-62.
4. Пат. 2340423 Российская Федерация, В 24 В 39/04. Способ получения металлических втулок [Текст] / Голенков В. А., Малинин В. Г., Радченко С. Ю., Короткий Г. П., Дорохов Д. О.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ОрелГТУ». - № 2007110990/02; заявл. 26.03.07; опубл. 10.12.08, Бюл. № 13.
5. Пат. 2387514 Российская Федерация, В21D 51/02. Способ получения металлических втулок с градиентной субмикро- и нанокристаллической структурой [Текст] / Голенков В. А., Радченко С. Ю., Дорохов Д. О.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ОрелГТУ». - № 2008146756/02; заявл. 26.11.08; опубл. 27.04.10, Бюл. № 12.
6. Пат. 2389580 Российская Федерация, В21D 51/02. Способ получения металлических втулок с градиентной субмикро- и нанокристаллическим состоянием материала [Текст] / Голенков В. А., Радченко С. Ю., Дорохов Д. О.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ОрелГТУ». - № 2008146754/02; заявл. 26.11.08; опубл. 20.05.10, Бюл. № 14.
7. Пат. 2462327 Российская Федерация, МПК В21Н1/22. Способ получения металлических втулок с градиентно-упрочнённой структурой [Текст] / Голенков В. А., Радченко С. Ю., Грядунов И. М. (RU). - №2010153917/02; заявлено 27.12.10; опубл. 27.09.12, Бюл. №27.
8. Голенков, В. А. Перспективы применения технологии «валковая штамповка» для получения градиентных субмикро- и наноструктурных материалов [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов. // *Известия ТулГУ. Технические науки*. - Вып. 2. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2008. – С.123-128.
9. Голенков, В. А. Создание градиентных структур на основе метода валковой штамповки [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, О. В. Дорофеев, Д. О. Дорохов // *Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии»*. - № 3/275(561). - Орел: ОрелГТУ. - 2009. - С.42-46.
10. Голенков, В. А. Научно-технологическая обработка давлением с комплексным локальным нагружением очага деформации [Текст] / В. А. Голенков С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов // *Научно-технологические технологии в машиностроении*. - 2011. - № 3. - С. 31-37.
11. Дорохов, Д. О. Управляемое формирование механических свойств в изделиях методом комплексного локального деформирования [Текст] / Д. О. Дорохов // *Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии»*. – Орел: ОрелГТУ. - № 4(288). – Орел: ОрелГТУ. - 2011г. - С 31-37.
12. Голенков, В. А. К вопросу о повышении эксплуатационных характеристик полых осесимметричных деталей машин методами интенсивной пластической деформации [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, И. М. Грядунов // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2012. – № 6. – С. 71-77.
13. Голенков, В. А. Создание градиентных наноструктур в осесимметричных изделиях [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, И. М. Грядунов // *Наноинженерия*. – 2012. – № 5. – С. 18-22.
14. Грядунов, И. М. Упрочнение деталей типа втулок интенсивной пластической деформацией в условиях комплексного локального нагружения [Текст]: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.02.09 / Грядунов Игорь Михайлович; [Место защиты: ФГБОУ ВПО Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс].- Орел, 2013
15. Голенков, В. А. Разработка конструкции экспериментальной установки для получения изделий с градиентными субмикро- и наноструктурными состояниями вещества на основе валковой штамповки [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов // *Известия ОрелГТУ. Серия: «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии»*. - 2008. - 2/270(545). - С. 53-55.
16. Голенков, В. А. Применение комплексного локального нагружения при формировании градиентных механических свойств [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, О. В. Дорофеев, Д. О. Дорохов // *Заготовительные производства в машиностроении*. - №10 - 2009. - С. 22-25
17. Радченко, С. Ю. Экспериментальное исследование упрочняющей обработки внутренней поверхности вкладышей подшипников скольжения в условиях комплексного локального нагружения очага деформации [Текст] / С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, И. М. Грядунов // *Мир транспорта и технологических машин*. – 2013. – № 3 (42). – С. 67-76.
18. Голенков, В. А. Математическое моделирование упрочняющей валковой штамповки [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов // *Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии»*. - № 4/276(575). – Орел: ОрелГТУ. – 2009. – С.54-58.
19. Голенков, В. А. Математическая модель упрочняющей обработки внутренней поверхности деталей типа втулок интенсивной пластической деформацией в условиях комплексного локального нагружения очага

деформации [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, И. М. Грядунов, П. Г. Морев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 5. – С. 40-47.

20. Голенков, В. А. Методика исследования влияния геометрии формообразующего инструмента на упрочнение деталей машин методами комплексного локального деформирования [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, А. А. Кисловский // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 2. – С. 97-104.

21. Голенков, В. А. Постановка задачи оптимизации геометрии инструмента при комплексном локальном деформировании [Текст] / В. А. Голенков, С. Ю. Радченко, Д. О. Дорохов, А. А. Кисловский // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2014. – № 3(105). – С. 86-91.

22. Заявка 2013146676 Российская Федерация, Устройство для упрочнения металлических трубных изделий / В.А. Голенков, С.Ю. Радченко, Д.О. Дорохов, И.М. Грядунов; ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК».- Заявл. 18.10.2013 г.

23. Заявка 2013146677 Российская Федерация, Устройство для упрочнения металлических втулок / В.А. Голенков, С.Ю. Радченко, Д.О. Дорохов, И.М. Грядунов; ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК».- Заявл. 18.10.2013 г.

Радченко Сергей Юрьевич

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

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

Д-р техн. наук, профессор, проректор

E-mail: sur@ostu.ru

Дорохов Даниил Олегович

Мценский филиал ФГБОУ ВПО «Государственный университет — УНПК»

Адрес: Россия, г. Мценск, Карла Маркса, 45

Канд. техн. наук, доцент

E-mail: ddostu@mail.ru

Грядунов Игорь Михайлович

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

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

Аспирант кафедры «Автопласт»

E-mail: fry14@yandex.ru

S. YU. RADCHENKO, D. O. DOROKHOV, I. M. GRYADUNOV

NEW TECHNOLOGICAL SCHEMAS OF SLIDING BEARS HARDENING PROCESSING IN COMPLEX LOCAL LOADING CONDITIONS OF DEFORMATION ZONE

In the article the method of multicicle hardening method of inner surface of sliding bears in the complex local loading conditions of deformation zone is presented. The mechanical properties formation mechanism by presented method is considered. Also the main ways of further research and development of considered method are identified and variants of methods, that extended areas of implementation of multicicle hardening processing.

Keywords: *hardening, complex local loading, deformation zone, sliding bears, tubular goods, bushes, processing by pressure.*

BIBLIOGRAPHY

1. Golenkov, V. A. Nauchnye osnovy uprochneniya kompleksnym lokal'nym deformirovaniem [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, G. P. Korotkiy. - M.: OOO "Izdatel'stvo Mashinostroenie", Orel: Gosuniversitet-UNPK. - 2013. - 122 s.

2. Golenkov, V. A. Klassifikatsiya protsessov kompleksnogo lokal'nogo deformirovaniya [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, I. M. Gryadunov // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2010. - № 6. - S. 85-89.

3. Golenkov, V. A. Analiz vidov uprochnyayushchey obrabotki plasticheskim deformirovaniem [Tekst] / V. A.

Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, I. M. Gryadunov // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2011. - № 1. - S. 59-62.

4. Pat. 2340423 Rossiyskaya Federatsiya, B 24 B 39/04. Sposob polucheniya metallicheskih vtulok [Tekst] / Golenkov V. A., Malinin V. G., Radchenko S. YU., Korotkiy G. P., Dorokhov D. O.; zayavitel' i patentoobladatel' GOU VPO "OrelGTU". - № 2007110990/02; zayavl. 26.03.07; opubl. 10.12.08, Byul. № 13.

5. Pat. 2387514 Rossiyskaya Federatsiya, B21D 51/02. Sposob polucheniya metallicheskih vtulok s gradientnoy submikro- i nanokristallicheskoj strukturoj [Tekst] / Golenkov V. A., Radchenko S. YU., Dorokhov D. O.; zayavitel' i patentoobladatel' GOU VPO "OrelGTU". - № 2008146756/02; zayavl. 26.11.08; opubl. 27.04.10, Byul. № 12.

6. Pat. 2389580 Rossiyskaya Federatsiya, B21D 51/02. Sposob polucheniya metallicheskih vtulok s gradientnoy submikro- i nanokristallicheskim sostoyaniem materiala [Tekst] / Golenkov V. A., Radchenko S. YU., Dorokhov D. O.; zayavitel' i patentoobladatel' GOU VPO "OrelGTU". - № 2008146754/02; zayavl. 26.11.08; opubl. 20.05.10, Byul. № 14.

7. Pat. 2462327 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B21H1/22. Sposob polucheniya metallicheskih vtulok s gradientno-uprochnionnoy strukturoj [Tekst] / Golenkov V. A., Radchenko S. YU., Gryadunov I. M. (RU). - №2010153917/02; zayavleno 27.12.10; opubl. 27.09.12, Byul. №27.

8. Golenkov, V. A. Perspektivy primeneniya tekhnologii "valkovaya shtampovka" dlya polucheniya gradientnykh submikro- i nanostrukturnykh materialov [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov. // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - Vyp. 2. - Tula: Izd-vo TulGU. - 2008. - S.123-128.

9. Golenkov, V. A. Sozdanie gradientnykh struktur na osnove metoda valkovoy shtampovki [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, O. V. Dorofeev, D. O. Dorokhov // Izvestiya OrelGTU. Seriya "Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii". - № 3/275(561). - Orel: OrelGTU. - 2009. - S.42-46.

10. Golenkov, V. A. Naukoemkaya tekhnologiya obrabotki davleniem s kompleksnym lokal'nym nagruzheniem ochaga deformatsii [Tekst] / V. A. Golenkov S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov // Naukoemkie tekhnologii v ma-shinostroenii. - 2011. - № 3. - S. 31-37.

11. Dorokhov, D. O. Upravlyaemoe formirovanie mekhanicheskikh svoystv v izdeliyakh metodom kompleksno-go lokal'nogo deformirovaniya [Tekst] / D. O. Dorokhov // Izvestiya OrelGTU. Seriya "Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii". - Orel: OrelGTU. - № 4(288). - Orel: OrelGTU. - 2011g. - S 31-37.

12. Golenkov, V. A. K voprosu o povyshenii ekspluatatsionnykh kharakteristik polykh osesimmetrichnykh detaley mashin metodami intensivnoy plasticheskoy deformatsii [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, I. M. Gryadunov // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2012. - № 6. - S. 71-77.

13. Golenkov, V. A. Sozdanie gradientnykh nanostruktur v osesimmetrichnykh izdeliyakh [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, I. M. Gryadunov // Nanoinzheneriya. - 2012. - № 5. - S. 18-22.

14. Gryadunov, I. M. Uprochnenie detaley tipa vtulok intensivnoy plasticheskoy deformatsiyey v uslo-viyakh kompleksnogo lokal'nogo nagruzheniya [Tekst]: avtoreferat dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.02.09 / Gryadunov Igor` Mikhaylovich; [Mesto zashchity: FGBOU VPO Gosudarstvennyy universitet - uchebno-nauchno-proizvodstvennyy kompleks]. - Orel, 2013

15. Golenkov, V. A. Razrabotka konstruksii eksperimental'noy ustanovki dlya polucheniya izdeliy s gradientnymi submikro- i nanostrukturnymi sostoyaniyami veshchestva na osnove valkovoy shtampovki [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov // Izvestiya OrelGTU. Seriya: "Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii". - 2008. - 2/270(545). - S. 53-55.

16. Golenkov, V. A. Primenenie kompleksnogo lokal'nogo nagruzheniya pri formirovanii gradientnykh mekhanicheskikh svoystv [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, O. V. Dorofeev, D. O. Dorokhov // Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii. - №10 - 2009. - S. 22-25

17. Radchenko, S. YU. Eksperimental'noe issledovanie uprochnyayushchey obrabotki vnutrenney poverkhnosti vkladyshey podshipnikov skol'zheniya v usloviyakh kompleksnogo lokal'nogo nagruzheniya ochaga deformatsii [Tekst] / S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, I. M. Gryadunov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 3 (42). - S. 67-76.

18. Golenkov, V. A. Matematicheskoe modelirovanie uprochnyayushchey valkovoy shtampovki [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov // Izvestiya OrelGTU. Seriya "Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii". - № 4/276(575). - Orel: OrelGTU. - 2009. - S.54-58.

19. Golenkov, V. A. Matematicheskaya model' uprochnyayushchey obrabotki vnutrenney poverkhnosti detaley tipa vtulok intensivnoy plasticheskoy deformatsiyey v usloviyakh kompleksnogo lokal'nogo nagruzheniya ochaga deformatsii [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, I. M. Gryadunov, P. G. Morev // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2013. - № 5. - S. 40-47.

20. Golenkov, V. A. Metodika issledovaniya vliyaniya geometrii formoobrazuyushchego instrumenta na uprochnenie detaley mashin metodami kompleksnogo lokal'nogo deformirovaniya [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, A. A. Kislovskiy // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2014. - № 2. - S. 97-104.

21. Golenkov, V. A. Postanovka zadachi optimizatsii geometrii instrumenta pri kompleksnom lokal'-nom deformirovanii [Tekst] / V. A. Golenkov, S. YU. Radchenko, D. O. Dorokhov, A. A. Kislovskiy // Fundamen-tal'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. - 2014. - № 3(105). - S. 86-91.

22. Zayavka 2013146676 Rossiyskaya Federatsiya, Ustroystvo dlya uprochneniya metallicheskih trubnykh izdeliy / V.A. Golenkov, S.YU. Radchenko, D.O. Dorokhov, I.M. Gryadunov; FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK".- Zayavl. 18.10.2013 g.

23. Zayavka 2013146677 Rossiyskaya Federatsiya, Ustroystvo dlya uprochneniya metallicheskih vtulok / V.A. Golenkov, S.YU. Radchenko, D.O. Dorokhov, I.M. Gryadunov; FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK".- Zayavl. 18.10.2013 g.

Radchenko Sergey Yurevich,

FGBOU VPO "State University - ESPC"

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

Dr. Sci. Sciences, Professor, Vice-Rector

E-mail: sur@ostu.ru

Dorokhov Daniel Olegovich

Mtsensk branch VPO "State University - ESPC"

Location: Russia, Mtsensk, Karl Marx, 45

Cand. tehn. Sciences, Associate Professor

E-mail: ddostu@mail.ru

Gryadunov Igor Mihaylovich

FGBOU VPO "State University - ESPC"

Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe Highway 29

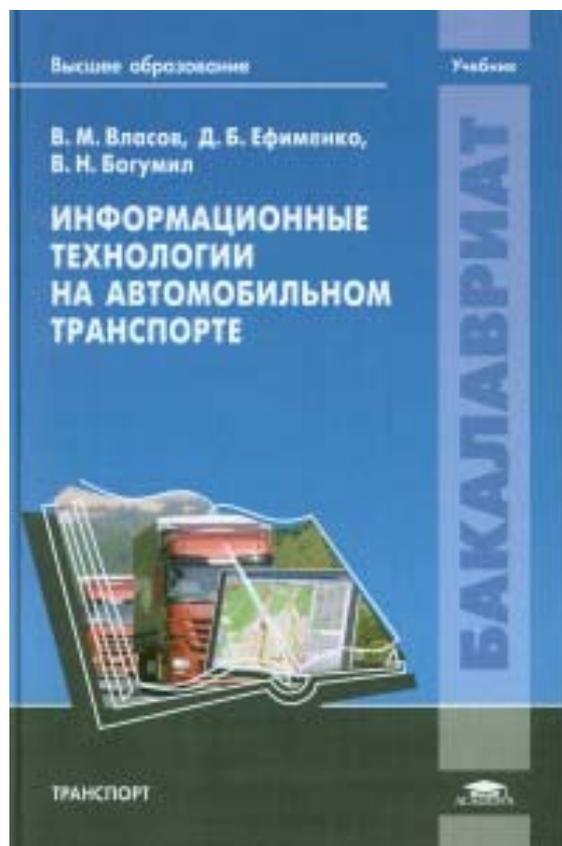
Graduate student "Avtoplast"

E-mail: fry14@yandex.ru

В августе 2014 года в Издательском центре «Академия» вышел учебник для студентов высших учебных заведений «Информационные технологии на автомобильном транспорте». Учебник написан коллективом ученых МАДИ под редакцией доктора технических наук, заведующего кафедрой «Транспортная телематика» В.М.Власова. В учебнике изложены основные элементы современных систем телематики на автомобильном транспорте, включая спутниковую навигацию, мобильную связь и геоинформатику. Изложена государственная политика России в области телематики на автомобильном транспорте. Подробно изложены основные направления развития и использования телематических систем на пассажирском и грузовом автомобильном транспорте, в дорожном хозяйстве. Описаны современные информационные системы предприятий автомобильного транспорта. Дается характеристика бортового телематического оборудования, применяемого в данных системах.

Учебник содержит ряд приложений, включающих типовые технические требования к бортовому телематическому оборудованию, перечень нормативных документов в области телематических систем на автомобильном транспорте.

Учебник поступил в отделы учебной литературы книжных магазинов, а также реализуется через отдел сбыта издательства.



УДК 678.4.004.62:

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

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В статье приведены результаты исследований резинотехнических изделий для комплектации автомобильной техники, проблемы и пути их реализации отечественной промышленностью с целью повышения их качества.

Ключевые слова: *резинотехнические изделия, автомобильная техника, качество и гарантия изделий, каучуки, состав смесей, отказы и повреждения, испытания.*

Автомобильная техника страны продолжает оставаться самым важным средством подвижности и наиболее массовым видом техники, которая используется под монтаж различного специального оборудования, машин и механизмов, в качестве тягачей, транспорта подвоза и хранения запасов материальных средств, средств перевозки пассажиров, эвакуации раненых и больных, в том числе в чрезвычайных ситуациях и т.д.

Автомобильный парк страны в настоящее время значительно устарел, автомобили со сроком эксплуатации более 12 лет сегодня составляют 71,7% от общего количества парка. Кроме того, значительная доля автомобилей используется сезонно (сельское хозяйство, силовые ведомства) в режиме неинтенсивной эксплуатации, в том числе в режиме кратковременного или (и) длительного хранения.

Поэтому одной из основных задач по поддержанию автомобильного парка в технической готовности к использованию по назначению, является обеспечение надежности автомобильной техники, содержащейся в эксплуатации и на хранении, безотказного ее функционирования, сохранение в течение продолжительного периода ее эксплуатационных характеристик.

А для этого необходимы качественные резинотехнические изделия (РТИ), которые должны обеспечивать надежность и работоспособность наиболее ответственных систем, узлов и механизмов автомобилей, номенклатура которых составляют (рис.1) в среднем от 4 до 7% от общего количества деталей на автомобильной технике (АТ), а в комплектах запасных частей (ЗИП), возимых запасов (ВЗ) и регламентированного технического обслуживания (РТО) РТИ составляют от 30 до 80% от общего количества в них деталей (рис. 2).

Потребность в РТИ (на примере полноприводной техники) на 2014 год составляет:

- для производимой АТ (более 210 тыс. ед.) – на сумму около 10 млрд. руб.;
- по расчет-заявкам (около 570 тонн) – на сумму около 720 млн. руб.;
- для закупаемой АТ (около 6,5 тыс. ед.) - на сумму более 310 млн. руб.

Наиболее важными характеристиками РТИ, по которым оценивают их работоспособность, долговечность и сохраняемость на АТ являются гарантийный срок службы и ресурс работы РТИ. Гарантийные сроки службы РТИ на сегодняшний день, в основном, имеют значения от 1 до 3 лет (70% РТИ), от 5 - 6 лет (20 % РТИ) до 10 лет (рис.3), что явно недостаточно по обеспечению их надежности и долговечности

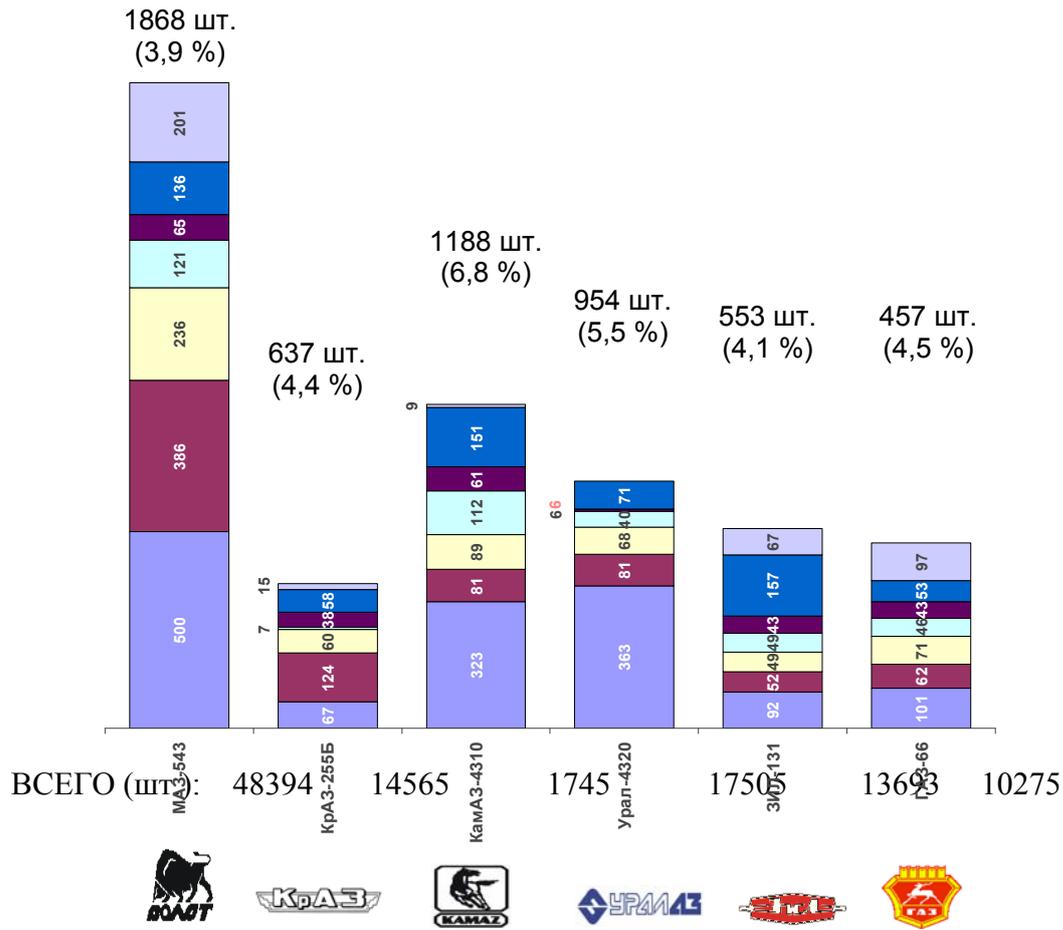


Рисунок 1 – Номенклатура РТИ полноприводной автомобильной техники

1- силовая установка; 2 – трансмиссия; 3 – ходовая часть; 4 – электрооборудование; 5 – рулевое управление; 6 – кабина, платформа и оперение; 7 – дополнительное и специальное оборудование

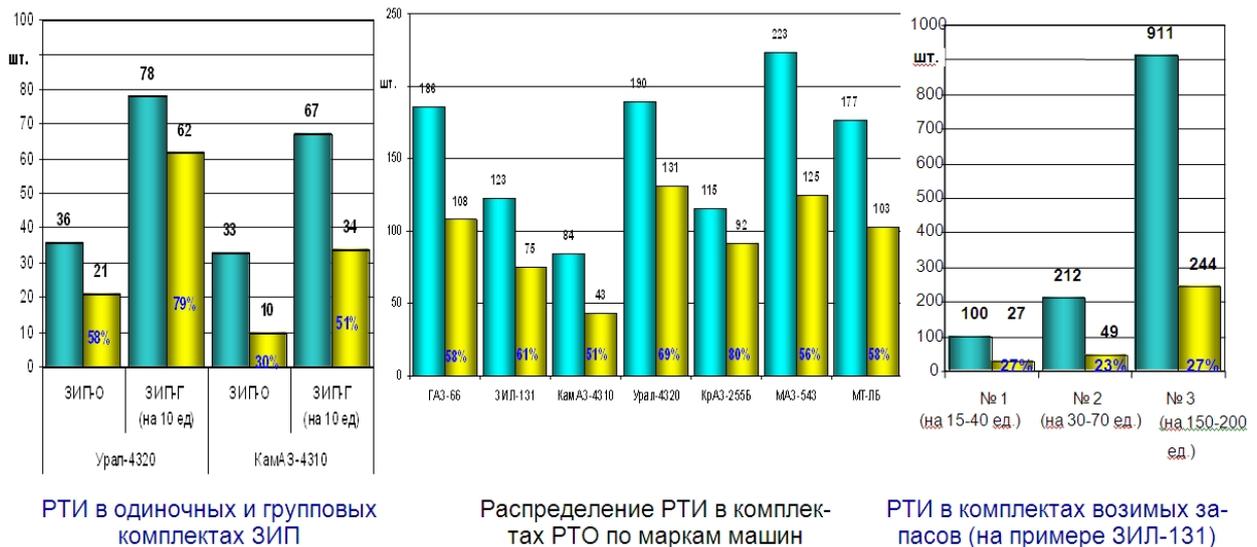


Рисунок 2 – РТИ в комплектах ЗИП, ВЗ и РТО

■ - количество деталей в комплекте; ■ - количество РТИ в комплекте

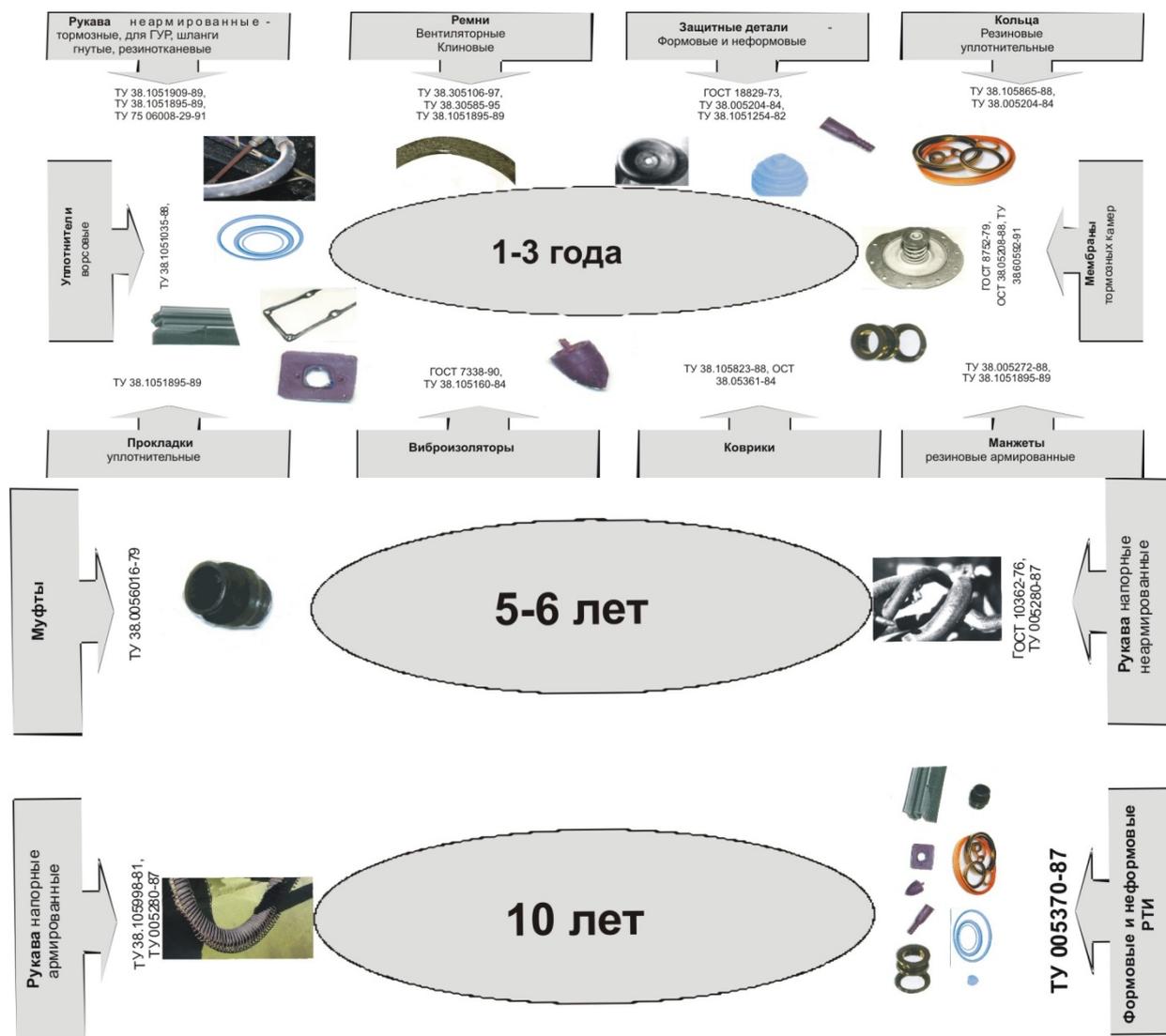


Рисунок 3 – Гарантийные сроки службы РТИ для АТ

Последствия низкого срока службы РТИ это:

- увеличение затрат на восстановление АТ интенсивного использования;
- содержание огромных запасов имущества (РТИ) на складах;
- увеличение затрат на техническое обслуживание (ТО), переконсервацию и замену РТИ на АТ сезонного использования и хранения;
- необходимость подготовки и содержание специалистов.

Все это отражается в частности на техническом состоянии АТ и в целом на работоспособности и эффективности автотранспортных предприятий.

Причинами отказов и повреждений РТИ являются (рис. 4):

- несоответствие выбранных и применяемых резин условиям эксплуатации РТИ в агрегатах и узлах автомобилей – до 35%;
- нарушение заводами-изготовителями РТИ действующей технологической и нормативной документации – до 30 %;
- конструктивная недоработка изделий – 18,7 %;
- нарушение правил монтажа изделий 16,3 %.

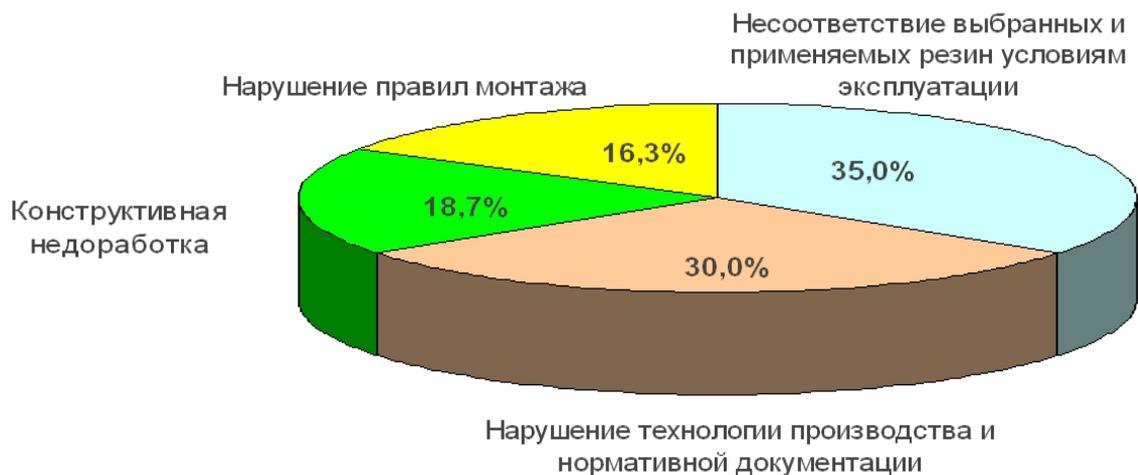


Рисунок 4 – Причины отказов и повреждений РТИ на полноприводной АТ

Основные отказы и повреждения РТИ представлены на рисунке 5.

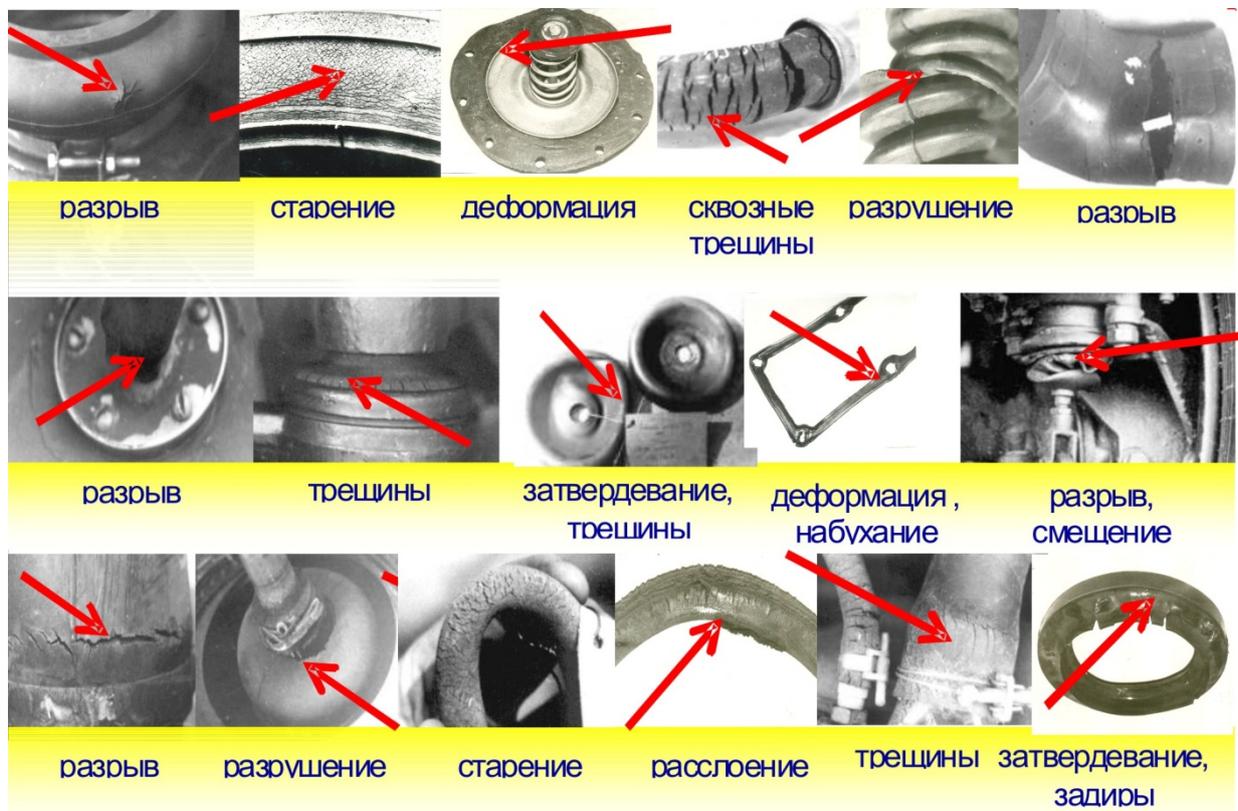


Рисунок 5 – Характерные отказы и повреждения РТИ

И немного из истории. Достаточно высокий уровень качества РТИ 1987-1990 г.г. изготовления, в сравнении с РТИ сегодняшнего времени, был достигнут промышленностью в результате проведения большого объема работ в то время в целях повышения надежности АТ в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 21.12.1983 года.

Перед резиновой промышленностью тогда была поставлена задача резкого повышения качества комплектующих РТИ для АТ и увеличения их гарантийных сроков эксплуатации с 3-х до 10 лет, а также определение возможности дальнейшего повышения гарантии до 15 лет. К сожалению, к концу 80-х - началу 90-х годов работы по повышению качества РТИ для АТ были фактически прекращены из-за известных изменений, происходивших в политической жизни нашей страны.

Однако, обеспокоенность состоянием надежности РТИ, комплектующих АТ, неоднократно проявлялась на различных совещаниях в Министерстве транспорта, в автомобильных управлениях различного ведомства. И на совещании, проведенном в июне 1997 года, в котором приняли участие и представители автозаводов, заводов-изготовителей РТИ и научно-исследовательских институтов, было принято решение о возобновлении работ по проблеме повышения качества РТИ для АТ в рамках НИР "Гидроген".

Поэтому в период 2000-2004 гг. в рамках НИР «Гидроген» были проведены работы на базе 21 НИИИ МО РФ по разработке новых видов сырья, рецептур резиновых смесей, обеспечивающих 15-летнюю гарантию рукавных и защитных РТИ (рис. 6).

Были созданы рецептуры резин (ООО «НИИЭМИ», ИР и РТИ ОАО «УрРТИ») для этих РТИ с повышенной тепло - и озоностойкостью, исключаящие применения импортных добавок:

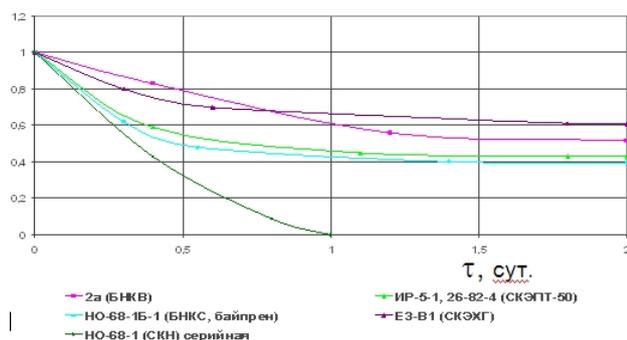
- на основе перспективных гидрированных каучуков (высоконасыщенного бутадиен-нитрильного каучука БНКВ, эпихлоргидринового СКЭХГ);
- пропиленовых каучуков (этиленпропиленового СКЭПТ и пропиленоксидного СКПО), а также разработаны способы улучшения характеристик серийных РТИ с помощью объемной фторорганической модификации и поверхностного насыщения фтором.



Всего было изготовлено 485 опытных РТИ, которые успешно прошли все виды испытаний, а также проверку на технологичность и подтверждение требуемого гарантийного срока службы 15 лет. В их изготовлении участвовали следующие заводы-изготовители РТИ: ОАО «Балаковорезинотехника», ОАО «Ярославрезинотехника», ЗАО «Волжскрезинотехника», ОАО «Саранский завод «Резинотехника», «РТИ-КАУЧУК», ОАО «Уральский завод РТИ».

Результаты лабораторно-стендовых и натуральных испытаний также положительные, в том числе после 10-летнего срока хранения и эксплуатации опытных изделий на АТ (рис. 7).

Стойкость резин к старению
(Кст. по относительному удлинению при разрыве, при 150°С)



Оценка сроков сохраняемости резин
(Кст=Lt/L0)

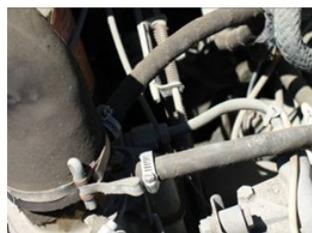
| Шифр резины | | Срок сохраняемости по прогнозу, лет | Накопление остаточной деформации, «НОД» не более 45% | Коэффициент старения Кст не менее 0,5 |
|--------------------|------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| НО-68-1 (серийная) | | 35 | 61 | 0,280 |
| Защитные РТИ | НО-68-1Б-1 | 10,4 | 39 | 0,624 |
| | 2Б-82-4 | 12,4 | 34 | 0,639 |
| | ИР-5-1 | 14,8 | 32 | 0,660 |
| Различные РТИ | 2а | 14,9 | 23 | 0,780 |
| | ЕЗ-8 | 15,0 | 22 | 0,886 |



Опытная ИР-5-7
(БНКС, ПВХ)



Серийная 7-4161
(СКН)



Опытная ЕЗ-В1
(СКЭХГ)



Серийная НО-68-1
(СКН)

Рисунок 7 - Результаты лабораторно-стендовых и натуральных испытаний РТИ

Все эти вопросы обсуждались на проходившей 20 июня 2007 г. на базе ФГУ 21 НИИИ МО РФ межведомственной конференции по улучшению качества РТИ для АТ. Однако в связи с ограниченным финансированием эти работы не были реализованы.

Реализация полученных результатов по НИР «Гидроген» позволила бы:

- решить проблему создания РТИ всей номенклатуры для с 15-летней гарантией, повышенного качества изготовления, надежности в эксплуатации и долговечности при длительном хранении, в том числе для комплектов РТО;
- повысить в 2,5-3 раза долговечность и безотказность серийных и перспективных изделий автомобильной техники в процессе эксплуатации и длительного хранения;
- снизить затраты в 2-2,5 раза за счет увеличения периодичности и уменьшения объема технического обслуживания в процессе хранения и эксплуатации АТ;
- сократить в 1,5-2 раза номенклатуру закупаемых и заменяемых резинотехнических деталей в ходе проведения РТО;
- оптимизировать систему снабжения РТИ;
- повысить техническую готовность АТ.

В данной статье хотелось бы еще раз обратить внимание всех разработчиков и поль-

зователей резинотехнической продукции на проблемы в области РТИ, так как и до сегодняшнего времени, они так и не решены, а качество РТИ не выдерживает никакой критики. Кроме того, хотелось бы также дать некоторые пояснения на вопросы, постоянно возникающие в ходе использования РТИ на автомобильной технике:

1. Почему же не выдерживаются гарантийные сроки РТИ:

- рецептура резин не соответствует нормативной документации (35%), заводы сами заменяют ингредиенты на менее качественные, прекращены или отсутствуют производства эффективных защитных групп стабилизаторов (антиозонантов), наполнителей и ускорителей вулканизации (происходит не соответствие выбранных и применяемых резин условиям эксплуатации);

- не утверждены гарантийные спецификации для изготовления РТИ с повышенными (до 10-15 лет) гарантийными сроками службы – поэтому заводы производят РТИ с 1-3-5 летними сроками службы;

- заводам не выгодно изготавливать РТИ с повышенными до 10-15 лет гарантийными сроками службы (экономически – их изготовление дорого, периодичность замены продолжительная – через 10-15 лет), 70 % РТИ имеют малые сроки службы 1-3, 5-6 лет);

- в связи с ситуацией в стране в начале 90-х годов нарушены экономические связи с производителями качественных каучуков и ингредиентов резины, отсутствует контроль качества РТИ;

- имеются нарушения технологии изготовления РТИ (не выдерживаются нормативные режимы вулканизации, применяются другие ускорители вулканизации, износ и старение моральное и физическое технологического оборудования (более 70 % оборудования с 30-летним сроком службы), отсутствие на производстве перспективных технологий). До конца 80-х годов более 60 % оборудования импортировалось, так как отечественное полимерное машиностроение не было в состоянии удовлетворить потребность резиновой промышленности. С 90-х годов новые отечественные виды технологического оборудования для изготовления РТИ не производились и за рубежом не закупались – более разумно было бы сочетать лучшие отечественные разработки и наиболее совершенное зарубежное оборудование (как это было сделано на заводе «Балаковорезинотехника»);

- отсутствие перспективного качественного сырья для изготовления РТИ (каучуков типа СКЭХГ, СКПО, СКЭПТ, БНКВ и др.);

- перепрофилирование предприятий – изготовителей РТИ для АТ на другую технику или вообще на другую продукцию;

- значительное снижение объемов производства РТИ в связи с недостаточным финансированием и перестройкой выпускаемого ассортимента РТИ на заводах промышленности (раньше, как правило, в соответствии с международными стандартами группы ISO-9000 выполнялось требование о закреплении поставщиков сырья и продукции, стабилизации качества в узких пределах допусков и ритмичной регулярной поставке материалов).

2. Какие проблемы с внедрением РТИ с 15-летней гарантией, разработанных по НИР «Гидроген»:

- определить заводы по производству перспективных каучуков (СКЭХГ и СКПО – ЗАО «Каучук» г. Стерлитамак, БНКС – Уральский завод РТИ, БНКВ – Воронежский филиал НИИСК, Красноярский завод СК) и материалов;

- определить заводы – изготовителей резиновых смесей для РТИ с 15 летней гарантией;

- разработать перечень РТИ, требующие 15-летней гарантии и согласовать его с заводами РТИ, автозаводами;

- определить стабильных поставщиков качественных РТИ;

- определить организации по разработке нормативной документации для изготовления

РТИ с 15-летней гарантией (разработчики резиновых смесей – ООО «НИИЭМИ», ИР и РТИ ОАО «УрРТИ»);

- согласовать (с автозаводами) и утвердить гарантийные спецификации по изготовлению РТИ с 15-летней гарантией.

3. Предложения, что нужно сделать на государственном уровне:

- наладить производство отечественного перспективного сырья (каучуков гидрированных, антиозонантов, ускорителей и т.д.) и материалов;

- выполнить рекомендации «Решения ...» конференции РТИ от 20.06.2007 г., в том числе по разработке Целевой программы повышения надежности РТИ для АТ и контроля качества выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов, В. Н. Проблема сохраняемости и долговечности шин и резинотехнических изделий автомобильного транспорта, эффективные пути ее решения [Текст]: монография. - Люберцы: ФГУП «ПИК ВИНТИ», 2005. – 660с.

2. Пат. 2284337 Российская Федерация. Резиновая смесь для рукавных резинотехнических изделий автомобильного транспорта [Текст] / Абрамов В.Н., Юровский В.С. и др.; опубл. 11.04.05.

3. Пат. 2284338 Российская Федерация. Резиновая смесь для рукавных резинотехнических изделий автомобильного транспорта [Текст] / Абрамов, В. Н., Юровский В.С. и др.; опубл. 3.06.05.

4. Материалы научно-практической конференции «Основные направления улучшения качества резинотехнических изделий для автомобильной техники» (Тезисы докладов.) – Бронницы: ФГУ «21 НИИИ МО РФ», 2007. – 143с.

5. Акт осмотра автомобильной техники, содержащейся на хранении, оценки сохраняемости и долговечности машин в условиях теплого влажного климатического района и резинотехнических деталей, изготовленных из опытной рецептуры резин с 15-летней гарантией после 10 лет опытного хранения и эксплуатации // НИИЦ АТ 3 ЦНИИ МО РФ, инв. №10624, 2013. – 112 с.

6. Абрамов, В. Н. Особенности расчета напряжений внутренних опор «лепесткового» типа автомобильных «безопасных» колес [Текст] / В. Н. Абрамов, А. А. Чибисов, Г. П. Новиков, В. Б. Каспаров // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. - № 1(40). – С. 77-85.

Абрамов Вячеслав Николаевич

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

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

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

E-mail: tabakar456@mail.ru

Новиков Георгий Павлович

НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, г. Бронницы, Московская область, п. Горка, д. 7

Канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник

E-mail: georg-novik@mail.ru

Каспаров Владислав Борисович

НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, г. Бронницы, Московская область, п. Горка, д. 15

Начальник научного управления

E-mail: vladislav_2802@mail.ru

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

EVALUATE THE TECHNICAL CONDITION OF RTI AVTOBILNOY BACKGROUND OF THE MAIN PROBLEMS AND SOLUTIONS

In article are brought results of the studies rubber technical products for completing automobile technology, problems and way to their realization by domestic industry for the reason increasing their quality

Keywords: *rubber technical products, car technology, quality and warranty product, rubbers, composition mixtures, refusals and damages, tests*

BIBLIOGRAPHY

1. Abramov, V. N. Problema sokhranyaemosti i dolgovechnosti shin i rezinotekhnicheskikh izdeliy avtomobil'nogo transporta, effektivnye puti ee resheniya [Tekst]: monografiya. - Lyubertsy: FGUP "PIK VINI-TI", 2005. - 660s.
2. Pat. 2284337 Rossiyskaya Federatsiya. Rezinovaya smes' dlya rukavnykh rezinotekhnicheskikh izdeliy avtomobil'nogo transporta [Tekst] / Abramov V.N., YUrovskiy V.S. i dr.; opubl. 11.04.05.
3. Pat. 2284338 Rossiyskaya Federatsiya. Rezinovaya smes' dlya rukavnykh rezinotekhnicheskikh izdeliy avtomobil'nogo transporta [Tekst] / Abramov, V. N., YUrovskiy V.S. i dr.; opubl. 3.06.05.
4. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Osnovnye napravleniya uluchsheniya kachestva rezinotekhnicheskikh izdeliy dlya avtomobil'noy tekhniki" (Tezisy dokladov.) - Bronnitsy: FGU "21 NIII MO RF", 2007. - 143s.
5. Akt osmotra avtomobil'noy tekhniki, soderzhashcheysya na khraneni, otsenki sokhranyaemosti i dolgovechnosti mashin v usloviyakh teplogo vlazhnogo klimaticheskogo rayona i rezinotekhnicheskikh detaley, izgotovlennykh iz opytnoy retseptury rezin s 15-letney garantiey posle 10 let opytного khraneniya i ekspluatatsii // NIITS AT 3 TSNII MO RF, inv. №10624, 2013. - 112 s.
6. Abramov, V. N. Osobennosti rascheta napryazheniy vnutrennikh opor "lepestkovogo" tipa avtomobil'nykh "bezopasnykh" koles [Tekst] / V. N. Abramov, A. A. Chibisov, G. P. Novikov, V. B. Kasparov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - № 1(40). - S. 77-85.

Abramov Vyacheslav Nikolaevich

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

Address: 140170, Bronnitsy, Moscow area, str. Soviet, d. 106

Doctor of the technical sciences, professor, main scientific employee

E-mail: tabakar456@mail.ru

Novikov Georgiy Pavlovich

NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, Bronnitsy, Moscow area, p. Hutch, d. 7

Candidate tech. sciences, assistant professor, leading scientific employee

E-mail: georg-novik@mail.ru

Kasparov Vladislav Borisovich

NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, Bronnitsy, Moscow area, p. Hutch, d. 15

Chief of scientific management

E-mail: vladislav_2802@mail.ru

УДК 629.113

Ю. А. НЕЧИТАЙЛО

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ

Рассмотрены особенности разработки модели системы контроля и управления тяговой батареей и центральным устройством управления синергетического автомобиля. Построена Обобщенная система контроля и управления аккумуляторной батареей.

Ключевые слова: синергетический автомобиль, аккумуляторная батарея, система контроля, управление.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для построения системы контроля и управления аккумуляторной батареей необходимо определить ее общую структуру и принципы взаимодействия иерархических уровней между собой. Следует решить вопросы, связанные с выбором сигналов управления, необходимостью организации системы обратных связей, взаимодействием между несколькими переменными состояниями, которые подлежат управлению [1, 2].

Основная задача системы контроля и управления электромобилем заключается в сборе, обработке, анализе параметров каждого аккумулятора и управление режимом работы тяговой аккумуляторной батареи. Система контроля и управления строится по принципу распределенной системы. Варианты систем контроля и управления техническими устройствами приводятся в [3-6]. Основную функцию анализа данных и управления обеспечивает ведущее устройство.

Приводятся модули системы контроля и управления синергетическим автомобилем [7]. Однако техническая реализация системы управления на базе таких структур оказывается сложной, поэтому целесообразно определить передаточную функцию двигателя, предварительно исследовав экспериментально или рассчитав на ЭВМ переходные процессы в нем.

Проведенный анализ показал, что в наше время проблеме выбора системы контроля и управления аккумуляторной батареей следует уделять больше внимания.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью статьи является построение системы контроля и управления аккумуляторной батареей. Для этого необходимо определить ее общую структуру и принципы взаимодействия иерархических уровней между собой. Необходимо решить вопросы, связанные с выбором сигналов управления, необходимостью организации системы обратных связей, взаимодействием между несколькими подлежащими управлению переменными состояниями [1, 2].

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ основных систем защиты аккумуляторной батареи.

Моделирование обобщенной системы контроля и управления аккумуляторной батареей.

Протоколирование обмена данными между модулем Masler-устройства системы контроля и управления (СКУ) тяговой батареей и центральным устройством управления (ЦУУ) синергетического автомобиля.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ

Представим модульную структуру системы контроля и управления. Каждый модуль обеспечивает выполнение определенного набора функций. В том случае, когда полученных данных не достаточно для принятия решения, для получения дополнительной информации модуль инициирует обращение к другим модулям.

В том случае, когда происходит обращение к модулю логического уровня, в качестве дополнительной информации могут быть использованы константы, переменные, массивы данных, функции, флажки состояний, а в том случае, когда происходит обращение к модулю физического уровня – сигналы.

Обобщенная система контроля и управления аккумуляторной батареей представлена на рисунке 1.

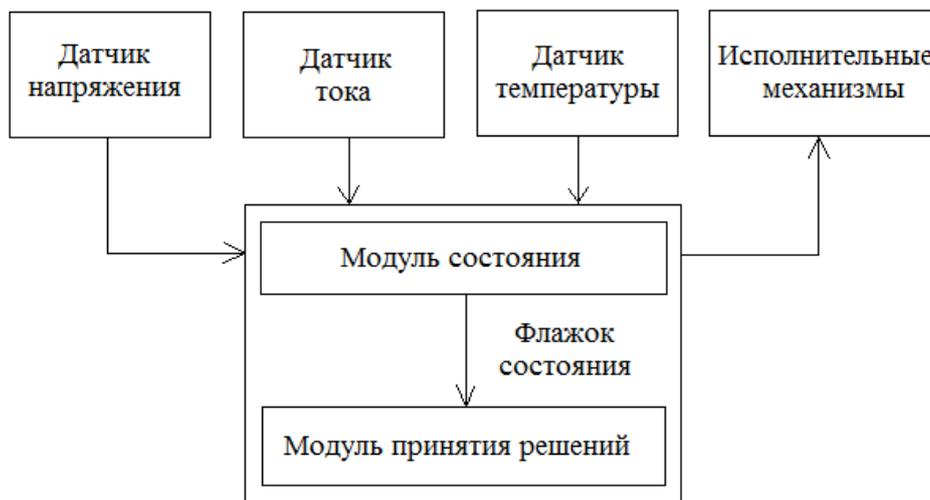


Рисунок 1 - Обобщенная система контроля и управления аккумуляторной батареей

Модулями логического уровня служат программно реализованные алгоритмы, модулями физического уровня - реальные устройства. В качестве модулей физического уровня служат датчики напряжения, тока, температуры, исполнительные механизмы и т.д. Взаимодействие модулей всех иерархических уровней между собой по заранее определенному алгоритму образует систему контроля и управления батареей химических аккумуляторов.

Система контроля и управления обеспечивает контроль и управление режимом защиты аккумуляторной батареи.

Система защиты от недопустимых перегрузок осуществляет регулирование таким образом, чтобы обеспечить режим работы управляемого объекта в пределах допустимой эксплуатационной характеристики.

Система защиты с подачей принудительного сигнала при приближении к предельному значению эксплуатационной характеристики объекта управления предполагает генерацию предупредительного сообщения.

Система защиты с отключением предусматривает немедленную реакцию на превышение допустимых пределов внешних воздействий. Она обеспечивает изоляцию объекта управления от внешних воздействий, которые влияют на его эксплуатацию.

Система контроля и управления строится по принципу распределенной системы. Основная задача системы контроля и управления синергетическим автомобилем заключается в сборе, обработке, анализе параметров каждого аккумулятора и в управлении режимом работы тяговой аккумуляторной батареи. Варианты систем контроля и управления техническими устройствами приводятся в [3-6]. Основную функцию анализа данных и управления обеспечивает ведущее устройство.

Подчиненные устройства имеют равные права доступа к ведущему устройству, означает реализацию системы контроля и управления по принципу архитектуры «Главный (Ведущий) / Подчиненный (Ведомый)» (master / slave) [8-10]. Система контроля и управления имеет одно Master-устройство, и множество Slave-устройств. Каждое Slave-устройство имеет уникальный адрес, по которому Master-устройство к нему обращается. Каждое Slave-

устройство контролирует параметры отдельно взятой секции аккумуляторов. Количество секций выбирается с учетом количества аккумуляторов в системе, особенностями электронных составляющих, упрощения процесса построения программного обеспечения микроконтроллеров, а так же количеством неподконтрольных аккумуляторов в случае выхода из строя Slave-устройства отдельной секции. Минимальное количество Slave- устройств, подключенных к шине данных - 1, максимальное определяется ограничениями топологии физической среды передачи данных.

Master-устройство, выполняет функцию контроля зарядного и разрядного токов батареи, стабилизацию тока заряда и напряжения по принципу ПИ- регулирования. Slave-устройства проводят измерения и контроль напряжений, температуры и давления каждого аккумулятора секции, а так же выполняют функцию нивелирования напряжений. По запросу Master-устройства, Slave-устройство отзывается (если оно присутствует в сети) и начинает передавать данные (Master-устройство принимает данные). Так как топология шины интерфейса обмена данными имеет архитектуру Master-Slave, конкуренция за среду передачи данных между ведомыми контроллерами отсутствует. Slave-устройства, являются равноправными по отношению друг к другу, в связи с чем, особые требования к порядку их опроса Master-устройством не предъявляются.

Модуль предназначен для контроля Master-устройства на предмет сбоя или отказа. Ведущее устройство и модуль не должны иметь общую среду передачи данных в центральное устройство управления электромобилем (ЦУУ), поскольку сбой одного из этих устройств, может вызвать отказ канала передачи данных.

Master-устройство имеет возможность взаимодействия с ЭВМ. Через внешнюю ЭВМ, в энергонезависимую память Master, заносится таблица настроек системы контроля и управления. С каждой клеточкой данных в таблице настроек можно работать индивидуально. Связь с ЭВМ также предназначена для отображения в реальном режиме времени параметров каждого аккумулятора батареи и изменения конфигурации таблицы настроек.

Протокол обмена данными с основным Master-Slave, предполагает наличие единого Master-устройства, которое осуществляет управление всеми Slave-устройствами сети. Master-устройство инициирует запрос ведомого Slave-устройства и после получения отклика, происходит обмен данными.

Master-запрос устройства, представляет собой пакет данных, содержащий уникальный адрес и код команды Slave-устройства. Slave-устройство обрабатывает полученный запрос и выполняет инструкции в соответствии с кодом принятой команды. Master-устройство не может инициировать новую передачу данных до тех пор, пока от Slave-устройства не будет получено подтверждение о выполнении инструкции.

Для обмена данными между Master-устройством и Центральным устройством управления электромобиля (ЦУУ) нужно определить причины инициирования запроса Master-устройством или ЦУУ. Здесь инициатива обработки запроса должна быть возможна с обеих сторон, причем Master-устройства системы контроля и управления батареей электромобиля присваивается высокий уровень приоритета, так как система контроля и управления батареей отвечает за безопасную его эксплуатацию. Обращение системы контроля и управления в ЦУУ означает возникновение аварийного или предаварийного состояния тягового источника энергии. В других случаях инициатором запроса на обмен данными должна быть ЦУУ. ЦУУ инициирует штатный обмен информацией с Master-устройством при необходимости считывания информации о состоянии аккумуляторной батареи (напряжение каждого аккумулятора, температуру и т.д.). Здесь Master-устройство системы контроля и управления работает в качестве устройства ввода-вывода, поэтому особых требований по уровню приоритета обработки запроса передачи данных не предъявляются. Заголовок пакета данных ЦУУ содержит адрес системы контроля и управления батареей, после которого следует поле инструкций. Ответ устройства системы контроля и управления содержит заголовок, включающий адрес ЦУУ (если это необходимо), собственный адрес (адрес модуля системы контроля и управле-

ния батарей электромобиля), код инструкции. По заголовку следует пакет передаваемых данных (рис. 2).



Рисунок 2 - Обмен данными между СКУ и ЦУУ

Двусторонний протокол обмена данными между модулем защиты Master-устройства системы контроля и управления (СКУ) тяговой батареей электромобиля и ЦУУ не нужен, так как модуль защиты и Master-устройство СКУ взаимно контролируют друг друга на предмет сбоя или отказа в работе. Таким образом, канал связи между модулем и ЦУУ организуется по симплексной линии передачи данных. Задача модуля заключается в своевременном сообщении ЦУУ об аварии СКУ. Для упрощения задачи построения канала передачи данных и построения алгоритма управляющей программы, целесообразно, чтобы данные, передаваемые в ЦУУ, представляли собой сигнал, передаваемый по отдельной физической линии связи. Сигнал аварии устанавливается при обнаружении отказа СКУ и присутствует на линии до устранения неисправности или отключения системы контроля и управления тяговой батареей.

ВЫВОДЫ

Проведен анализ основных систем защиты аккумуляторной батареи. В результате проведенного анализа выявлено, что задача системы контроля и управления синергетическим автомобилем в общем случае осложняется многозначностью и противоречивостью при сборе, обработке и анализе различных параметров и характеристик каждого аккумулятора и управление режимом работы тяговой аккумуляторной батареи.

Такая система может быть эффективно использована при решении задач, связанных с построением систем автоматического управления, функционирующих в синергетических автомобилях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шенфельд, Р. Автоматизированные электроприводы [Текст] / Р. Шенфельд, Э. Хабигер; пер. с нем.; под ред. Ю. А. Борцова. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд.-ние, 1985. – 464 с.
2. Зимородо, А. Ф. Основы автоматики [Текст]: учебное пособие / А. Ф. Зимородо., Г. Л. Скибинский. - Л.: Энергоатомиздат. - Ленингр. отд.-ние, 1984. – 160 с, ил.
3. Кар Джозеф Проектирование и изготовление электронной аппаратуры [Текст] / Кар Джозеф. – 2-е изд.: пер. с англ., стереотип. – М.: Мир, 1986. – 387 с.
4. Хечинашвили, А. Р. Микропроцессорные системы безопасности химических источников тока [Текст] / А. Р. Хечинашвили // Материалы VI межд. конференции «Фундаментальные проблемы электрохимической энергетики». - Саратов: Издательство Саратовского университета. – 2005. - С. 406 – 408.
5. Бедрин, Ю. К. Электронные преобразователи для систем бесперебойного питания [Текст] / Ю. К. Бедрин // Наука и технологии в промышленности. – Москва. – 2004. - №1.
6. Таганова, А. А. Герметичные химические источники тока [Текст]: справочник / А. А. Таганова, Ю. И. Бубнов. - 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Химиздат, 2002. – 176 с.
7. Элатин, П. А. Электромобили и гибридные автомобили [Текст] / П. А. Элатин, В. А. Кемеров, И. П. Ксенович. - М.: Агроконсалт, 2004. – 416 с.

8. Норенков, И. П., Трудоношин В.А. Телекоммуникационные технологии и сети [Текст] / И. П. Норенков, В. А. Трудоношин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. - 248 с.
9. Гук, М. Ю. Интерфейсы ПК [Текст]: справочник / М. Ю. Гук. - СПб: Издательство Питер, 1999. - 416 с.
10. Гук, М. Ю. Аппаратные интерфейсы ПК [Текст]: энциклопедия / М. Ю. Гук. - СПб.: Издательство Питер, 2003. - 528 с.

Нечитайло Юлия Анатольевна

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Адрес: 61002, Украина, г. Харьков, ул. Петровского, 25

Ассистент кафедры «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии»

E-mail: julianatol@rambler.ru

Y. A. NECHITAILO

SYSTEM MONITORING AND CONTROL CAR BATTERY SYNERGETIC

Features of development of model of a control and management system are considered by the traction battery and the central control unit of the synergetic car. The Generalized control and management system for the storage battery is constructed.

Keywords: terminal control, robotics complex, modeling.

BIBLIOGRAPHY

1. Shenfel'd, R. Avtomatizirovannye elektroprivody [Текст] / R. Shenfel'd, E. Habiger; per. s nem.; pod red. YU. A. Bortsova. - L.: Energoatomizdat, Leningr. otd.-nie, 1985. - 464 s.
2. Zimodro, A. F. Osnovy avtomatiki [Текст]: uchebnoe posobie / A. F. Zimodro., G. L. Skibinskiy. - L.: Energoatomizdat. - Leningr. otd.-nie, 1984. - 160 s, il.
3. Kar Dzhozef Proektirovanie i izgotovlenie elektronnoy apparatury [Текст] / Kar Dzhozef. - 2-е изд.: per. s angl., stereotip. - М.: Mir, 1986. - 387 s.
4. Hechinashvili, A. R. Mikroprotsessornye sistemy bezopasnosti khimicheskikh istochnikov toka [Текст] / A. R. Hechinashvili // Materialy VI mezhd. konferentsii "Fundamental'nye problemy elektrokhimii-cheskoy energetiki". - Saratov: Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta. - 2005. - S. 406 - 408.
5. Bedrin, YU. K. Elektronnye preobrazovateli dlya sistem bespereboynogo pitaniya [Текст] / YU. K. Bedrin // Nauka i tekhnologii v promyshlennosti. - Moskva. - 2004. - №1.
6. Taganova, A. A. Germetichnye khimicheskie istochniki toka [Текст]: spravochnik / A. A. Taganova, YU. I. Bubnov. - 2-е изд., pererab. i dop. - SPb.: Himizdat, 2002. - 176 s.
7. Elatin, P. A. Elektromobili i gibridnye avtomobili [Текст] / P. A. Elatin, V. A. Kemerov, I. P. Ksenevich. - М.: Agrokonsalt, 2004. - 416 s.
8. Norenkov, I. P., Trudonoshin V.A. Telekommunikatsionnye tekhnologii i seti [Текст] / I. P. No-renkov, V. A. Trudonoshin. - 2-е изд., ispr. i dop. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2000. - 248 с.
9. Гук, М. YU. Interfeysy PK [Текст]: spravochnik / M. YU. Guk. - SPb: Izdatel'stvo Piter, 1999. - 416 s.
10. Гук, М. YU. Apparatnye interfeysy PK [Текст]: entsiklopediya / M. YU. Guk. - SPb.: Izdatel'stvo Piter, 2003. - 528 s.

Nechitaylo Yulia Anatolyevna

Kharkov National Automobile and Highway University

Address: 61002, Ukraine, Kharkov, ul. Petrovsky, 25

Assistant of the Department "Automation and Computer Integrated Technologies"

E-mail: julianatol@rambler.ru

УДК 532:62-192:51-7

Л. С. УШАКОВ, Н. С. СЕВРЮГИНА

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Рассмотрены гидравлические машины ударного действия (ГМУД) как элемент сложной гидромеханической силовой импульсной системы. Установлена недостаточность информации и отсутствие системного подхода при научном обосновании уровня долговечности и технической безопасности ГМУД. Дано математическое описание процессов изменения состояния элементной составляющей в эксплуатационный период жизненного цикла ГМУД как технически безопасной системы. Дано научно обоснованное математическое описание стационарного состояния безопасности системы на примере ГМУД. Предложена методика оценки уровня технической безопасности ГМУД через ее описание в пространственно-временном континууме полей равновесия зональных плоскостей. Выполнена пространственная модель возможных состояний безопасности системы позволяющей путем оператора транспонирования вариационно оптимизировать необратимые процессы.

Ключевые слова: импульсные технологии, гидравлические ударные механизмы, техническая безопасность, теория систем, процесс, равновесие, пространство влияний, опасность.

A special place among the actual problems of modern production processes is the destroying of strong mineral environments in the mining and mineral extraction, foundations, elimination of accidents and disasters that require a great effort, i.e. the conversion of energy flows from the primary machine drives mechanical impulses of high intensity. Its defines a multidisciplinary application of pulse technology and, in turn, implies the need for further development of the theoretical and applied research of the mechanism of formation of impulse loads, development of methods of calculation and design of percussion mechanisms and machines [1, 4, 6, 15-21].

Most significant in this area is the development of hydraulic percussion machine as part of a complex of the hydromechanical power system [16].

At the earliest stages of research power pulse systems, many authors of monographs, scientific articles and books sought to systematize and classify the HPI. The systematization was based on functional and constructive signs, kinematic and power parameters. Then were analysed and classified systems of automatic control and vibroprotective devices and appliances. Recent competition between firms-manufacturers pulse technology required them to construct the highly reliable impulse technology, modern design and ergonomics. However, there is still a lack of information in the field of analysis of resource characteristics and durability of technical safety of machines and impact due to various factors, the most important of which is the commercial dissociation of manufacturers [15-21].

It should be noted that the research structural and economic changes in the industry have affected with negative points, making it virtually impossible to conduct a large-scale collection of statistical information. The increase in the cost of materials and energy made unprofitable large amounts of experimental and finishing works. It is logical to conclude that requires changes to the format of the research work towards simulation using software environments and design methods, it is necessary to adjust and develop new approaches to the stages of the creation of technological equipment [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8].

The modeling of pulse technology in durable and safe mechanical system, in our case, hydraulic machines, percussion (HPI) is based on the results of the system analysis and mathematical

description of processes of changing the status element in the operational period of the mechanical system life cycle and can be represented by an equation [2, 3, 4, 6, 7, 14, 22]:

$$S(t) = X(t) + q(t), \quad (1)$$

where $S(t)$ – the function that describes random process system state changes at discrete points in time;

$X(t)$ – state function is determined by the internal processes that occur in mechanical system;

$q(t)$ – the function that describes the impact of the environment on the state of the system.

Impulse technologies include the use of technical systems implemented in the construction of HPI, for which random process state change $X(t)$ should be eliminated or minimized. The reverse situation is able to implement the negative condition in real and lead to unpredictable results, qualitative characteristic which range from minor deviations in the specifications of various types of critical risks.

Basic theory of offer to ensure the durability of technical machines by periodic servicing, impacts on requirements. General mathematical model based on economic assessment of costs: the model provides for the maintenance and repair of all types of costs take $\Phi\{S(t)\}$ in determining the cost of all kinds of resources to manage the condition and functionality of the mechanical system [2, 3, 4, 12].

When solving the task of creating a reliable and safe technical system, optimum strategy is represented by the equation, determining the minimum expectation of functional expenses $\Phi\{S(t)\}$ the service life of a mechanical system T so when $S(t) \in \Omega$:

$$\min[\Phi\{S(t)\}], \quad 0 < t < T. \quad (2)$$

It is well known that the failure of any technical system occurs in a random point in time i.e. when the system determines the state's limit of X_{lim} , then the probability of failure $Q(T)$ for the generation that can describe the expression of:

$$Q(T) = P(t < T) = P\{X(T) > X_{lim}\}. \quad (3)$$

The total sum of random variables describing the formation of element base of technical system of failure or dangerous situation, describes the probability density function $f(t)$, allowing to define the resource system as a whole:

$$T_p = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (4)$$

It is logical to conclude that the simulation the model should take into account the possible scenarios of random processes $S(t)$ and work out the trajectory of their management i.e., set the scope of valid states Ω .

Additionally, under the influence of external factors q of $S(t)$, (t) , intend to go beyond the scope of valid states Ω . In this case, the main task of control actions is to neutralize the influence of the environment expressed by $q(t)$, and decrease the intensity of internal processes, by function $X(t)$.

For the control actions on the actual technical condition of HPI should be identified the factors causing a dangerous condition of all components of the system. In this case, the control actions are produced when HPI reaches a dangerous state, characterized by the parameter X_q . In this case, the resource that depends on the size of the interval $(X_{lim} - X_q)$, that, in practice realized by periodic test and diagnostic operations.

It is clear that an interval $(X_{lim}-X_q)$ deliberately small size relative to the period from the beginning of operation, before losing the efficiency component of the system leading to a dangerous situation, i.e. the critical change values defining a parameter $(0, X_{lim})$ that can be expressed in dimensionless form:

$$k = \frac{X_{lim}}{X_q} . \quad (5)$$

The durability and safety of HPI influenced by various factors described above and have vector form.

State space of any mechanical system in classical terms is the equation [2, 4, 12, 14]:

$$F_i(\varphi_j; C_\alpha; t; X_e) = 0 , \quad (6)$$

where φ_j – the system state variables;

X_e – the system state variables;

t - time;

C_α – control parameters.

The task is to determine how the state of the system depends on the control parameters, i.e., under what the values of control parameters will change the system state.

Consider the spatial model (expressed in vector form) changes of technical safety HPI (*BSRM* – *basis safety road machines*) in more detail [17, 21]. Each implementation of technical safety is a trajectory $S_{RM}(t)$ in the safety space *BSRM*, as well as HPI is functionally structured element base, which tend to change over time t under the influence of external and internal factors. Therefore, the technical safety HPI in general is the phase space.

Each implementation of process and system state changes over time $S_{RM}(t)$ corresponds to some state-space trajectory of S_{RM} . Additionally, t non-negative value is irreversible, and that value can be modified within $[0, T_p]$.

Equation of state of a system in terms of the technical safety is the expression:

$$S_{RM} = A\{X, q\} , \quad (7)$$

where A - an operator that defines the character of the state of the system from its internal and external processes.

At the design stage operator A can be used to implement the design model and method of calculation, as well as for the development of control actions. Operational phase-to adjust the control actions and their implementation. Initial and boundary conditions are part of the operator A [3, 7, 14].

The system into a steady state occurs as a result of physical evolution and obeys the principle of evolution by Prigogin-Glensdorfa. Prigogin-Glensdorfa theorem states that the evolution to the steady state of an arbitrary system are inequalities with consistent boundary conditions [6, 7, 13]:

$dA < 0$, condition for the evolution of system state;

$dA = 0$, condition of stationarity of system state.

For the technically secure system, in accordance with the specifications, in the space of possible states of S_{RM} selects the area of valid states Ω – the energy balance of the system, with $S_{RM}(t) \in \Omega$.

Then similar to reliability, technical safety function in a general form can be written as follows:

$$P_{SRM}(t) = P\{S_{RM}(t) \in \Omega; t \in [t_0; t_p]\}, \quad (8)$$

where $P_{SRM}(t)$ – the probability of safe operation of the system for the period between the t_0 , up to t_p ;
 t_0 – some initial time: the system is operational, the beginning of the forecast period, etc. ;
 t_p – the estimated lifetime (resource) system.

For forecasting safety HPI, in general, taking into account information on its condition:

$$P_{SRM}(t)(t/t_n) = P\{S_{RM}(t/t_n) \in \Omega(t_n); t \in [t_n; t_p]\}, \quad (9)$$

where t_n – the duration of the previous period of operation.

Similar to the efficiency, of the set of all possible states of the system S_{RM} we distinguish two classes of states: safe S_1 (If $X \in S_1$), the area of valid states Ω , and dangerous S_2 (If $X \in S_2$). This means that if the point corresponding to the end of the vector X , is in scope S_1 , the system can be considered safe. When the end of the vector X is in scope S_2 – the system constitutes a danger [7, 11, 18].

State space systems HPI can be characterized as a vector X in multidimensional space signs of irreversible processes: $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$, that is a sign of a diverse number of outcomes, that is, obviously, that information is a display of diversity.

Totality of symptoms X describes the possible states of a security S_{RM} системы. Applying this reasoning the finite element method, in which the studies of the technical systems are held by imposing on it a spatial grid, the possible states of the system safety can be provided in the form of some zonal plane and its segmentation clearly displays the processes and will provide a description of the technical system for the entire life cycle.

Segment space, graphically represented by the cage in the zonal level, reflects the regularity of processes.

Using base of systems analysis, the proposed system of plane of equilibrium, an example is seen as HPI system with functionally structured element base and secure state is the basic parameters of system balance. When applied to a system of external relations is spasmodic transition system from one equilibrium defined parametrically in another, where the resulting settings will be described in other fields, critical situations - transitions through several fields.

As already noted, the model is an abstraction of each zone of the complex. Therefore, there is interaction, the nature of which up to the present time not yet studied enough.

The find operation of interregional links named - transposition (latin transponere – to rearrange).

Two operations – transportirovanii second element zone 3_2 in the zone 3_0 Figure 1 [4, 9, 13].

Transition $d-h$ in the zone 3_0 represents a pair, expressing the nature of reversible oscillating motion (with an infinite period) for which Hamilton's principle is valid and, therefore, you can search for variation of the optimum.

When this operation occurs in the move from irreversible element to its corresponding formation, the original item remains irreversible, but carries with it a reversible element permits variation over time and, therefore, this gives you the ability to search for optimal irreversible processes involved in displaying the optimised processes.

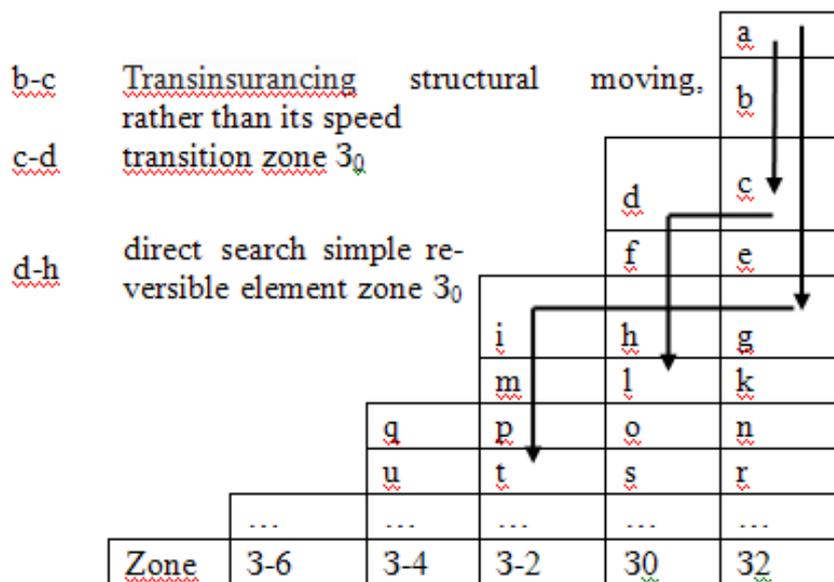


Figure 1 - The transpose operation scheme [5]

So, transposition allows to optimize the irreversible processes. Produces two classes of varied processes: invertible, supports stability and irreversible expressing systems development.

According to the theory of R. Tom the processes become unstable when the number of parameters of quantitative regularities more than five, allowing area sustainability laws of processes of upper limit of five elements [2, 5, 10, 14].

To determine the status of the class it is advisable to use the theory of pattern recognition, separating function which may be linear, quadratic, or more complex types.

CONCLUSION:

1. Considered HPI as an element of a complex power system;
2. A lack of information and systematic approach to scientific substantiation level of durability and technical safety HPI;
3. Given a mathematical description of processes, changes the status element of the operational period life cycle HPI as technically safe system.
4. Given the scientifically based mathematical description of the steady state of safe system for example, HPI.
5. The technique of evaluation of technical safety HPI through its description in the space-time continuum field balance zonal planes.
6. Is the spatial model of the possible states of the system operator by transpose variacionno enables optimization of irreversible processes.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баловнев, В. И. Выбор оптимальной землеройной машины в зависимости от условий эксплуатации – важная задача современного сервиса [Текст] / В. И. Баловнев // Механизация строительства. – 2012. - № 03. – С. 2-6.
2. Безопасность жизнедеятельности. Организационно – антропотехническая надежность функциональных систем мобильной среды строительного производства [Текст] / под ред. В. О. Чулкова – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 176 с.
3. Богомолов, А. А. Структура и семантика вариационной оптимизации транспортных машин и технологических процессов в общей теории систем [Текст]: монография / А. А. Богомолов, М. В. Бунин, Н. С. Севрюгина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 83 с.

4. Веригин, Ю. А. Синергетические основы процессов и технологий [Текст]: монография / Ю. А. Веригин, С. В. Толстеньев. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. – 158 с.
5. Глаголев, С. Н. Когнитивизация управления спросом как реакция корпорации на новые экономические условия [Текст] / С. Н. Глаголев, М. С. Старикова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2012. - №3. - С. 99-102.
6. Зорин, В. А. Основы работоспособности технических систем [Текст]: учебник для вузов / В. А. Зорин. – М.: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.
7. Зорин, В. А. Требования безопасности к наземным транспортным системам: учебник / В. А. Зорин, В. А. Даугелло, Н. С. Севрюгина. – Белгород: БелГТУ, 2009. – 186 с. (10,8/4,3 п.л.).
8. Зорин, В. А. Формирование системы менеджмента качества предприятий обслуживания и ремонта автотранспортного комплекса [Текст] / В. А. Зорин, А. М. Шакурова // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 12. – С. 39-41.
9. Севрюгина, Н. С. Вариационная трактовка жизненного цикла технических систем [Текст] / Н. С. Севрюгина, А. А. Богомолов // Строительные и дорожные машины. - 2010. - №10. – С. 48-52.
10. Севрюгина, Н. С. Инфографическая модель комплексной безопасности транспортных и технологических машин // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 6. – С. 72–74.
11. Севрюгина, Н. С. Оценка факторов риска возникновения нештатных ситуаций при эксплуатации машин ударного действия [Текст] / Н. С. Севрюгина, Е. В. Прохорова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, изд-во БГТУ, 2013. - №2– С. 192-195.
12. Севрюгина, Н. С. Применимость различных научных теорий в исследованиях надёжности дорожных машин [Текст] / Н. С. Севрюгина // Строительные и дорожные машины. – 2011. – № 6. – С. 48–51.
13. Севрюгина, Н. С. Структура и семантика вариационной оптимизации транспортных машин и технологических процессов в общей теории систем [Текст]: монография / Н. С. Севрюгина, А. А. Богомолов, М. В. Бунин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 83 с. (4,8/1,6 п.л.)
14. Севрюгина, Н. С. Теория формирования технической безопасности полного жизненного цикла транспортных и технологических машин: монография [Текст] / Н. С. Севрюгина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 179 с.
15. Ушаков, Л. С. Анализ способов и средств проведения подъемно-транспортных работ крупногабаритных грузов со смещенным центром тяжести [Текст] / Л. С. Ушаков, А. А. Паничкин, Д. Ю. Гребенченко, М. И. Жуков // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – № 1 (44). – С. 50-54.
16. Ушаков, Л. С. Гидравлические ударные механизмы – мировой опыт расчета и проектирования [Текст] / Л. С. Ушаков. – Германия: Изд.дом «Palmarium Academic Publishing», 2013. – 280с.
17. Ушаков, Л. С. Гидравлические схемы ударных устройств и исполнительные органы для горных, строительных и дорожных работ [Текст] / Л. С. Ушаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 4. – С. 17-20.
18. Ушаков, Л. С. Импульсные технологии и гидравлические ударные механизмы [Текст]: учебное пособие для вузов / Л. С. Ушаков. – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 262 с.
19. Ушаков, Л. С. К истории внедрения импульсных технологий в горном деле [Текст] / Л. С. Ушаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 2. – С. 43-45.
20. Ушаков, Л. С. Перспективы применения гидроударников в качестве рабочих органов технологических машин [Текст] / Л. С. Ушаков, Ю. Н. Каманин, Н. Д. Фабричный // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – № 3 (30). – С. 91-93.
21. Ушаков, Л. С. Энергетическая оценка волн напряжений, генерируемых в массиве [Текст] / Л. С. Ушаков, Ю. Н. Каманин, Р. А. Ределин // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 3. – С. 48-53.
22. Федерального закона от 27.12.2002г. № 184-ФЗ “О техническом регулировании”, 19 с.

Ушаков Леонид Семенович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

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

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины», директор ПНИЛ «Импульсные технологии»

E-mail: oushakov2007@mail.ru

Севрюгина Надежда Савельевна

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

L. S. USHAKOV, N. S. SEVRJUGINA

METHODS OF EVALUATING THE TECHNICAL SAFETY OF HYDRAULIC PERCUSSION INSTRUMENTS

The studied hydraulic percussion instruments (HPI) as an element of the hydromechanical impulse system. Given a mathematical description of changing the process state - status element of the operational period life cycle HPI as technically safe system. Given the scientifically based mathematical description of the steady state of system safety for example, HPI. Proposed the technique of evaluation of technical safety HPI through its description in the space-time continuum field balance zonal plan. Performed three-dimensional model of possible states of the safety system which allows to optimize irreversible processes.

Keywords: impulse technology, hydraulic percussion instruments, safety, systems theory, process, balance, risk.

BIBLIOGRAPHY

1. Balovnev, V. I. Vybór optimal'noy zemleroynoy mashiny v zavisimosti ot usloviy ekspluatatsii - vazhnaya zadacha sovremennogo servisa [Tekst] / V. I. Balovnev // Mekhanizatsiya stroitel'stva. - 2012. - № 03. - S. 2-6.
2. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. Organizatsionno - antropotekhnicheskaya nadezhnost' funktsional'nykh sistem mobil'noy sredy stroitel'nogo proizvodstva [Tekst] / pod red. V. O. Chulkova - M.: Izd-vo ASV, 2003. - 176 s.
3. Bogomolov, A. A. Struktura i semantika variatsionnoy optimizatsii transportnykh mashin i tekhnologicheskikh protsessov v obshchey teorii sistem [Tekst]: monografiya / A. A. Bogomolov, M. V. Bunin, N. S. Sevryugina. - Belgorod: Izd-vo BGTU, 2009. - 83 s.
4. Verigin, YU. A. Sinergeticheskie osnovy protsessov i tekhnologiy [Tekst]: monografiya / YU. A. Verigin, S. V. Tolstenev. - Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2007. - 158 s.
5. Glagolev, S. N. Kognitivizatsiya upravleniya sprosom kak reaktsiya korporatsii na novye ekonomicheskie usloviya [Tekst] / S. N. Glagolev, M. S. Starikova // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. - 2012. - №3. - S. 99-102.
6. Zorin, V. A. Osnovy rabotosposobnosti tekhnicheskikh sistem [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / V. A. Zorin. ? M.: OOO "Magistr-Press", 2005. ? 536 s.
7. Zorin, V. A. Trebovaniya bezopasnosti k nazemnym transportnym sistemam: uchebnik / V. A. Zorin, V. A. Daugello, N. S. Sevryugina. - Belgorod :BelGTU, 2009. - 186 c. (10,8/4,3 p.l.).
8. Zorin, V. A. Formirovanie sistemy menedzhmenta kachestva predpriyatiy obsluzhivaniya i remonta avto-transportnogo kompleksa [Tekst] / V. A. Zorin, A. M. Shakurova // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2011. - № 12. - S. 39-41.
9. Sevryugina, N. S. Variatsionnaya traktovka zhiznennogo tsikla tekhnicheskikh sistem [Tekst] /N. S. Sevryugina, A. A. Bogomolov // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2010. - №10. - S. 48-52.
10. Sevryugina, N. S. Infograficheskaya model' kompleksnoy bezopasnosti transportnykh i tekhnologicheskikh mashin // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. - 2011. - № 6. - S. 72-74.
11. Sevryugina, N. S. Otsenka faktorov riska vozniknoveniya neshtatnykh situatsiy pri ekspluatatsii mashin udarnogo deystviya [Tekst] / N. S. Sevryugina, E. V. Prokhorova // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. - Belgorod, izd-vo BGTU, 2013. - №2- S. 192-195.
12. Sevryugina, N. S. Primenimost' razlichnykh nauchnykh teoriy v issledovaniyakh nadiozhnosti dorozhnykh mashin [Tekst] / N. S. Sevryugina // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2011. - № 6. - S. 48-51.
13. Sevryugina, N. S. Struktura i semantika variatsionnoy optimizatsii transportnykh mashin i tekhnologicheskikh protsessov v obshchey teorii sistem [Tekst]: monografiya / A. A. Bogomolov, M. V. Bunin, N. S. Sevryugina. - Belgorod: Izd-vo BGTU, 2009. - 83 s.

№ 4(47) 2014 (октябрь-декабрь) Технологические машины

nologicheskikh protsessov v obshchey teorii sistem [Tekst]: monografiya / N. S. Sevryugina, A. A. Bogomolov, M. V. Bunin. - Belgorod: Izd-vo BGTU, 2009. - 83 s. (4,8/1,6 p.l.)

14. Sevryugina, N. S. Teoriya formirovaniya tekhnicheskoy bezopasnosti polnogo zhiznennogo tsikla transportnykh i tekhnologicheskikh mashin: monografiya [Tekst] / N. S. Sevryugina. - Belgorod: Izd-vo BGTU, 2012. - 179 s.

15. Ushakov, L. S. Analiz sposobov i sredstv provedeniya pod"emno-transportnykh rabot krupnogaba-ritnykh gruzov so smeshchennym tseptom tyazhesti [Tekst] / L. S. Ushakov, A. A. Panichkin, D. YU. Grebenchenko, M. I. ZHukov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - № 1 (44). - S. 50-54.

16. Ushakov, L. S. Gidravlicheskie udarnye mekhanizmy - mirovoy opyt rascheta i proektirovaniya [Tekst] / L. S. Ushakov. - Germaniya: Izd.dom "Palmarium Academic Publishing", 2013. - 280s.

17. Ushakov, L. S. Gidravlicheskie skhemy udarnykh ustroystv i ispolnitel`nye organy dlya gornykh, stroitel`nykh i dorozhnykh rabot [Tekst] / L. S. Ushakov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. - 2010. - № 4. - S. 17-20.

18. Ushakov, L. S. Impul`snyye tekhnologii i gidravlicheskie udarnye mekhanizmy [Tekst]: uchebnoe posobie dlya vuzov / L. S. Ushakov. - Orel: OrelGTU, 2009. - 262 s.

19. Ushakov, L. S. K istorii vnedreniya impul`snykh tekhnologiy v gornom dele [Tekst] / L. S. Ushakov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. - 2012. - № 2. - S. 43-45.

20. Ushakov, L. S. Perspektivy primeneniya gidroudarnikov v kachestve rabochikh organov tekhnologicheskikh mashin [Tekst] / L. S. Ushakov, YU. N. Kamanin, N. D. Fabrichnyy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 3 (30). - S. 91-93.

21. Ushakov, L. S. Energeticheskaya otsenka voln napryazheniy, generiruemykh v massive [Tekst] / L. S. Ushakov, YU. N. Kamanin, R. A. Redelin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2011. - № 3. - S. 48-53.

22. Federal`nogo zakona ot 27.12.2002g. № 184-FZ "O tekhnicheskoy regulirovani", 19 s.

Ushakov Leonid Semenovich

FGBOU VPO "State University-ESPC"

Address: 302030, Russia, Orel, Naugorskoye highway, 29

Dr.Sc.Sciences, Department of "Hoisting, construction and road machines" director PLMS "Pulse Technology"

E-mail: oushakov2007@mail.ru

Sevryugina Nadezhda Savelievna

FGBOLU VPO "Belgorod State Technological University. VG Shukhov "

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

Kandy. tehn. , assistant professor, head of the "Service of transport and technological machines"

E-mail: nssevri@yandex.ru

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

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

УДК 624.154

С. В. ЛЕБЕДЕВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИНТОВЫХ ЯКОРЕЙ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

В статье рассматривается несущая способность при выдергивании винтовых якорей глубокого заложения. Представлены схема и фотографии оборудования для изучения процесса выдергивания винтовых якорей. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению предельной несущей способности по грунту винтовых якорей глубокого заложения, подтверждающие адекватность теоретической формулы.

Ключевые слова: винтовой якорь, несущая способность, винтовая лопасть, грунт, ядро уплотнения.

ВВЕДЕНИЕ

Винтовые якоря (ВЯ) по назначению и характеру работы можно разделить на якоря мелкого и глубокого заложения. Первые часто применяют в рейдовых сооружениях лесной промышленности (плотостоянки, передерживающие запаны, формируочные и выгрузочные рейды и др.), а также в строительных машинах для рыхления мерзлых грунтов и для временного крепления машин к грунту и отличаются глубиной погружения лопасти не более 2-4 диаметров несущего витка. Вторые имеют глубину погружения не менее 5-6 диаметров несущего витка лопасти и находят все большее применение для закрепления оттяжек опор ЛЭП, укрепления грунтовых откосов и удержания трубопроводов от всплытия. Это обусловлено такими достоинствами ВЯ, как высокая несущая способность, простота и быстрота установки без нарушения естественной структуры грунта, применимость в сложных грунтовых условиях, включая обводненные грунты и грунты, подверженные морозному пучению, способность погружения в грунт без дополнительного осевого пригруза. Очевидно, важнейшей характеристикой ВЯ является несущая способность, однако, несмотря на широкое применение ВЯ, вопрос определения их несущей способности остается открытым.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ДАННОЙ ПРОБЛЕМЕ

В большинстве известных работ [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7] предлагается вести расчет предельной несущей способности ВЯ глубокого заложения по эмпирическим формулам, различие в которых заключается, по существу, лишь в обозначениях параметров.

Наиболее типичной является формула предельной несущей способности ВЯ при действии осевой выдергивающей нагрузки, приведенная в [3]:

$$F_d = F_{d0} + F_{df} = (\alpha_1 c_1 + \alpha_2 \gamma_1 h_1) \cdot A + u \cdot f_i \cdot (h - d), \quad (1)$$

где F_{d0} – предельная несущая способность лопасти;

F_{df} – предельная несущая способность ствола;

α_1, α_2 – безразмерные коэффициенты, принимаемые по [3, табл. 9] в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ_1 (под рабочей зоной понимается прилегающий к лопасти слой грунта толщиной, равной d);

c_1 – расчетное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне;

γ_1 – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше лопасти сваи (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды);

h_1 – глубина залегания лопасти сваи от природного рельефа, а при планировке территории срезкой – от уровня планировки;

A – проекция рабочей площади лопасти, т.е. за вычетом площади сечения ствола, при работе винтовой сваи на выдергивающую нагрузку;

u – периметр поперечного сечения ствола сваи;

f_i – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола винтовой сваи, принимаемое по [3, табл. 2] (осредненное значение для всех слоев в пределах глубины погружения сваи);

h – длина участка ствола, погруженного в грунт;

d – диаметр лопасти.

В зарубежной практике одной из наиболее употребительных является следующая формула предельной несущей способности ВЯ глубокого заложения [8]:

$$Q_{ult} = A \cdot (c \cdot N_c + \gamma \cdot h \cdot N_q), \quad (2)$$

где A – площадь проекции винтовой лопасти на плоскость, перпендикулярную оси якоря;

c – удельное сцепление грунта;

h – глубина заложения лопасти;

γ – удельный вес грунта;

D – диаметр винтовой лопасти;

N_c – коэффициент влияния связности грунта ($N_c = 9$ при $h \geq 5D$);

$N_q = 0,5(12 \cdot \varphi)^{0,54}$ – эмпирический коэффициент Терцаги [9];

φ – угол внутреннего трения грунта.

Формула (2) также основывается на эмпирических данных и аналогична по структуре первой части формулы (1), определяющей предельную несущую способность винтовой лопасти (составляющую, обусловленную сопротивлением грунта перемещению ствола ВЯ, формула (2) не учитывает).

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

В статье сделана попытка теоретического определения несущей способности ВЯ глубокого заложения и приведены результаты экспериментальных исследований по проверке полученных зависимостей.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЯ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Винтовой якорь (рис. 1 а) состоит из цилиндрического ствола 1 с конусным наконечником 2 и конической винтовой лопастью 3, поверхность которой является прямым архимедовым геликоидом постоянного шага. Винтовая лопасть оканчивается несущим цилиндрическим витком 4, диаметр которого равен максимальному диаметру конической части лопасти. Для передачи вращающего момента на ВЯ предусмотрен рым 5. Несущий виток 4 является основным рабочим элементом ВЯ при работе на выдергивание.

Согласно теории предельного напряженного состояния грунтов, при нагружении ВЯ глубокого заложения выдергивающей силой, превышающей структурную прочность грунта, ВЯ начинает перемещаться, в результате чего витки лопасти срезают грунт, а перед несущим витком формируется ядро уплотнения грунта [10], которое имеет форму усеченного кругового конуса с углом 2α при вершине, близким к 90° (рис. 1 б); при этом несущая способность ВЯ постепенно возрастает и после полного формирования ядра уплотнения достигает своего максимума, который называется предельной несущей способностью. При дальнейшем увеличении нагрузки грунт теряет устойчивость и ВЯ перемещается в грунте, образуя скважину диаметром, равным диаметру D несущего витка.

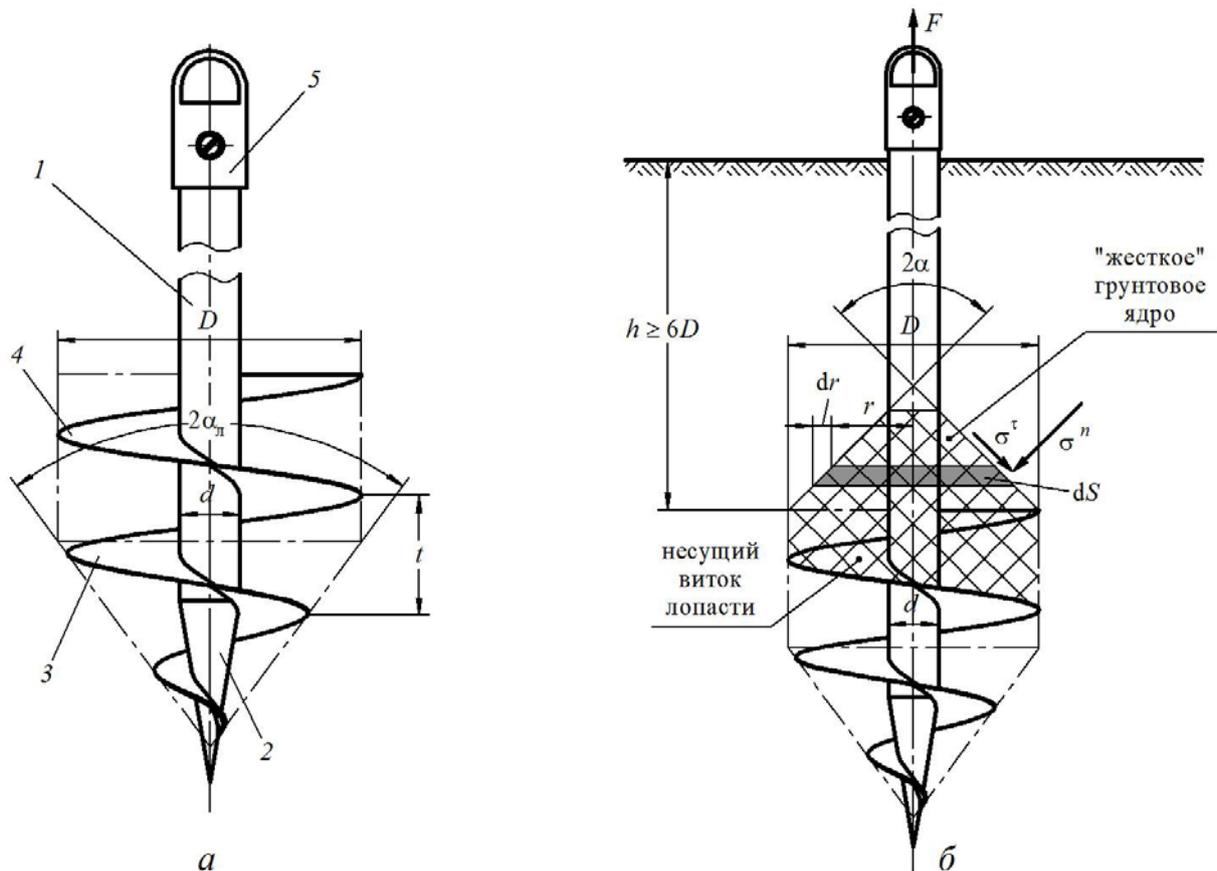


Рисунок 1 – Винтовой якорь: а – общий вид; б – расчетная схема;
 1 – ствол; 2 – конусный наконечник; 3 – винтовая лопасть; 4 – несущий виток; 5 – рым

На основании вышеизложенного, предельная несущая способность ВЯ (если пренебречь трением ствола ВЯ о грунт) определяется сопротивлением грунта перемещению уплотненного ядра. Очевидно, что на несущую способность выдерживаемого якоря будут влиять диаметры ствола d и несущего витка винтовой лопасти D и прочностные характеристики грунта в рабочей зоне, расположенной над лопастью; высота этой зоны не превышает её диаметра [10].

Условно считая уплотненное грунтовое ядро абсолютно жестким, выделим на его поверхности элемент dS (рис. 1 б). При перемещении ВЯ на этот элемент dS со стороны окружающего грунта действует нормальное напряжение σ^n обжатия. Вследствие трения и сцепления грунта на поверхности ядра возникают также касательные напряжения $\sigma^\tau = \sigma^n \cdot \operatorname{tg} \phi + c$, направленные перпендикулярно к σ_n .

Тогда предельная несущая способность ВЯ определится интегралом (рис. 1 б):

$$F = \int_{0,5D}^{0,5d} \left(\sigma^n \cdot \sin \alpha + \sigma^\tau \cdot \cos \alpha \right) \frac{2\pi r dr}{\sin \alpha},$$

где d – диаметр ствола ВЯ;

D – диаметр несущего витка винтовой лопасти;

$\frac{2\pi r dr}{\sin \alpha}$ – площадь боковой поверхности элементарного усеченного конуса с радиусами

оснований соответственно r и $r + dr$.

В результате вычисления интеграла и проведения преобразований можно получить аналитическую формулу для расчета несущей способности (подробный вывод см. в [11]):

$$F = A_{\text{пл}} \cdot \left[\sigma^n \cdot \left(1 + \frac{\text{tg } \phi}{\text{tg } \alpha} \right) + c \cdot \cos \alpha \right], \quad (3)$$

где $A_{\text{пл}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$ – площадь проекции несущего витка лопасти якоря на плоскость, перпендикулярную его оси;

σ^n – нормальное напряжение обжатия уплотненного ядра окружающим грунтом [12]:

$$\sigma^n = \left(\frac{E}{4c \cdot \cos \phi \cdot (1 - \mu^2)} \right)^{\frac{1-\xi}{2}} \cdot c \cdot (\cos \phi + \text{ctg } \phi) - c \cdot \text{ctg } \phi;$$

E – модуль деформации грунта в зоне, окружающей уплотненное ядро;

c – удельное сцепление грунта;

ϕ – угол внутреннего трения грунта;

μ – коэффициент поперечного расширения грунта: в практических расчетах для песков можно принять $\mu = \frac{1 - \sin \phi}{2}$, для суглинков и глин $\mu = 0,1 \cdot (1 + 3 \cdot I_L)$ и для супесей

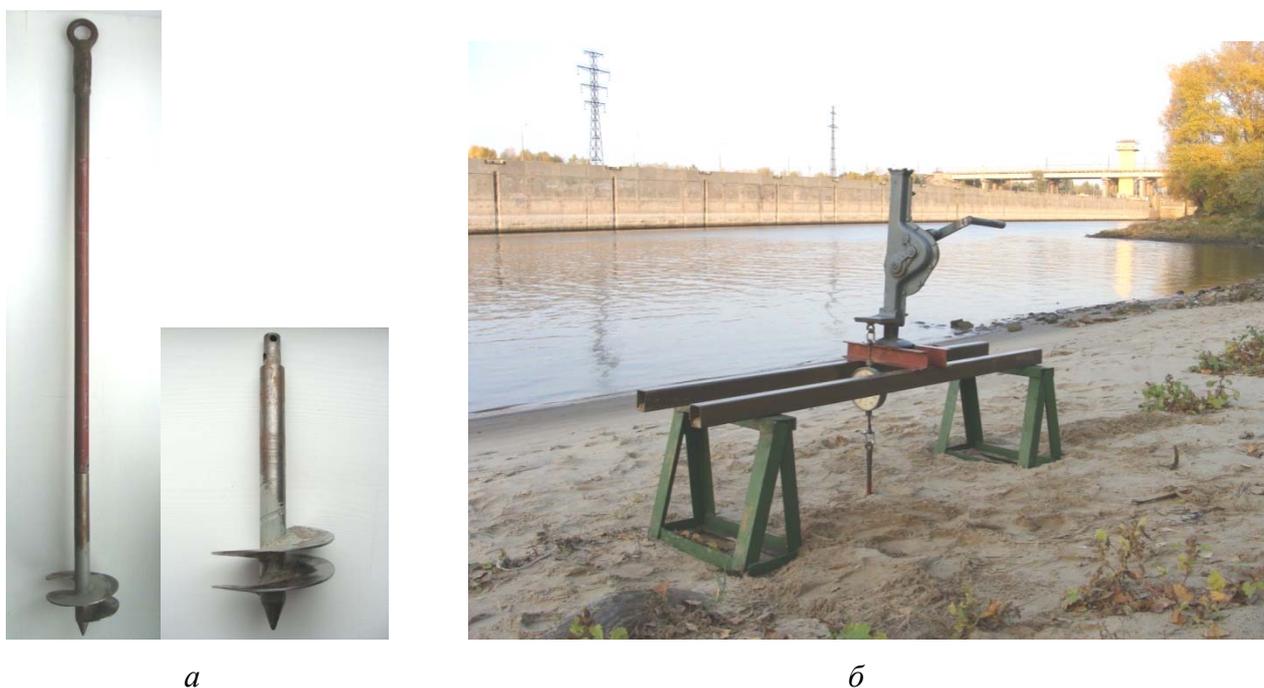
$\mu = 0,15 \cdot (1 + I_L)$ [12], здесь I_L – показатель текучести (консистенции) глинистого грунта;

$\xi = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$ – коэффициент активного сопротивления грунта.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЯ

С целью проверки адекватности полученной теоретическим путем формулы предельной несущей способности ВЯ были проведены экспериментальные исследования на ВЯ со следующими параметрами: диаметр лопасти несущего витка $D = 100$ мм, диаметр ствола $d = 22$ мм, шаг винта лопасти $t = 30$ мм (рис. 2 а).

Экспериментальная установка (рис. 2 б) для испытания ВЯ на выдергивание выполнена в виде опорной рамы и речного домкрата, установленного на ней. Для измерения усилия выдергивания ВЯ крепится к домкрату через динамометр; для измерения перемещения якоря на опоре домкрата закреплена линейка и индикатор часового типа. Схема установки представлена на рисунке 3.



а

б

Рисунок 2 – Оборудование для эксперимента:
а – винтовой якорь; б – общий вид установки

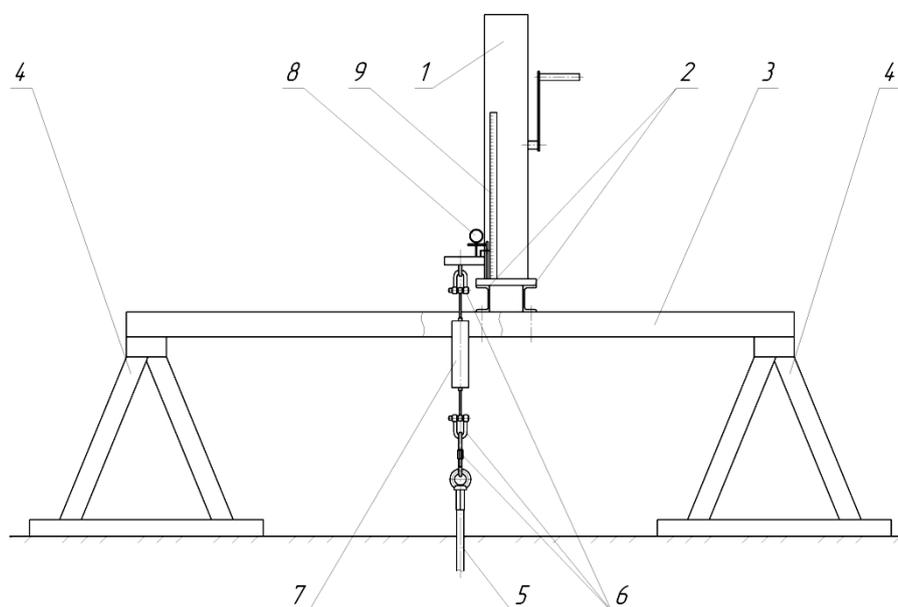


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки для исследования работы винтовых якорей:
1 – домкрат реечный; 2 – поперечные швеллеры; 3 – балки; 4 – козловые опоры;
5 – винтовой якорь; 6 – соединительные элементы (скобы, петли, талрепы); 7 – динамометр;
8 – индикатор часового типа; 9 – линейка

Исследования проводились в полевых условиях на двух площадках естественного грунта. Гранулометрический состав грунтов и их основные физические характеристики определялись согласно ГОСТам 12071-84, 30416-96, 5180-84, 12536-79, основные характеристики прочности и деформируемости грунтов – согласно ГОСТ 20276-99. Классификация грунтов по различным показателям проводилась в соответствии с ГОСТ 25100-95. Основные расчетные характеристики грунтов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные расчетные характеристики грунтов

| № площадки | Глубина залегания слоя, м | Разновидность грунта | Плотность грунта ρ , г/см ³ | Влажность w , % | Коэффициент пористости e | Индекс текучести I_L | Угол внутреннего трения φ , ° | Удельное сцепление c , кПа | Модуль деформации E , МПа | Коэффициент трения грунта по стали f |
|------------|---------------------------|----------------------|---|-------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 0 - 0,35 | Песок мелкий | 1,68 | 7,9 | 0,75 | - | 32 | 3 | 25 | 0,70 |
| | ниже 0,35 | Супесь | 1,92 | 22,6 | 0,69 | 0,13 | 29 | 30 | 24 | 0,65 |
| 2 | 0 - 0,3 | Песок мелкий | 1,47 | 3,2 | 0,76 | - | 28 | 2 | 18 | 0,68 |
| | 0,3 - 0,85 | Суглинок | 1,88 | 21,3 | 0,71 | 0,16 | 16 | 50 | 20 | 0,60 |
| | ниже 0,85 | Супесь | 1,85 | 18,0 | 0,63 | 0,06 | 20 | 60 | 22 | 0,63 |

Экспериментальные исследования проводились в следующем порядке. ВЯ заворачивался вертикально на требуемую глубину и соединительными элементами через динамометр соединялся с домкратом. Вращением рукоятки домкрата обеспечивалось медленное и плавное выдергивание ВЯ из грунта со скоростью порядка 10-20 мм/мин. Первые несколько сантиметров перемещение ВЯ измерялось с помощью индикатора, а затем по линейке. Одновременно по динамометру измерялось текущее значение выдергивающей силы.

Было проделано четыре опыта. Опыты 1 и 2 производились на площадке 1 (табл. 1). При этом выдергивание ВЯ продолжалось до тех пор, пока не была достигнута предельная величина осевой выдергивающей силы, после чего ВЯ вывинчивался из грунта. Опыты 3 и 4 производились на площадке 2 (табл. 1). Процесс выдергивания ВЯ продолжался до образования тела выпора и появления характерных трещин на поверхности грунта, после чего якорь извлекался из грунта и фиксировались форма и размеры уплотненного грунтового ядра.

Результаты опытов и их сопоставление с расчетными значениями представлены в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты опытов

| № опыта | № площадки | Глубина погружения несущего витка h , м | Относительное заглубление несущего витка лопасти h/D | Разновидность грунта | Предельное значение осевой выдерживающей силы F , Н | | | | Относительное отклонение расчетных значений от экспериментальных, % | Среднее квадратичное отклонение экспериментальных значений, Н |
|---------|------------|---|--|----------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|---|
| | | | | | по результатам опыта | по предлагаемой формуле (3) | по эмпирической зависимости (1) | по эмпирической зависимости (2) | | |
| 1 | 1 | 1,05 | 10,5 | супесь | 6370 | 5988 | 13475 | 4635 | 6,0 | 159,4 |
| 2 | 1 | 0,9 | 9,0 | супесь | 5684 | 5459 | 10094 | 3685 | 4,0 | 57,5 |
| 3 | 2 | 1,0 | 10,0 | супесь | 6174 | 5958 | 6184 | 4792 | 3,5 | 146 |
| 4 | 2 | 0,6 | 6,0 | суглинок | 3920 | 4469 | 3832 | 3744 | 14,0 | 106,6 |

После статистической обработки данных получены графические зависимости выдерживающей силы от перемещения ВЯ, представленные на рисунке 4.

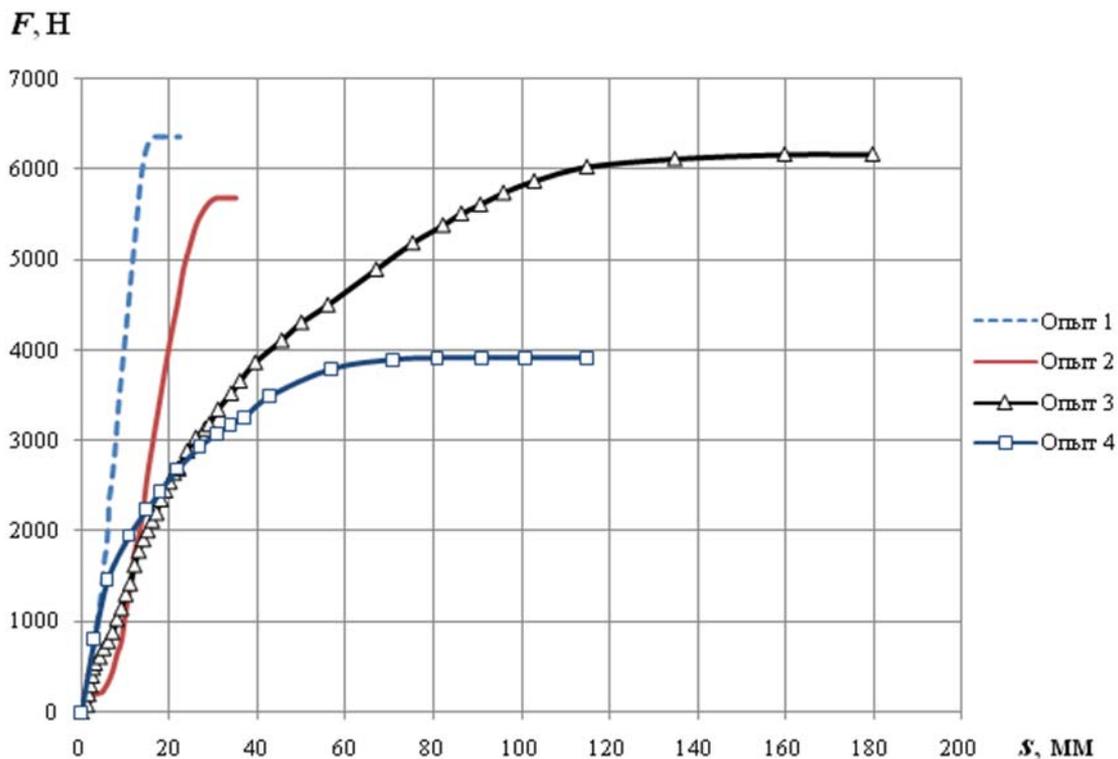


Рисунок 4 – Графики зависимости осевой выдерживающей силы от перемещения ВЯ

В опыте 3 максимальное сопротивление выдерживанию было достигнуто после перемещения ВЯ на 160 мм. После того, как ВЯ переместился вверх на 500 мм (от поверхности $h = 500$ мм), на поверхности грунта показались характерные трещины (рис. 5).

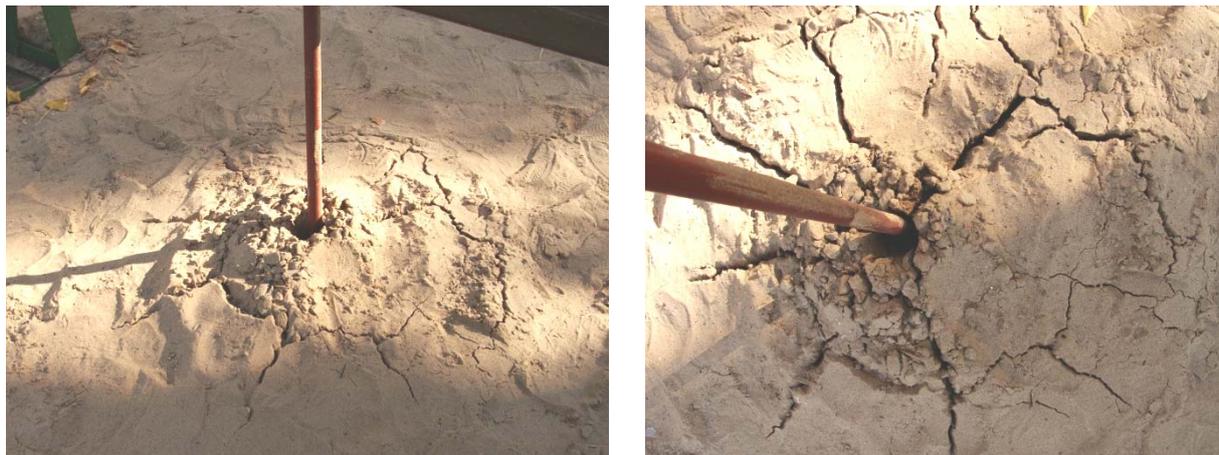


Рисунок 5 – Вид поверхности грунта при образовании тела выпора

В опыте 4 максимальное сопротивление выдергиванию было достигнуто после перемещения ВЯ на 70 мм. После того, как ВЯ переместился вверх на 150 мм (от поверхности $h = 450$ мм), образовалось тело выпора и на поверхности грунта показались характерные трещины.

Сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими значениями предельной несущей способности ВЯ, рассчитанными по формуле (3), показали сходимость результатов на всех типах испытанных грунтов в пределах $\pm 14\%$. Опыты также подтвердили наличие «жесткого» конусообразного грунтового ядра с углом конусности $2\alpha_{\text{я}} \approx 80 \dots 90^\circ$ на несущем витке лопасти (рис. 6).

Таким образом, проведенные эксперименты полностью подтвердили физическую картину взаимодействия ВЯ с грунтом при действии вертикальной выдергивающей силы, заложенную в основу теоретических исследований по определению несущей способности ВЯ глубокого заложения.

ВЫВОДЫ

В результате исследований предложена теоретическая зависимость по определению несущей способности винтового якоря глубокого заложения, которая учитывает геометрические параметры якоря и физико-механические характеристики грунта, в который он завинчен, и хорошо согласуется с проведенными экспериментальными исследованиями.



Рисунок 6 – «Жесткое» уплотненное ядро, образующееся на несущем витке лопасти ВЯ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пенчук, В. А. Винтовые сваи и анкеры для опор [Текст] / В. А. Пенчук. – К: Будівельник, 1985. – 96 с.
2. Железков, В. Н. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства [Текст] / В. Н. Железков. – СПб. : Прагма, 2004. – 128 с.
3. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты [Текст]. – Утв. постановл. Госстроя СССР № 243 от 20.12.1985. – Введ. в действие 01.01.1987. – М., 1995.
4. Богорад, Л. Я. Винтовые сваи и анкеры в электросетевом строительстве [Текст] / Л. Я. Богорад. – М.: Энергия, 1967. – 200 с.
5. СП 50–102–2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов [Текст]. – Одобр. для прим. постановл. Госстроя России № 96 от 21.06.2003. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 110 с.

6. Далматов, Б. И. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов [Текст] / Б. И. Далматов, Ф. К. Лапшин, Ю. В. Россихин; под ред. Б. И. Далматова. – Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1975. – 240 с.
7. Руководство по проектированию и устройству фундаментов мачт и башен линий связи из винтовых свай [Текст]. – М. : Стройиздат, 1965. – 40 с.
8. Donald, A. Design, Installation and Testing of Helical Piles & Anchors / A. Donald, P.E Deardorff // FPA Seminar, April, 2009. – Режим доступа: www.foundationperformance.org/pastpresentations/DeardorffPresSlides-8Apr09.pdf
9. Meyerhof, G. G. Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations / Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE. – 1976. – Vol. 102. – № GT3. – pp. 195-228.
10. Иродов, М. Д. Применение винтовых свай в строительстве [Текст] / М. Д. Иродов. – М.: Стройиздат, 1968.
11. Лебедев, С. В. Несущая способность винтовых якорей [Текст] / С. В. Лебедев, Н. Е. Ромакин // Строительные и дорожные машины. – 2014. – №2. – С. 53-56.
12. Лапшин, Ф. К. Расчет свай по предельным состояниям [Текст] / Ф. К. Лапшин. – Саратов : Изд-во СГУ, 1979. – 152 с.
13. Лебедев, С. В. Определение необходимой осевой силы пригруза, развиваемой машиной для погружения винтовых якорей в грунт [Текст] / С. В. Лебедев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №1(36). – С. 71-79.
14. Руководство по методам полевых испытаний несущей способности свай и грунтов [Текст]. – М.: ВНИИСТ, 1979. – 68 с.
15. Бейлин, И. Я. Винтовые якорные и анкерные опоры [Текст] / И. Я. Бейлин. – М., 1972. – 33 с.
16. Пенчук, В. А. Влияние формы лопасти на процесс разрушения грунта винтовым якорем [Текст] / В. А. Пенчук, Д. Г. Белицкий // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2009. – № 6(80). – С. 149-155.
17. Кананян, А. С. Экспериментальные исследования работы анкерных фундаментов [Текст] / А. С. Кананян // Основания и фундаменты. – 1963. – № 53. – С. 19-41.
18. Болдырев, Г. Г. Устойчивость и деформируемость оснований анкерных фундаментов [Текст] / Г. Г. Болдырев. – М. : Стройиздат, 1987. – 80 с.

Лебедев Сергей Владимирович

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 413800, Саратовская область, г. Балаково, ул. Чапаева, д. 140

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Высшая математика и механика»

E-mail: lebedeff-mail@mail.ru

S. V. LEBEDEV

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF DEEP SCREW ANCHORS UPLIFT CAPACITY

This article describes the results of the theoretical and experimental research of the ultimate capacity of the deep screw anchors taking account of the anchors' geometrical parameters and physico-mechanical ground's parameters. A schematic and photos of experimental equipment are considered.

Keywords: screw anchor, capacity, screw blade, ground, compressed core.

BIBLIOGRAPHY

1. Penchuk, V. A. Vintovye svai i ankery dlya opor [Tekst] / V. A. Penchuk. - K: Budivel'nik, 1985. - 96 s.
2. ZHelezkov, V. N. Vintovye svai v energeticheskoy i drugikh otraslyakh stroitel'stva [Tekst] / V. N. ZHelezkov. - SPb. : Pragma, 2004. - 128 s.
3. SNiP 2.02.03-85. Svaynye fundamenty [Tekst]. - Utv. postanovl. Gosstroya SSSR № 243 ot 20.12.1985. - Vved. v deystvie 01.01.1987. - M., 1995.
4. Bogorad, L. YA. Vintovye svai i ankery v elektrosevevom stroitel'stve [Tekst] / L. YA. Bogorad. - M.: Energiya, 1967. - 200 s.

№ 4(47) 2014 (октябрь-декабрь) Технологические машины

5. SP 50-102-2003. Proektirovanie i ustroystvo svaynykh fundamentov [Tekst]. - Odobr. dlya prim. postanovl. Gosstroya Rossii № 96 ot 21.06.2003. - M. : FGUP TSPP, 2004. - 110 s.
6. Dalmatov, B. I. Proektirovanie svaynykh fundamentov v usloviyakh slabykh gruntov [Tekst] / B. I. Dalmatov, F. K. Lapshin, YU. V. Rossikhin; pod red. B. I. Dalmatova. - L. : Stroyizdat. Leningr. otd-nie, 1975. - 240 s.
7. Rukovodstvo po proektirovaniyu i ustroystvu fundamentov macht i bashen liniy svyazi iz vintovykh svay [Tekst]. - M. : Stroyizdat, 1965. - 40 s.
8. Donald, A. Design, Installation and Testing of Helical Piles & Anchors / A. Donald, P.E Deardorff // FPA Seminar, April, 2009. - Rezhim dostupa: www.foundationperformance.org/pastpresentations/DeardorffPresSlides-8Apr09.pdf
9. Meyerhof, G. G. Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations / Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE. - 1976. - Vol. 102. - № GT3. - pp. 195-228.
10. Irodov, M. D. Primenenie vintovykh svay v stroitel'stve [Tekst] / M. D. Irodov. - M.: Stroyizdat, 1968.
11. Lebedev, S. V. Nesushchaya sposobnost' vintovykh yakorey [Tekst] / S. V. Lebedev, N. E. Romakin // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. - 2014. - №2. - S. 53-56.
12. Lapshin, F. K. Raschet svay po predel'nym sostoyaniyam [Tekst] / F. K. Lapshin. - Saratov : Izd-vo SGU, 1979. - 152 s.
13. Lebedev, S. V. Opredelenie neobkhodimoy osevoy sily prigruga, razvivaemoy mashinoy dlya pogruzheniya vintovykh yakorey v grunt [Tekst] / S. V. Lebedev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - №1(36). - S. 71-79.
14. Rukovodstvo po metodam polevykh ispytaniy nesushchey sposobnosti svay i gruntov [Tekst]. - M.: VNIIST, 1979. - 68 s.
15. Beylin, I. YA. Vintovye yakornye i ankernye opory [Tekst] / I. YA. Beylin. - M., 1972. - 33 s.
16. Penchuk, V. A. Vliyaniye formy lopasti na protsess razrusheniya grunta vintovym yakorem [Tekst] / V. A. Penchuk, D. G. Belitskiy // Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury. - 2009. - № 6(80). - S. 149-155.
17. Kananyan, A. S. Eksperimental'nye issledovaniya raboty ankernykh fundamentov [Tekst] / A. S. Kananyan // Osnovaniya i fundamente. - 1963. - № 53. - S. 19-41.
18. Boldyrev, G. G. Ustoychivost' i deformiruemost' osnovaniy ankernykh fundamentov [Tekst] / G. G. Boldyrev. - M. : Stroyizdat, 1987. - 80 s.

Lebedev Sergey Vladimirovich

Balakovo Institute of Technique, Technology and Management (branch) of Saratov State Technical University in the name of Yu.A. Gagarin

Dr.-Eng., Department of «Mathematics & Mechanics»

Address: 413800, Saratov region, Balakovo, Chapaeva st., 140

E-mail: lebedeff-mail@mail.ru

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

Подписной индекс журнала:

16376 («Пресса России»)

Подписка через редакцию:

(с любого месяца)

Информация о подписке на нашем сайте

www.gu-unpk.ru

Тел. +7 (4862) 43-48-90

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Ю. ЧАРСКИЙ, Я. ЙИРКУ

ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НАПРАВЛЕННЫЕ НА УЛУЧШЕНИЕ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ МОЛОДЫХ ВОДИТЕЛЕЙ В ВОЗРАСТЕ ОТ 18 – 24 ЛЕТ

Количество автомобильных аварий, вызванных молодыми водителями, является очень актуальной темой в течение последних двух лет. Многие аварии, где молодые люди умирают, причинены водителями в возрасте 18 – 24 лет. Статистика показывает, что поведение молодых водителей является очень непредсказуемым и большинство из трагических автомобильных аварий причинено неопытными молодыми водителями. Эта проблема может быть вызвана многими причинами, и это крайне необходимо найти границу, когда молодые водители видят свои умения и возможности. Есть много способов, как поднять знания молодых водителей – дополнительные уроки вождения, получение постоянного водительского удостоверения после 3 лет, психологические тесты и т.д.

Ключевые слова: автомобильные аварии, автомобильное движение, образование, безопасность дорожного движения, молодой водитель

INTRODUCTION

Every young driver gets the basic education for driving car usually from the age 18 – 20. In many cases the driving license is a necessary step to modern society. But many times are young drivers a potential danger to other drivers and they don't realize this fact to themselves. In the last 3 years there were many studies focused on behavior of young drivers. Most of these studies were made in Germany, UK and in the USA, where is this topic very actual because of increasing number of tragic accidents. After getting the driving license, there is no additional control of young drivers' skills. There are a few possibilities to upgrade skills, like special driving lessons focused on driving in the city or school of braking, but all these activities are volunteer and the common knowledge of these possibilities is very low as there is no duty to absolve that.

Road safety education from nursery school to driving school.

The proper general road safety education starts by young drivers in the driver school, where the future young drivers first meet the bad aspects of their behavior behind the steering wheel. Before the driving school the children are taught about road safety only rarely. The first knowledge gets the child already in the nursery school. There gets the child information about aspect of traffic and car in common. Beside that is the child taught how to behave on the streets and in case the car is coming. In the Czech Republic is this basic educational system implemented in most of the nursery schools.

During the first 4 years of school (6 – 10) the children are offered take part in special lessons, where all participants get information about behaving as pedestrians and cyclist. But in most of cases the children have to take special lessons, because this kind of education is not compulsory in the schools yet. Also parents should be more a good example of behaving on the street. This system has been already used in Germany, where the education has one of the strongest basements in Europe. The main program of many German schools is to make the topic „Safety way to school“ attractive not only for children, but also for their parents. To effect as many children and parents as possible created the German automobile club (ADAC) many brochures (please see fig. 1) and edu-

cational programs in the last 3 years, that the schools don't have to prepare anything (everything incl. materials is provided). By these sessions the children try to solve different problems connected to road safety that they can meet every day on their way to school. The common educational program prepares the future drivers. The main goal of this education is to let the children and young students find their own relationship traffic themselves. Children of 8 – 10 years are taught how to behave on the streets and how to ride a bike in a safe way.



Figure 1 – The educational brochure children 6 – 10 in Germany (source: www.adac.de)

For older students (10 – 15 years) ADAC created a higher level of „traffic“ education. The youngsters can fluently continue in their activity in level 2 education, where they learn (tabl. 1), how to go alone through the city and they learn the basic traffic rules for riding bike with other traffic (cars, public transport etc.).

Table 1 – Road safety education for children and youngster under 15 years in Germany

| Age | Point of education |
|---------|---|
| under 5 | How to behave by walking with parents |
| 5 – 10 | Behavior by walking, basic lessons of riding bike |
| 10 – 15 | Behavior by riding bike, traffic rules |

This kind of education is still missing in Czech schools. One of the possibilities was to take part in lessons for future drivers, that was offered within the high schools, but this possibility disappeared very fast and the Czech drivers has to teach everything in the driving schools.

Statistics of car accidents caused by young drivers.

As one of the main causes by car accidents of young drivers is poor knowledge of traffic and its principles in the basic row. For a young driver there are almost no borders. Having a driving license is a necessary social step and young drivers do not think about the demand of their behavior on the roads.

According to the national statistics for the year 2012, 9 788 of total 55 193 car accidents, where drivers age was known, were caused by drivers of age 18 – 24 years (fig. 2). That is 17,8%. In the same year died 90 youngsters by these car accidents (that is minus 30 in comparison to 2011). That's 13,5% of all persons killed by the car accidents (taken all age groups). In comparison to other countries in EU from 2010 (fig. 3), the Czech Republic have an opportunity in decreasing the number of deaths on the roads.

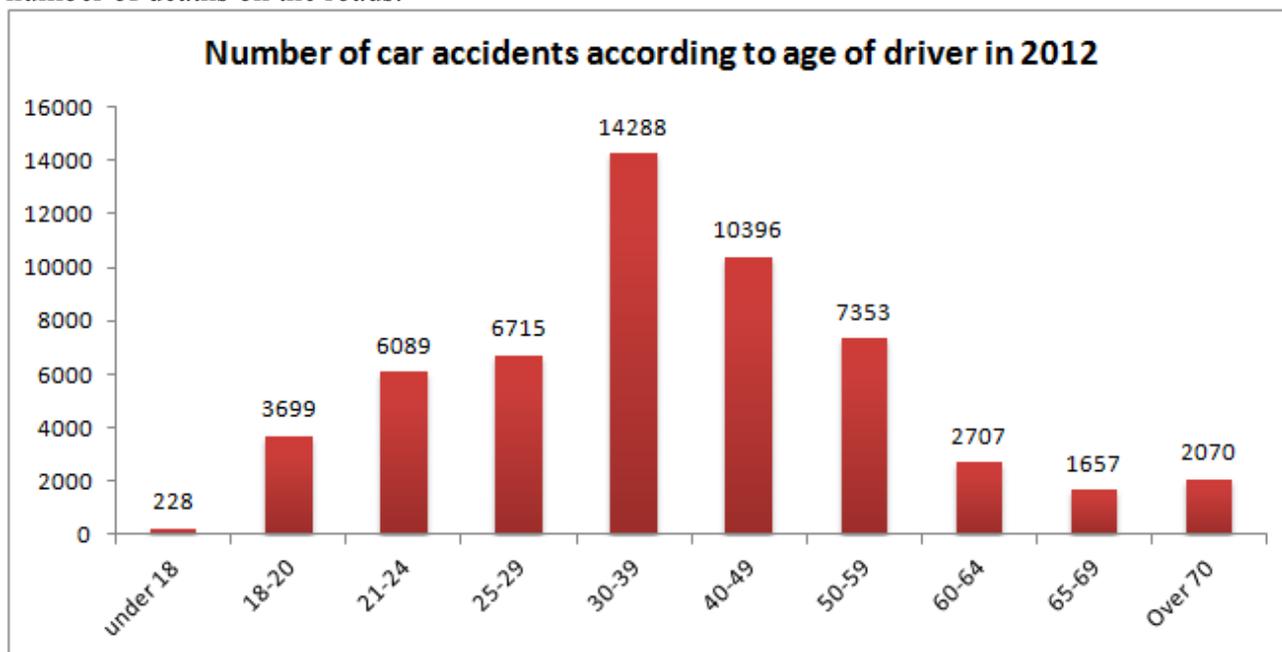


Figure 2 – Number of car accidents according to age of drivers in the Czech Republic in 2012 (source: www.policie.cz)

The main causes by car accidents are in the Czech Republic in year 2012 (and are very similar to the EU – fig. 4 and 5):

- ride off the road according to high speed (34,0 %)
- wrong style of driving (40,0 %)
- overtaking off other cars (2,5 %)
- not giving the right of way (13,5 %)
- drink drive offence (10,0 %)

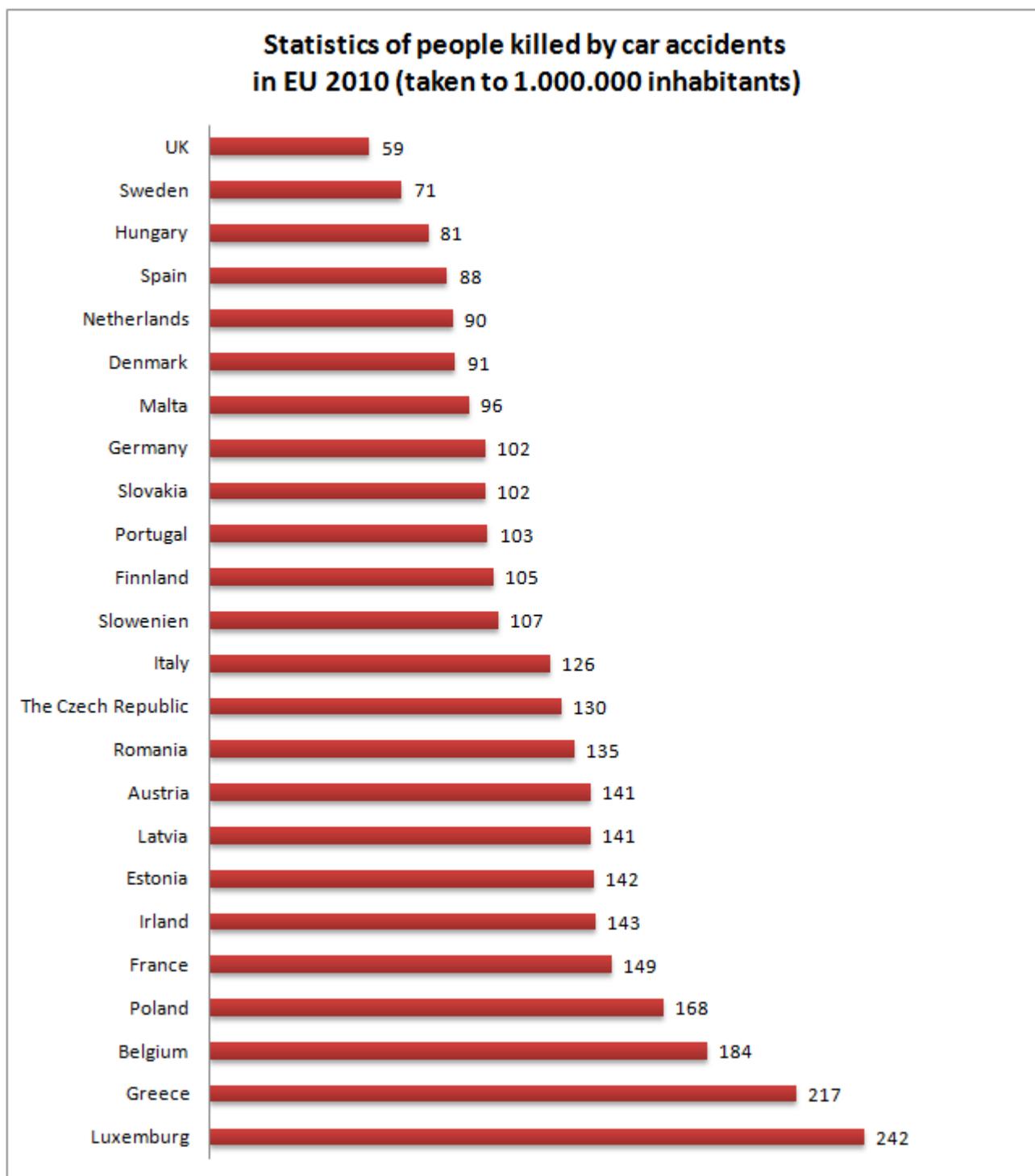


Figure 3 – Statistics of people killed by car accidents in EU in 2010 (source: www.adac.de)

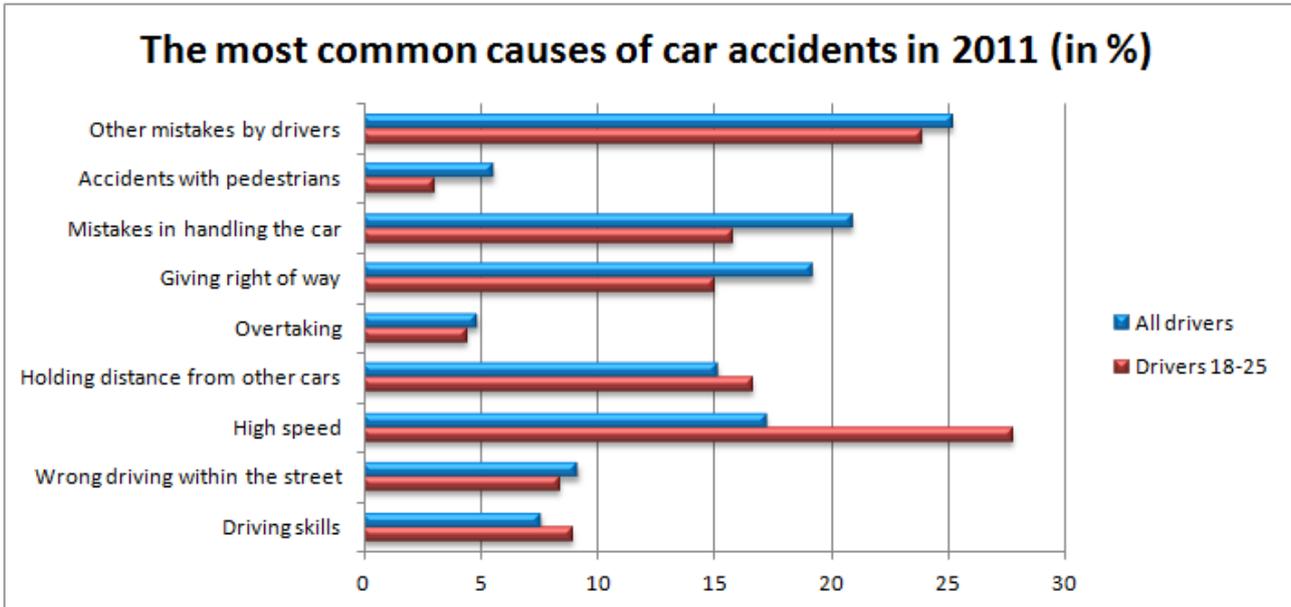


Figure 4 – The most common causes of car accidents caused by drivers of age 18 – 25 in Germany (source: www.adac.de)

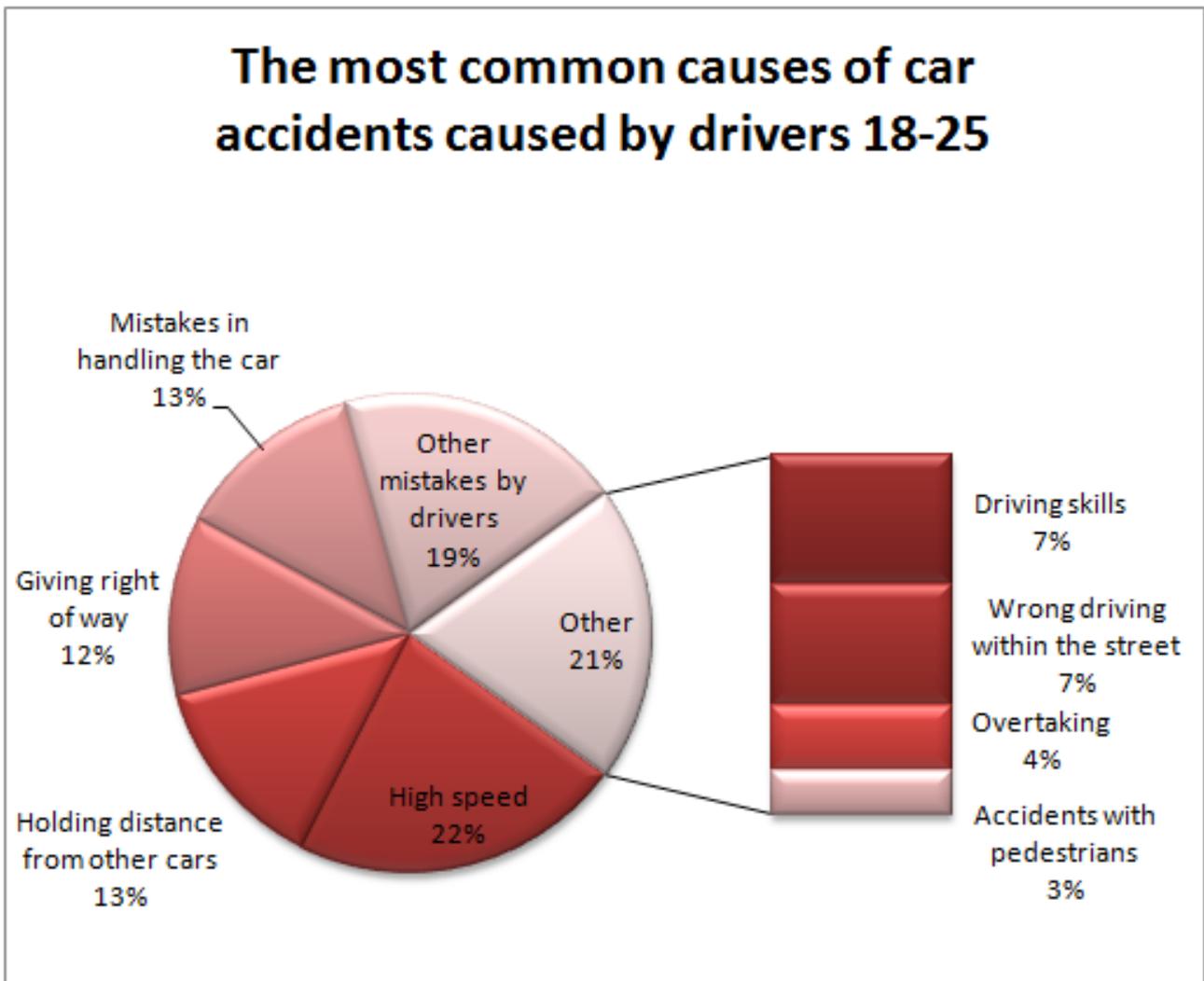


Figure 5 – The most common causes of car accidents in Germany in 2011 (in %, source: www.adac.de)

In comparison to all drivers the young drivers drive faster. This is usually based on their need to reach their own borders. Most of the accidents with tragic consequences are caused because of high speed.

SAFE DRIVING TRAININGS – RESEARCH MADE BY UNIVERSITY IN REGENSBURG AND GERMAN AUTOMOBILE CLUB (ADAC)

To find out the problematic of young drivers thinking, ADAC in cooperation with Regensburg University tested 519 young drivers in age of 18 – 24 years. The main point was to find a solution to set a new driving education for young drivers and beside that to show up where the problem is.

The young drivers were split into groups of max. 15 – 20 persons and their task were to complete a full training of „Car Control and Recovery Exercise“. The drivers filled a 100-question questionnaire, which was focused on car safety and drivers personal views of traffic in common sense and their driving skills. In this test took 201 female and 317 male parts. All drivers used their own cars during the training. They filled the same questionnaire before the training itself, after the training and after 3 months per e-mail. Totally finished the research 92 young drivers from the testing group and 24 drivers from the control group.

The results were quiet surprising, but as expected. Immediately after the training many participants reported a visible improvement in their driving skills and agreed, that they didn't have a clear view of risks they can meet on the roads. The whole testing brought many results not only for short term effect.

The most significant differences before the training and after were related to speeding, behavior behind the steering wheel, driving competence and anticipatory driving. Just in case of speed was very significant gender split. At the question of handling speed limits the participants used „sporting style“ of driving. That means to drive fast with an acceptable percent of risk. Women were more affected by the training and even after 3 months agreed, that the awareness of driving fast had still effect on their style of driving.

The test training had also effect on behavior of the drivers. During the training they were taught to take the right position, to have both hands on the steering wheel or to have right foot on the breaking pedal.

GOALS OF THE STUDY

The study in Germany showed, that after getting the driving license, additional training is highly recommended. According to the results the Czech technical university, Faculty of transport sciences, decided to use similar research model on young drivers in the Czech Republic. The research will be most focused on meanings before the driving school, after getting the driving license and then after 6 months. The control group will be made by young drivers that absolute an additional training focused on handling the car (braking, simulation of aquaplaning etc.).

The testing group awaits more than 1000 participants. Into the control group should be involved around 200 young drivers. Each participant will be asked to fill the questionnaire truly.

In the first round of this research will be asked as many driving schools in the Czech Republic as possible. The target is to cover the whole Czech Republic, not only one region. All involved young drivers will be asked by e-mail automatically after 6 months after finishing the driving school. It's awaited around 15% after 6 months. Each answer will be honored by points. According to results will be drivers sorted to 3 different groups („dangerous“ driver, „average“ driver, „safe“ driver). Results will be compared with the control group and should help to find the point, where the young driver has enough training and mainly, if the driver changed his mind or not depending on experience got in the first 6 months. It's expected that information and mainly experience will be the main force to start driving in a safe way or at least to minimize the risks that are usually taken by the young drivers in many situations on the roads.

BIBLIOGRAPHY

1. Müllenbach-Schlimme, K. (01.03.2013). Fahrsicherheits-Trainings bei jungen Fahrern immer beliebter – 2012 absolvierten 22 000 Fahranfänger ein Programm beim ADAC. <http://www.adac.de/sp/presse/meldungen/verkehrssicherheit/>.
2. Unger, T. (2012). ADAC Unfallforschung – Junge Fahrer 2012. http://www.adac.de/_mmm/pdf/Ufo_Junge_Fahrer_177_KB_149526.pdf.
3. Holte, H.: Einflussfaktoren auf das Fahrverhalten und das Unfallrisiko junger Fahrerinnen und Fahrer. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. 2012, 217 p. ISSN 0943-9315, ISBN 978-3-86918-257-5.
4. Zimmer, A. C.; Dahmen-Zimmer, K.; Bernhard, Ch.; Stahl, N.: Safe-Driving-Trainings – A Way to Enhance Driving Expertise for Young Drivers? Engineering Psychology Unit, University of Regensburg. University of Regensburg, Regensburg, 2009. 7 p.

Чарский Юрий

Чешский технический университет в Праге, Факультет транспортных наук, Прага, Чешская Республика
ул. Конвиктска 20, Прага 1, 110 00, ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
доцент, доктор технических наук, инженер, заместитель декана по образованию и учебной работе
E-mail: carsky@fd.cvut.cz

Йирку Яна

Чешский технический университет в Праге, Факультет транспортных наук, Прага, Чешская Республика
Кафедра транспортных систем, ул. Горска 3, Прага 2, 128 00, ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
инженер, аспирант
E-mail: xj1jirku@fd.cvut.cz

J. ČARSKÝ, J. JIRKŮ

**ROAD SAFETY RESEARCH FOCUSED ON IMPROVEMENT OF SKILLS
OF YOUNG DRIVERS IN AGE OF 18 – 24**

The number of car accidents caused by young drivers has been a very actual topic within the last two years. Many accidents, where young people die, are caused by drivers of age 18 – 24 years. The statistics show, that the behavior of young drivers is very unpredictable and most of the tragic car crashes are caused because by non-experienced young drivers. This problem can be caused by many reasons and it is highly necessary to find the border, when young drivers see their skills and possibilities. There are many ways how to raise the knowledge of young drivers - additional driving lessons, getting the permanent driving license after 3 years, psychological tests etc.

Keywords: car accidents, car traffic, education, road safety, young driver.

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

Jirků Jana

Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Praha (Prague), Czech Republic
Department of Transportation Systems, Horská 3, Praha 2, CZ – 128 00, CZECH REPUBLIC
MSc, student of doctoral study programme
E-mail: xj1jirku@fd.cvut.cz

С. В. ДОРОХИН

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА УЧАСТКЕ С ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТЬЮ В ПРОФИЛЕ

В статье изучены нормальные реакции на колесах автомобиля при его торможении, а именно установлено, что если коэффициент сцепления на дороге меньше расчетного по оптимальному торможению, то ограничение интенсивности торможения происходит по опасности потери управляемости автомобиля вследствие юза передних колес. Если коэффициент сцепления на дороге больше расчетного по оптимальному торможению, то ограничение тормозной силы происходит по блокировке колес заднего моста. При сопоставлении полного остановочного пути с имеющейся зоной видимости, определяется допустимая скорость движения. Несоответствие скоростей, регламентируемых СНИП и рассчитанных по предлагаемой методике, вызвано упрощением теоретической модели определения длины тормозного пути. Принятые при этом допущения о том, что шины всех колес заторможенного автомобиля одновременно полностью используют сцепление с дорогой и что величина коэффициента сцепления сохраняется во время торможения постоянной, не соответствуют действительности. Поэтому при определении допускаемых скоростей движения, особенно в области их высоких значений, необходимо учитывать зависимость коэффициента сцепления от скорости.

Ключевые слова: транспорт; безопасность; допускаемая скорость; вертикальная кривая; тормозные свойства; автомобиль.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

К настоящему времени нет достаточно надежных методов расчета допускаемых скоростей движения для участков дорог с ограниченной видимостью. Существующие теоретические расчеты скоростей движения на участках вертикальных кривых разработаны для нужд конструирования и расчета автомобилей и не могут быть использованы для нормирования.

Целью исследования является усовершенствование способов повышения безопасности движения на сложных участках лесных автомобильных дорог.

Допустимая по условиям безопасности скорость движения должна обеспечивать:

- устойчивость автомобиля в пределах полосы движения;
- возможность полной остановки в пределах расстояния видимости.

Длина тормозного пути должна быть меньше или в пределе равной расстоянию видимости, что и является основным условием при определении безопасной скорости движения [1-5].

При определении длины тормозного пути автомобиля обычно рассматривается, так называемое «аварийное торможение», то есть торможение с максимальной интенсивностью, как правило, сопровождающееся юзом колес автомобиля, потерей устойчивости и управляемости. Такое торможение может стать причиной аварии или создания аварийной ситуации. Поэтому при определении безопасной скорости следует рассматривать не «аварийное торможение», а торможение, не приводящее к потере устойчивости и управляемости [1].

Как известно [2-4], у определенных автомобилей соотношение между тормозными моментами передних и задних мостов является постоянной величиной, определяющейся конструкцией тормозных механизмов и привода. Это соотношение выбирается из условия обеспечения полного использования сцепного веса автомобиля в конкретных дорожных условиях, характеризуемых расчетным коэффициентом сцепления φ_p . Обычно при конструировании тормозных систем принимают $\varphi_p = 0,4 \dots 0,45$.

При торможении на дороге с коэффициентом сцепления меньше расчетного при чрезмерном нажатии на тормозную педаль в первую очередь начнется блокировка колес переднего моста, следствием чего может явиться потеря управляемости автомобиля. При торможении на дороге, коэффициент сцепления на которой выше расчетного значения, сначала будет происходить блокировка задних колес, что может привести к заносу автомобиля [3]. Это условие и определяет величину замедления автомобиля при торможении с высокой начальной скоростью – водитель прекращает увеличивать давление на тормозную педаль при возникновении опасности блокировки колес переднего или заднего мостов [3-6].

Высказанные положения могут быть положены в основу расчета возможного замедления автомобиля [7-11]. При этом принято, как это считается в теории автомобиля, что торможение происходит на прямом горизонтальном участке дороги, а сопротивление воздуха не оказывает практического влияния на величину тормозного пути.

Если торможение происходит по дороге, имеющей коэффициент сцепления меньше φ_p (ограничение тормозной силы по блокировке колес переднего моста), то суммарная тормозная сила может быть найдена из соотношений

$$P_{\tau} = P_{\tau_1} + P_{\tau_2},$$

где P_{τ_1} и P_{τ_2} - тормозные силы на переднем и заднем мостах.

Так как соотношение между тормозными силами переднего и заднего мостов

$$\beta = \frac{P_{\tau_1}}{P_{\tau_2}},$$

то

$$P_{\tau} = P_{\tau_1} \left(1 + \frac{1}{\beta_{\tau}} \right) = P_{\tau_1} \left(\frac{1 + \beta_{\tau}}{\beta_{\tau}} \right).$$

Величина максимальной тормозной силы для переднего моста равна

$$P_{\tau_1} = \varphi_v R_{z_1}.$$

Тогда

$$P_{\tau} = \varphi_v R_{z_1} \left(\frac{1 + \beta_{\tau}}{\beta_{\tau}} \right), \quad (1)$$

где R_{z_1} - нормальная реакция под передним мостом;

φ_v - коэффициент сцепления.

На рисунке 1 представлена схема сил, действующих на автомобиль при торможении. Составляя уравнения моментов относительно оси, проходящей через точку опор задних колес, находим

$$R_{z_1} L = Gb + P_{\tau} h_g, \quad (2)$$

где L - база автомобиля;

b - расстояние от заднего моста до центра тяжести;

h_g - высота центра тяжести.

Учитывая, что $G = M_a g$ и $P_i = P_j$, находим величину нормальной реакции под передним мостом

$$R_{z_1} = \frac{gM_a b + P_j h_g}{L}, \quad (3)$$

где P_j - сила инерции, $P_j = M_a j$;

j_v - ускорение замедления автомобиля;

M_a - масса автомобиля.

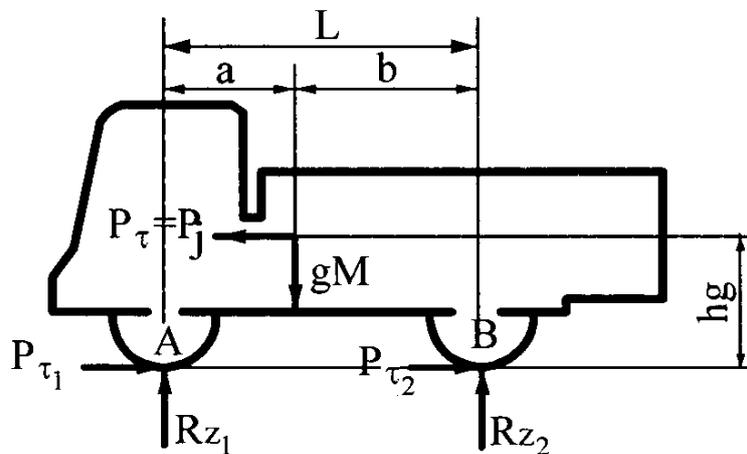


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на автомобиль при торможении

Из уравнения (2) находим нормальную реакцию под передним мостом

$$R_{z_1} = \frac{j_x M_a}{\varphi_v \left(\frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau} \right)}. \quad (4)$$

Приравняв правые части выражения (3) и (4) и сделав соответствующие преобразования, получим выражение для ускорения замедления при торможении

$$j_x = \varphi_v g \frac{\frac{b}{L} \frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau}}{1 - \frac{h_g}{L} \varphi_v \frac{1 + \beta_\tau}{\beta_\tau}}. \quad (5)$$

Если торможение происходит на дороге, имеющей коэффициент сцепления больше φ_p , то рост тормозной силы прекратится в момент, когда на колесах заднего моста будет достигнута максимальная тормозная сила сцепления [11]. Составив уравнение моментов отно-

сительно оси, проходящей через точку опор оси передних колес, и выполнив соответствующие преобразования, получим выражение для нахождения ускорения замедления:

$$j_x = \varphi_v g \frac{\frac{\alpha}{L}(1 + \beta_\tau)}{1 + \frac{hg}{L}\varphi_v(1 + \beta_\tau)}, \quad (6)$$

где a - расстояние от переднего моста до центра тяжести.

Полный остановочный путь автомобиля S_{τ_0} складывается из пути, проходимого автомобилем за время реакции S_0 , и тормозного пути S_τ

$$S_{\tau_0} = S_0 + S_\tau.$$

Длина пути S_0 зависит от начальной скорости автомобиля v_0 , продолжительности реакции водителя t_p , времени срабатывания привода t_{np} и времени нарастания замедления t_3 . Таким образом [21],

$$S_0 = \left(t_p + t_{np} + \frac{t_3}{2} \right) v_0. \quad (7)$$

По статистическим данным $t_p = 0,2 \dots 1,5$ с., $t_{np} = 0,2$ с (для гидравлического привода); $t_{np} = 0,6$ с. (для пневматического привода); $t_{np} = 1,5 \dots 2,0$ с (для автопоездов с пневматическим приводом).

Если известно ускорение замедления автомобиля, то тормозной путь может быть найден следующим образом. Допустим, что в течение малого промежутка времени Δt ускорение замедления постоянно и равно j_T . Если в момент времени $t = t_i$ скорость автомобиля равна v_i , то скорость в момент $t + \Delta t$ будет равна

$$v_{i+1} = v_i - j_T \Delta t. \quad (8)$$

Пусть ΔS_i , проходимый автомобилем за время Δt , равен

$$\Delta S_i = v_i \Delta t - \frac{j_T \Delta t^2}{2}. \quad (9)$$

Если скорость в конце торможения равна v_k , то тормозной путь находится

$$S_\tau = \sum \Delta S_i. \quad (10)$$

В формулах (5) и (6) по определению замедления входит коэффициент сцепления φ_v . Из выполненных исследований известно, что этот коэффициент зависит от многих факторов, в том числе и от скорости движения [7, 9]. Поэтому при определении допустимых скоростей движения, особенно в области их высоких значений, необходимо учитывать зависимость ко-

эфициента сцепления от скорости. При расчете допускаемой скорости принята линейная зависимость коэффициента сцепления от скорости вида

$$\varphi_v = \varphi_0(1 - Av_0), \quad (11)$$

где φ_0 - коэффициент сцепления, замеренный при малой скорости;

A - коэффициент, зависящий от состояния покрытий, типа шин и скорости движения.

Для асфальтобетонных покрытий можно принять

$$A = 0,015 \dots 0,03.$$

При расчете допускаемых скоростей рассматривалось два предельных состояния автомобиля.

Состояние А – тормозная система с минимальным запаздыванием, оптимальная развесовка, внимательный и быстро реагирующий водитель.

Состояние В – тормозная система с большим запаздыванием, неоптимальная развесовка, водитель с замедленной реакцией [12-15].

Расчеты проводились применительно к параметрам автомобиля МАЗ-5337. Коэффициент распределения тормозных моментов β_τ определялся по выражению

$$\beta_\tau = \frac{M_{\tau_1}}{M_{\tau_2}} = \frac{b + \varphi_p h_g}{a - \varphi_p h_g} \text{ при } \varphi_p = 0,45.$$

ВЫВОД

Автором выполнен расчет допускаемой скорости движения автомобиля для участков вертикальных кривых на лесных автомобильных дорогах с использованием тормозных свойств наименее нагруженных колес.

Установлено, что основной причиной дорожно-транспортных происшествий на участках вертикальных кривых является несоответствие выбираемой водителями скорости транспортно-эксплуатационным характеристикам дороги, в частности, расстоянию видимости.

Значительная часть дорожно-транспортных происшествий на участках дорог с ограниченной видимостью в профиле происходит из-за несоблюдения правил обгона и выезда на встречную полосу движения.

Существующие методы повышения безопасности движения на участках дорог с ограниченной видимостью (планировочные мероприятия, технические средства организации движения и др.) эффективны только при определенных значениях интенсивности. Так, например, устройство дополнительной полосы на подъеме экономически целесообразно при интенсивности движения более 7000 авт. сут., разметка в виде сплошной разделительной линии эффективна при 600 авт.ч и выше. Разметка проезжей части дорог с двумя полосами движения осевой прерывистой линией, применяемая в интервале интенсивности 0...600 авт/ч, не исключает вероятность возникновения аварийных ситуаций. Выбор в этих условиях безопасных режимов движения полностью возлагается на водителей, которым, как известно, свойственна определенная степень субъективизма в оценке отдельных факторов, изменяющих условия жизни на дороге [16-18].

Несоответствие скоростей, регламентируемых СНИП и рассчитанным по предлагаемой методике, вызвано, упрощением теоретической модели определения длины тормозного пути. Принятые при этом допущения о том, что шины всех колес заторможенного автомоби-

ля одновременно полностью используют сцепление с дорогой и что величина коэффициента сцепления сохраняется во время торможения постоянной, не соответствуют действительности [19, 20]. Поэтому при определении допустимых скоростей движения, особенно в области их высоких значений, необходимо учитывать зависимость коэффициента сцепления от скорости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрыпников, А. В. Теоретические основы и методы организации и управления дорожным движением [Текст] / А. В. Скрыпников // Бюллетень транспортной информации. – М. - 2010. - № 1 (175). - С.10-15.
2. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации [Текст]: монография / А. В. Скрыпников [и др.]. - М.: ФЛИНТА: Наука, 2012. - 310 с.
3. Скрыпников, А. В. Пропускная способность регулируемого перекрёстка [Текст] / А. В. Скрыпников, Т. В. Скворцова, Е. В. Кондрашова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте. - 2007. - Вып. 2. - С.201-204.
4. Скрыпников, А. В. Построение процедур выбора управленческих решений на основе оптимизационных моделей [Текст] / А. В. Скрыпников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2009. - № 10(24). - С. 217-221.
5. Скрыпников, А. В. Разработка теоретических основ и методов управления лесовозным автотранспортом // А. В. Скрыпников // Бюллетень транспортной информации. - 2009. - № 9 (171). - С. 25-27.
6. Скрыпников, А. В. К вопросу повышения безопасности движения на лесовозных автомобильных дорогах и дорогах общего пользования [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, В. Ю. Губарев, А. Б. Киреев. - Москва: изд-во ФЛИНТА: Наука, 2012. – 168 с.
7. Скрыпников, А. В. Повышение надёжности лесовозных автопоездов [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, К. А. Яковлев. ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2012. – Деп. в ВИНТИ 28.05.2012 г. № 253–В2012. – 154 с.
8. Скрыпников, А. В. Изучение вопросов отказов механизмов и узлов лесовозных автопоездов [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, О. Н. Бурмистрова, К. А. Яковлев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2012. – Деп. в ВИНТИ 28.05.2012 г. № 256–В2012. – 68 с.
9. Скрыпников, А. В. Повышение эффективности технической эксплуатации [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, А. И. Урюпин, К. А. Яковлев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2012. – Деп. в ВИНТИ 28.05.2012 г. № 258–В2012. – 66 с.
10. Скрыпников, А. В. Улучшение условий труда работников при техническом обслуживании, ремонте и эксплуатации автомобильной техники [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, К. А. Яковлев // Научное творчество XXI века. – Красноярск, 2012. – С. 151-154.
11. Скрыпников, А. В. Повышение надёжности технического состояния парка подвижного состава, специализирующегося на перевозке лесных грузов [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, К. А. Яковлев. – Москва: «Флинта», «Наука», 2012. – 152 с.
12. Курьянов, В. К. Управление, основанное на средних характеристиках транспортного потока [Текст] / В. К. Курьянов, А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвуз. - Вып.2. - Воронеж, 2007. – С. 204-209.
13. Скрыпников, А. В. Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова, А. И. Вакулин, В. Н. Логачев. – Воронеж, 2011. – 127 с. - Деп. в ВИНТИ 26.09.2011, №420-2011.
14. Скрыпников, А. В. Повышение уровня безопасности технологических процессов в агропромышленном комплексе [Текст]: монография / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, В. И. Оробинский. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». - 2012. – 63 с. - №255-В2012.
15. Скрыпников, А. В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5155.
16. Скрыпников, А. В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова // Фундаментальные исследования. - Москва. - 2011. - № 8 (ч. 3). - С. 667-671.
17. Скрыпников, А. В. Программа оценки транспортно-эксплуатационного уровня автомобильных дорог в системе автоматизированного проектирования [Текст] / А. В. Скрыпников, Т. В. Скворцова, Е. В. Кон-

драшова, А. В. Тарарыков, Д. Ю. Сухов // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2008614249. Заявка № 2008613117, зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 05.09.2008.

18. Логачев, В. Н. Математическая модель процессов загрязнения почв и растений придорожной полосы лесных автомобильных дорог [Текст] / В. Н. Логачев, А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – Мальдивские острова. – 2012. – № 2. – С. 121-123.

19. Логачев, В. Н. Параметрическое моделирование процессов переноса загрязняющих веществ в придорожной полосе лесных автомобильных дорог [Текст] / В. Н. Логачев, А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, А. И. Вакулин // Научное творчество XXI века. – Красноярск. - 2012. – Т.3. – С. 427-431.

20. Скрыпников, А. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014614265 Программа проектирования лесных автомобильных дорог [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, С. В. Дорохин, Т. В. Скворцова; правообладатель ФГБОУ ВПО «ВГУИТ». – № 2014611996 ; заявл. 11.03.2014 г. ; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 21.04.2014 г.

21. Дорохин, С. В. Методика расчета допустимой скорости движения по криволинейной траектории [Текст] / С. В. Дорохин // Мир транспорта и технологических машин. - 2014. - №3 (46). - С. 110-117.

Дорохин Сергей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Адрес: 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили и сервис»

E-mail: dsvvrm@yandex.ru

S. V. DOROHIN

THE CALCULATION THE PERMISSIBLE SPEED ON THE PLOT WITH LIMITED VISIBILITY IN THE PROFILE

In this paper we study the normal reactions on the wheels of the car when braking, and it is established that if the coefficient of friction on the road is less than the calculated optimal braking, the restriction of the braking occurs in danger of losing control of a vehicle due to skidding of the front wheels. If the coefficient of friction on the road more than the calculated optimal braking, the braking force limitation occurs by blocking the wheels of the rear axle. When comparing the full stopping distance with the existing area of visibility is determined by the permissible speed. Speed mismatch regulated building codes and calculated by the proposed method, called, simplified theoretical model for determining the length of the braking distance. Taken with the assumption that the tires on all wheels of the car braked at the same time make full use of traction and that the magnitude of the friction coefficient is kept constant during braking, do not correspond to reality. Therefore, in determining the permissible speeds, especially in the area of high values, it is necessary to take into account the dependence of the friction coefficient of the speed.

Keywords: transportation, security, permissible speed, vertical curve, inhibitory properties, car.

BIBLIOGRAPHY

1. Skrypnikov, A. V. Teoreticheskie osnovy i metody organizatsii i upravleniya dorozhnym dvizheniem [Tekst] / A. V. Skrypnikov // Byulleten` transportnoy informatsii. - M. - 2010. - № 1 (175). - S.10-15.

2. Metody, modeli i algoritmy povysheniya transportno-ekspluatatsionnykh kachestv lesnykh avtomobil'nykh dorog v protsesse proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatatsii [Tekst]: monografiya / A. V. Skryp-nikov [i dr.]. - M.: FLINTA: Nauka, 2012. - 310 s.

3. Skrypnikov, A. V. Propusknaya sposobnost` reguliruemogo perekriostka [Tekst] / A. V. Skrypnikov, T. V. Skvortsova, E. V. Kondrashova // Perspektivnye tekhnologii, transportnye sredstva i oborudovanie pri proizvodstve, ekspluatatsii, servise i remonte. - 2007. - Vyp. 2. - S.201-204.

4. Skrypnikov, A. V. Postroenie protsedur vybora upravlencheskikh resheniy na osnove optimizatsionnykh modeley [Tekst] / A. V. Skrypnikov // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Ver-nadskogo. - 2009. - № 10(24). - S. 217-221.

5. Skrypnikov, A. V. Razrabotka teoreticheskikh osnov i metodov upravleniya lesovoznym avtotrans- portom // A. V. Skrypnikov // Byulleten` transportnoy informatsii. - 2009. - № 9 (171). - S. 25-27.

6. Skrypnikov, A. V. K voprosu povysheniya bezopasnosti dvizheniya na lesovoznykh avtomobil'nykh do-rog i dorogakh obshchego pol'zovaniya [Tekst] / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, V. YU. Gubarev, A. B. Kireev. -

Moskva: izd-vo FLINTA: Nauka, 2012. - 168 s.

7. Skrypnikov, A. V. Povyshenie nadiozhnosti lesovoznykh avtopoezdov [Tekst]: monografiya / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, K. A. YAkovlev. FGBOU VPO "VGLTA". - Voronezh, 2012. - Dep. v VINITI 28.05.2012 g. № 253-V2012. - 154 s.

8. Skrypnikov, A. V. Izuchenie voprosov otkazov mekhanizmov i uzlov lesovoznykh avtopoezdov [Tekst] : monografiya / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, O. N. Burmistrova, K. A. YAkovlev. - Voronezh: FGBOU VPO "VGLTA", 2012. - Dep. v VINITI 28.05.2012 g. № 256-V2012. - 68 s.

9. Skrypnikov, A. V. Povyshenie effektivnosti tekhnicheskoy ekspluatatsii [Tekst]: monografiya / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, A. I. Uryupin, K. A. YAkovlev. - Voronezh: FGBOU VPO "VGLTA", 2012. - Dep. v VINITI 28.05.2012 g. № 258-V2012. - 66 s.

10. Skrypnikov, A. V. Uluchshenie usloviy truda rabotnikov pri tekhnicheskoy obsluzhivani, remonte i ekspluatatsii avtomobil'noy tekhniki [Tekst] / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, K. A. YAkovlev // Nauchnoe tvorchestvo XXI veka. - Krasnoyarsk, 2012. - S. 151-154.

11. Skrypnikov, A. V. Povyshenie nadezhnosti tekhnicheskogo sostoyaniya parka podvizhnogo sostava, spetsializiruyushchegosya na perevozke lesnykh gruzov [Tekst]: monografiya / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, K. A. YAkovlev. - Moskva: "Flinta", "Nauka", 2012. - 152 s.

12. Kur'yanov, V. K. Upravlenie, osnovannoe na srednikh kharakteristikakh transportnogo potoka [Tekst] / V. K. Kur'yanov, A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, T. V. Skvortsova // Perspektivnye tekhnologii, transportnye sredstva i oborudovanie pri proizvodstve, ekspluatatsii, servise i remonte: mezhvuz. - Vyp.2. - Voronezh, 2007. - S. 204-209.

13. Skrypnikov, A. V. Informatsionnye tekhnologii dlya resheniya zadach upravleniya v usloviyakh ratsional'nogo lesopol'zovaniya [Tekst]: monografiya / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, T. V. Skvortsova, A. I. Vakulin, V. N. Logachev. - Voronezh, 2011. - 127 s. - Dep. v VINITI 26.09.2011, №420-2011.

14. Skrypnikov, A. V. Povyshenie urovnya bezopasnosti tekhnologicheskikh protsessov v agropromyshlennom komplekse [Tekst]: monografiya / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, V. I. Orobinskiy. - Voronezh: FGBOU VPO "VGLTA". - 2012. - 63 s. - №255-V2012.

15. Skrypnikov, A. V. Metod optimizatsii planov remonta uchastkov lesnykh avtomobil'nykh dorog [Tekst] / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, T. V. Skvortsova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2011. - № 6; URL: www.science-education.ru/100-5155.

16. Skrypnikov, A. V. Optimizatsiya mezhremontnykh srokov lesovoznykh avtomobil'nykh dorog [Tekst] / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, T. V. Skvortsova // Fundamental'nye issledovaniya. - Moskva. - 2011. - № 8 (ch. 3). - S. 667-671.

17. Skrypnikov, A. V. Programma otsenki transportno-ekspluatatsionnogo urovnya avtomobil'nykh dorog v sisteme avtomatizirovannogo proektirovaniya [Tekst] / A. V. Skrypnikov, T. V. Skvortsova, E. V. Kondrashova, A. V. Tararykov, D. YU. Sukhov // Svidetel'stvo ob ofitsial'noy registratsii programm dlya EVM № 2008614249. Zayavka № 2008613117, zaregistrirvano v Reestre programm dlya EVM 05.09.2008.

18. Logachev, V. N. Matematicheskaya model' protsessov zagryazneniya pochv i rasteniy pridorozhnoy polosy lesnykh avtomobil'nykh dorog [Tekst] / V. N. Logachev, A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, T. V. Skvortsova // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. - Mal'divskie ostrova. - 2012. - № 2. - S. 121-123.

19. Logachev, V. N. Parametricheskoe modelirovanie protsessov perenosa zagryaznyayushchikh veshchestv v pri-dorozhnoy polose lesnykh avtomobil'nykh dorog [Tekst] / V. N. Logachev, A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, A. I. Vakulin // Nauchnoe tvorchestvo XXI veka. - Krasnoyarsk. - 2012. - T.3. - S. 427-431.

20. Skrypnikov, A. V. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2014614265 Programma proektirovaniya lesnykh avtomobil'nykh dorog [Tekst] / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, S. V. Dorokhin, T. V. Skvortsova; pravoobladatel' FGBOU VPO "VGLTA". - № 2014611996 ; zayavl. 11.03.2014 g. ; zaregistrirvano v Reestre programm dlya EVM 21.04.2014 g.

21. Dorokhin, S. V. Metodika rascheta dopustimoy skorosti dvizheniya po krivolineynoy traektorii [Tekst] / S. V. Dorokhin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2014. - №3 (46). - S. 110-117.

Dorokhin Sergey Vladimirovich

FGBOU VPO "Voronezh State Academy of Forestry"

Address: 394087, Russia, g. Voronezh, ul. Timiryazeva d. 8

Cand. tehn. Sciences, Associate Professor of "Cars and service"

E-mail: dsvvrn@yandex.ru

УДК. 656.13.051/057

Н. А. ОРЛОВ, А. А. ВЛАСОВ, Ж. А. ЧУШКИНА

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОЙ ОЧЕРЕДИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

Рассмотрено управление насыщенными транспортными потоками с использованием прогнозирующей модели. Предложена методика оценки остаточной очереди транспортных средств на основе измерений, выполненных детекторами транспорта.

Ключевые слова: насыщенное движение, светофорный объект; управление с прогнозирующей моделью; задержка; остаточная очередь.

Проблема управления насыщенными транспортными потоками принципиально отличается от проблем управления при свободном или групповом движении. Состояние светофорного объекта характеризуется превышением интенсивности движения пропускной способности пересечения и как следствие, неограниченным ростом очереди перед ним. В условиях насыщенного движения традиционными методами управления светофорными объектами невозможно обеспечить приемлемый для водителей уровень обслуживания [1]. Проведенные исследования процесса формирования очереди транспортных средств перед регулируемым перекрестком и условий образования транспортных заторов [2, 3] позволили сформулировать основные принципы управления светофорными объектами в условиях насыщенного движения [4, 5, 6]:

– управление изолированным светофорным объектом должно предусматривать минимизацию суммы задержки транспортных средств и штрафа за блокирование транспортных связей при ограничениях на длительность разрешающих сигналов;

– для магистральных улиц регулируемого движения задача управления состоит в максимизации объемов движения при соблюдении баланса входящих и исходящих потоков по магистральной улице и отсутствии заблокированных транспортных связей.

Требованиям, предъявляемым к системам управления насыщенными транспортными потоками, в полной мере отвечает управление с использованием прогнозирующих моделей (Model Predictive Control) [7, 8]. Основой MPC - управления является схема управления динамическими объектами по принципу обратной связи. На каждом шаге управления решается задача оптимального управления на прогнозируемый период k_s (именуемый горизонтом прогноза) и реализуется на горизонте управления k_c , 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 которого 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).

Горизонт прогноза k_s и горизонт управления k_c связаны соотношением:

$$k_s = n \cdot k_c,$$

где: n – достаточно большое целое число, как правило, $n = 5 \dots 15$.

Используя в своей основе оптимальное управление, МРС - управление реализует полноценное управление с обратной связью в реальном времени. Благодаря этому обеспечивается возможность эффективного управления в условиях неопределенности, вызванной действием различных возмущающих факторов и несовершенством математической модели объекта управления.

Измерения состояния транспортного потока выполняются детекторами транспорта, принцип работы и технические возможности которых можно найти в [9, 10, 11]. В не зависимости от используемой технологии обнаружения транспортных средств, детекторы транспорта позволяют выполнять точечную оценку следующих параметров транспортного потока:

- интенсивности движения в виде посекундного профиля $q(t)$ или усредненных значений \bar{q} ;
- средней скорости транспортного потока \bar{v} ;
- занятости контролируемого сечения φ .

Требуемые для выполнения оптимизации измерения текущих значений длины и положения фронта очереди транспортных средств не могут быть непосредственно выполнены детекторами транспорта. Они могут быть вычислены с учетом закономерностей формирования и разъезда очереди.

Впервые модель оценки длины очереди и задержки при жестком светофорном регулировании была предложена в работе М. Бекманна [12] с допущением о биномиальном процессе прибытия транспортных средств и детерминированном характере процесса обслуживания. Позднее в работах [13, 14, 15, 16] и др. были получены модели с различными допущениями о характере прибытия и отъезда транспортных средств, получивших наименование «точных моделей». Необходимость оценки остаточной очереди и наличие строгих ограничений, накладываемых предположением о законе распределения прибытия транспортных средств, ограничивает применимость «точных» моделей на практике.

Попытки получить закрытой формы уравнения остаточной очереди, предпринятые в работах [17, 18] не дали положительного результата, что положило начало исследованиям по получению приближенных формул (моделей с элементами аппроксимации) для оценки задержек с более простыми ограничениями, которые способны учитывать разнообразие реальных условий. Первая, широко известная приближенная формула, была получена Вебстером Ф. В. [19] при сочетании теоретического подхода и численного моделирования. В последующем данный подход к определению задержки развит в работах А. Миллера [20], Г. Невилла [18] и др. Указанные модели задержки требуют достижения стохастического равновесия. Для его достижения требуется бесконечное время при стабильных условиях движения (прибытие, обслуживание, регулирование). При низком отношении интенсивности потока к пропускной способности это достигается в разумных пределах времени, поэтому такие модели являются приемлемой аппроксимацией реальных процессов. При достижении интенсивностью движения пропускной способности время, необходимое для достижения такого равновесия, обычно превышает период, в течение которого спрос является стабильным. Кроме того, во многих случаях интенсивность движения превышает пропускную способность, при этом нарушаются принятые ограничения.

Попытки преодолеть указанные ограничения были предприняты с использованием двух различных подходов. Наиболее простой подход предполагает функцию интенсивности прибытия и разъезда рассматривать как детерминированный процесс, однако он применим только при $x \ll 1$ или $x \gg 1$. В иных условиях имеется тенденция недооценки величины очередей и задержек, так как не учитываются дополнительные очереди, которые возникают из-за стохастических колебаний прибытия и отъезда транспортных средств. Второй подход предусматривает моделирование транспортного потока на перекрестке, предполагая ста-

бильность процессов прибытия и обслуживания но, не предполагая обязательного достижения стохастического равновесия. При этом проводится оценка средней задержки и длины очереди для рассматриваемого периода времени. К данному типу моделей относится получившая широкое распространение модель задержки Highway Capacity Manual 2000 [21]:

$$d = d_1 PF + d_2 + d_3,$$

где d_1 – постоянная составляющая задержки, с/авт;

PF – фактор прогрессии;

d_2 – случайная задержка, с/авт;

d_3 – задержка перенасыщения, с/авт.

Постоянная составляющая задержки вычисляется как:

$$d_1 = 0.5 \cdot C \frac{(1 - g/C)^2}{1 - (\min(1, X) \cdot g/C)},$$

где X – степень насыщенности группы полос движения (q/c);

c – пропускная способность группы полос движения $c = s \cdot g/C$, авт/ч.

Случайная задержка определялась с учетом не стационарности процесса формирования очереди:

$$d_2 = 900T \left\{ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kIX}{cT}} \right\},$$

где T – продолжительность периода анализа в часах;

k – коэффициент корректировки, учитывающий способ управления (для пред рассчитанного управления принимается равным 0,50);

I – коэффициент корректировки, учитывающий влияние соседних перекрестков (для изолированных регулируемых пересечений равен 1.0).

Задержка перенасыщения определяется величиной остаточной очереди на анализируемом периоде T по формуле:

$$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b (1 + u) \cdot t}{cT},$$

$$t = \begin{cases} 0 & \text{при } Q_b = 0 \\ \min \left(T, \frac{Q_b}{c(1 - \min(1, X))} \right) \end{cases},$$

$$u = \begin{cases} 0 & \text{при } t < T \\ 1 - \frac{cT(1 - \min(1, X))}{Q_b} \end{cases},$$

где Q_b – величина остаточной очереди, авт;

t – продолжительность неудовлетворения спроса, ч.

Постоянная составляющая задержки d_1 , в период наличия остаточной очереди будет вычисляться при $X=1.0$, для периода $(T-t)$ отсутствия остаточной очереди будет использоваться актуальное значение X :

$$d_1 = 0.5 \cdot C \frac{(1 - g/C)^2}{1 - g/C} \cdot \frac{t}{T} + 0.5 \cdot C \frac{(1 - g/C)^2}{1 - (\min(1, X) \cdot g/C)} \cdot PF \cdot \frac{T - t}{T}.$$

Количество автомобилей в очереди определяется формулой:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

$$Q_1 = PF_2 \frac{\frac{v_L C}{3600} \left(1 - \frac{g}{C}\right)}{1 - \min(1, X_L) \frac{g}{C}},$$

$$Q_2 = 0.25 \cdot c_L T \left[(X_L - 1) + \sqrt{(X_L - 1)^2 + \frac{8k_B X_L}{c_L T} + \frac{16k_B Q_{bL}}{(c_L T)^2}} \right],$$

где v_L – интенсивность движения по полосе движения, авт/ч;

s_L – поток насыщения по полосе движения, авт/ч;

c_L – поток по полосе движения, авт/ч;

Q_{bL} – остаточная очередь по полосе движения, авт;

X_L – загруженность полосы движения (q_L/c_L);

PF_2 – коэффициент прогрессии;

k_B – коэффициент, связанный с сокращением времени прибытия к фронту очереди.

Рассмотрим функционирование детектора транспорта, расположенного на расстоянии L_{BQ} от стоп-линии (рис. 1). Вычисление остаточной очереди может быть выполнено в момент достижения фронтом очереди детектора транспорта при включении запрещающего сигнала.

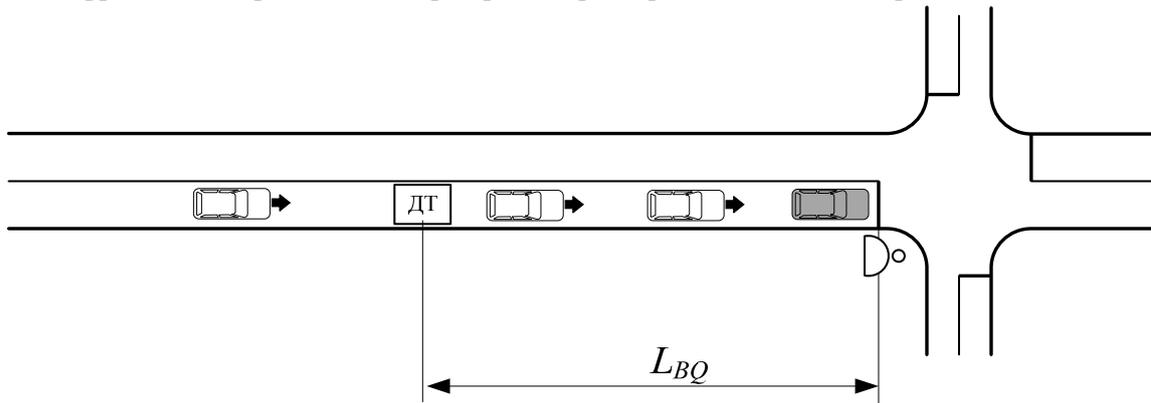


Рисунок 1 – Схема к определению остаточной очереди при помощи детектора транспорта

Величину остаточной очереди найдем как разницу между наблюдаемой очередью Q^{obs} и ожидаемой Q^p при отсутствии остаточной очереди:

$$Q_o^{obs} = Q^{obs} - Q^p.$$

Величину ожидаемой очереди Q^p вычисляется при $Q_0 = 0$:

$$Q^p = PF_2 \frac{\frac{v_L C}{3600} \left(1 - \frac{g}{C}\right)}{1 - \min(1, X_L) \frac{g}{C}} + 0.25 \cdot c_L T \left[(X_L - 1) + \sqrt{(X_L - 1)^2 + \frac{8k_B X_L}{c_L T}} \right].$$

При включении запрещающего сигнала светофора формируется фронт очереди, распространяющийся от стоп-линии в направлении детектора транспорта. В первый момент времени включен запрещающий сигнал светофора и формируется фронт очереди:

$$f_{in}^I = Q_o \cdot L_{vech} + \sum_{i=0}^r q_i \cdot L_{vech},$$

где Q_o – остаточная очередь на связи, авт;

q_i – количество прибывших автомобилей в интервале i , авт;

r – длительность запрещающего сигнала.

Во второй период включается разрешающий сигнал и положение фронта очереди будет определено следующим образом:

$$f_{in}^{II} = Q_o \cdot L_{vech} + \sum_{i=0}^b q_i \cdot L_{vech} + \sum_{j=b}^a q_j \cdot L_{vech}, \quad (1)$$

где a – длительность разрешающего сигнала, во время которого существует фронт очереди.

Положение фронта очереди определяется выражением (1). Подставим в левую часть указанного выражения положение детектора транспорта L_{BQ} :

$$L_{BQ} = (Q_o + \bar{q} \cdot t) \cdot L_{vech}. \quad (2)$$

Из полученного уравнения (2) выразим искомую величину остаточной очереди Q_o :

$$Q_o^{obs} = \max\left(0, \frac{L_{BQ}}{L_{vech}} - \bar{q} \cdot t\right).$$

При задании интенсивности движения в форме циклического профиля величина остаточной очереди Q_o соответственно вычисляется по формуле:

$$Q_o^{obs} = \max\left(0, \frac{L_{BQ}}{L_{vech}} - \sum_{t_c=g}^T q(t)\right).$$

Полученные аналитические выражения позволяют определить, как величину остаточной очереди, так и количество остановленных автомобилей. При выборе места установки детекторов транспорта следует учитывать следующие факторы:

- оценка остаточной очереди возможна только при достижении фронтом очереди детектора транспорта;
- протяженность оцениваемой остаточной очереди не может превышать расстояния от стоп-линии до точки установки детектора транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов, А. А. Адаптивные системы управления дорожным движением в городах [Текст]: монография / А. А. Власов. – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2012. – 162 с.
2. Орлов, Н. А. Управление насыщенными транспортными потоками в городах: моногр [Текст] / А. А. Власов // Пенза: ПГУАС. - 2014. - 120 с.
3. Орлов, Н. А. Динамика очереди транспортных средств перед регулируемым перекрестком [Текст] / А. А. Власов, Ж. А. Чушкина // Региональная архитектура и строительство, 2014. – № 3(20). – 8 с.
4. Орлов, Н. А. Синхронизация работы светофорных объектов в условиях насыщенного движения [Электронный ресурс] / Н. А. Орлов, А. А. Власов, К. А. Чушкина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12572 (дата обращения: 10.07.2014).
5. Орлов, Н. А. Методика расчета режимов работы светофорных объектов в условиях насыщенного движения [Электронный ресурс] / Н. А. Орлов, А. А. Власов, К. А. Чушкина // Интернет-журнал «Науковедение», 2014 №2 (21) – М.: Науковедение. - 2013. - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/02TVN214.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ. (дата обращения: 03.04.2014).
6. Орлов, Н. А. Расчет режимов работы светофорного объекта в условиях насыщенного движения [Электронный ресурс] / Н. А. Орлов, А. А. Власов, Д. В. Портов, П. Б. Скрипкин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: www.science-education.ru/117-13145 (дата обращения: 10.07.2014).

7. Орлов, Н. А. Методика управления транспортными потоками с использованием прогнозирующей модели [Текст] / 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.
8. Hegyi, A. Model Predictive Control for Integrating Traffic Control Measures. PhDthesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2004.
9. Печерский, М. П. Автоматизированные системы управления дорожным движением [Текст] / В. Г. Хорович. – М.: Транспорт, 1979. – 175 с.
10. Хилажев, Е. Б. Системы и средства автоматизированного управления дорожным движением в городах [Текст] / В. С. Соколовский, В. М. Гурулев, Я. И. Зайденберг. – М. Транспорт, 1984, – 183 с.
11. Traffic Detector Handbook: Third Edition – Volume I / FHWA-HRT-06-108, 2006 – 291 p.
12. Beckmann, M. J., C. B. Mc Guire, and C. B. Winsten . Studies in the Economics in Transportation. New Haven, Yale University Press. 1956
13. Little, J. D. C. Approximate Expected Delays for Several Maneuvers by Driver in a Poisson Traffic. OperationsResearch, 9, pp. 39-52.
14. Darroch, J. N. On the Traffic-Light Queue. Ann. Math. Statist., 35, pp. 380-388.
15. McNeil, D. R. A Solution to the Fixed-Cycle Traffic Light Problem for Compound Poisson Arrivals. J. Appl. Prob. 5, pp. 624-635.
16. Herman R. and Weiss G. H.. Comments on the highway crossing problem. Operations Research, 9(6), 1961, pp. 828–840
17. Haight, F. A. (1959). Overflow At A Traffic Flow. Biometrika. Vol. 46, Nos. 3 and 4, pp. 420-424.
18. Newell, G. F. Approximation Methods for Queues with Application to the Fixed-Cycle Traffic Light. SIAM Review, Vol.7.
19. Webster, F. V. Traffic Signal Settings. Road Research Laboratory Technical Paper No. 39, HMSO, London, 1958.
20. Miller, A. J. A Computer Control System for Traffic Network. Proceedings of the Second International Symposium on the Theory of Road Traffic Flow, Paris, France, 1963, pp. 200-220.
21. Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2000. ISBN 0-309-06681-6.

Орлов Никита Андреевич

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28
Аспирант кафедры «Организация и безопасность движения»
E-mail: obd@pguas.ru

Власов Алексей Александрович

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»
E-mail: vlasov_a71@mail.ru

Чушкина Жанна Александровна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28
Студент группы ТТП-21
E-mail: zhanna2108.95@mail.ru

N. A. ORLOV, A. A. VLASOV, ZH. A. CHUSHKINA

ESTIMATION OF RESIDUAL QUEUE OF VEHICLES ON ADJUSTABLE INTERSECTIONS

Control of the saturated transport streams with use of predicting model is considered. The technique of an estimation of residual queue of vehicles on the basis of the measurements executed by detectors of transport is offered.

Keywords: saturated movement, traffic control light, model predictive control, transport delay, residual queue

BIBLIOGRAPHY

1. Vlasov, A. A. Adaptivnye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodakh [Tekst]: monogra-fiya / A. A. Vlasov. - Penza: Izd-vo PGUAS, 2012. - 162 s.
2. Orlov, N. A. Upravlenie nasyshchennymi transportnymi potokami v gorodakh: monogr [Tekst] / A. A. Vlasov // Penza: PGUAS. - 2014. - 120 s.
3. Orlov, N. A. Dinamika ocheredi transportnykh sredstv pered reguliruemym perekrestkom [Tekst] / A. A. Vlasov, Zh. A. Chushkina // Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo, 2014. - № 3(20). - 8 s.
4. Orlov, N. A. Sinkhronizatsiya raboty svetofornykh ob'ektov v usloviyakh nasyshchennogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / N. A. Orlov, A. A. Vlasov, K. A. Chushkina // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2014. - № 2; URL: www.science-education.ru/116-12572 (data obrashcheniya: 10.07.2014).
5. Orlov, N. A. Metodika rascheta rezhimov raboty svetofornykh ob'ektov v usloviyakh nasyshchennogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / N. A. Orlov, A. A. Vlasov, K. A. Chushkina // Internet-zhurnal "Naukovedenie", 2014 №2 (21) - M.: Naukovedenie. - 2013. - Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/02TVN214.pdf>, svobodnyy. - Zagl. s ekrana. - YAz. rus., angl. (data obrashcheniya: 03.04.2014).
6. Orlov, N. A. Raschet rezhimov raboty svetofornogo ob'ekta v usloviyakh nasyshchennogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / N. A. Orlov, A. A. Vlasov, D. V. Portov, P. B. Skripkin // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2014. - № 3; URL: www.science-education.ru/117-13145 (data obrashcheniya: 10.07.2014).
7. Orlov, N. A. Metodika upravleniya transportnymi potokami s ispol'zovaniem prognoziruyushchey modeli [Tekst] / A. A. Vlasov, A. M. Gorelov // Sbornik dokladov desyatoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh". - SPb gos. arkh. - stroit. un-t. SPb. - 2012. - S. 206 - 211.
8. Hegyi, A. Model Predictive Control for Integrating Traffic Control Measures. PhDthesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 2004.
9. Pecherskiy, M. P. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem [Tekst] / V. G. Horovich. - M.: Transport, 1979. - 175 s.
10. Hilazhev, E. B. Sistemy i sredstva avtomatizirovannogo upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodakh [Tekst] / V. S. Sokolovskiy, V. M. Gurulev, YA. I. Zaydenberg. - M. Transport, 1984, - 183 s.
11. Traffic Detector Handbook: Third Edition – Volume I / FHWA-HRT-06-108, 2006 – 291 p.
12. Beckmann, M. J., C. B. Mc Guire, and C. B. Winsten. Studies in the Economics in Transportation. New Haven, Yale University Press. 1956
13. Little, J. D. C. Approximate Expected Delays for Several Maneuvers by Driver in a Poisson Traffic. Operations Research, 9, pp. 39-52.
14. Darroch, J. N. On the Traffic-Light Queue. Ann. Math. Statist., 35, pp. 380-388.
15. McNeil, D. R. A Solution to the Fixed-Cycle Traffic Light Problem for Compound Poisson Arrivals. J. Appl. Prob. 5, pp. 624-635.
16. Herman R. and Weiss G. H.. Comments on the highway crossing problem. Operations Research, 9(6), 1961, pp. 828–840.
17. Haight, F. A. (1959). Overflow At A Traffic Flow. Biometrika. Vol. 46, Nos. 3 and 4, pp. 420-424.
18. Newell, G. F. Approximation Methods for Queues with Application to the Fixed-Cycle Traffic Light. SIAM Review, Vol.7.
19. Webster, F. V. Traffic Signal Settings. Road Research Laboratory Technical Paper No. 39, HMSO, London, 1958.
20. Miller, A. J. A Computer Control System for Traffic Network. Proceedings of the Second International Symposium on the Theory of Road Traffic Flow, Paris, France, 1963, pp. 200-220.
21. Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2000. ISBN 0-309-06681-6.

Orlov Nikita Andreyevich

Penza State University of the Architecture and Building, Russia, Penza
Postgraduate of the department «Organization of Safety Road Traffic»
E-mail: obd@pguas.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

Chushkina Zhanna Aleksandrovna

Penza State University of the Architecture and Building, Russia, Penza
The student of group TTP-21
E-mail: zhanna2108.95@mail.ru

РАЗВИТИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ ДОРОГАМИ В ЧЕШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Развитие систем управления дорогами (автомагистралями) является актуальной задачей в Чешской Республике. В этот момент могут быть разграничены три поколения систем управления дорогами. Первое поколение положило начало дальнейшему развитию и основано на базовых подходах общего правила. Второе поколение, которое в настоящее время развивается, представляет улучшение и расширение первого, включая нечеткую логику. Третье поколение - вопрос будущего развития. Авторы считают, что мультиагентные системы представляют собой перспективный (многообещающий) подход. Таким образом, основные принципы, преимущества и причины применения мультиагентных систем для управления дорогами соответствующим образом рассматриваются и обсуждаются.

Ключевые слова: управление дорогами (автомагистралями), мультиагентные системы.

INTRODUCTION

Increasing personal mobility and related traffic demand are phenomena which characterize our modern society. The existing road infrastructure becomes insufficient and traffic engineers have to face the problem of traffic congestions. Although this issue is common for both urban and highway/freeway network, the nature of both networks leads to different control approaches.

This paper is focused on the issue of highways. The first part introduces the highway management, a general term for technics, technologies and approaches to the highway control. The following part describes the state-of-the-art of the highway management in the Czech Republic and the last part deals with multi-agent systems and discusses their possible usage for highway management.

HIGHWAY MANAGEMENT

As mentioned above, highway management is a general term for technics, technologies and approaches to the highway control, which aim to make the existing infrastructure more efficient. The main objectives of highway management systems are: to control regular (1) and irregular (2) congestions, and to increase the road safety (3). Figure 1 shows a survey of the mentioned objectives and the strategies which are commonly used to meet them.

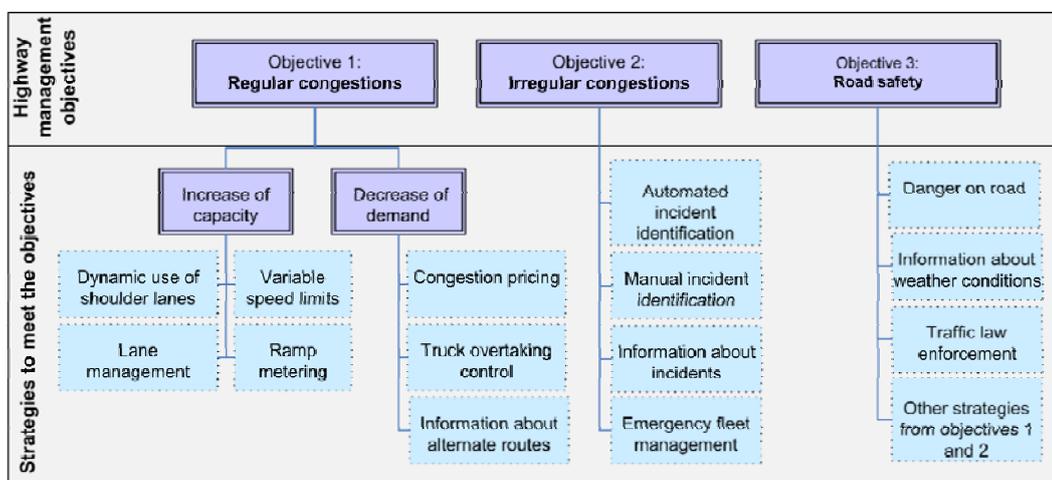


Figure 1 – Main objectives of a highway management system (adopted from Příbyl [1]).

The experience from previous research demonstrates that the introduction of highway management systems contributes to the improvement of the traffic flow. Table 1, adopted from *Jacobson* [2], shows a comprehensive overview of the benefits reached by highway management use.

Table 1 - Positive effects of highway management (adopted from *Jacobson* [2])

| Parameter | Typical effect |
|----------------------------------|---|
| Travel time | Decreased by 20% – 48% |
| Time to clear a traffic accident | Average reduction of 23 minutes (50%) |
| Average speed | Increased by 16% – 62% |
| Highway capacity | Increased by 17% – 25% |
| Number of traffic accidents | Reduced by 15% – 50% |
| Fuel consumption | Reduced by 41% in congested areas |
| Air pollution | HC emissions' reduction – 1400 tons per year NOx emissions' reduction – 1200 tons per year |

HIGHWAY MANAGEMENT SYSTEMS IN THE CZECH REPUBLIC

Highway and freeway network in the Czech Republic was originally designed for much lower traffic flows than the real flows observed nowadays. Furthermore, the inhabitants of major cities of the Czech Republic have a habit of leaving their city residents on weekends. Thus, the Friday and Sunday afternoons, when people are leaving and respectively arriving to their residences, become to be critical on highways. Moreover, the residents get used to moving out of the cities to the suburbs or surrounding towns. The typical morning and afternoon peak hours are then observed not only in urban areas but also on city ring roads and on highways leading to the cities.

At the turn of centuries, it became clear that the problem of increasing traffic flow needed to be addressed. The projects of highway extension, widening and complete modernization (the implementation of highway management systems included) started to be discussed. As a result, several projects were launched. Among others, the project INEP focused on implementation of the 1st generation of highway management systems in the Czech Republic was conducted. The project was principally solved by the company *Eltoodo EG, a.s.* [3] and the Czech Technical University in Prague in the years 2008 – 2010 with financial support from Ministry of Transport. The main objective of the project was to lay the foundations of highway management systems in the Czech Republic. A modular framework for highway management was established and several algorithms for traffic control were analyzed and tested by micro-simulation models. Finally, rather straightforward speed harmonization algorithm based on decision trees was implemented on the Prague city ring.

The project INEP was successfully closed and its results put the basis for further projects and development. The project SIRID, running from 2012, builds on the mentioned results. It aims to move to the 2nd generation of highway management systems. The simple decision trees algorithm is planned to be extended by fuzzy logic and, afterwards, tested with real data and implemented. A preliminary study which has been recently carried out provides promising results. The project closure is planned on 2015.

The 3rd generation of highway management systems in the Czech Republic is under consideration in the near future. It is believed by authors that multi-agent systems have great potential for highway management [4-7]). A brief introduction to multi-agent systems and the main reasons for their implementation in highway management are presented in the following part of this paper.

MULTI-AGENT SYSTEMS FOR HIGHWAY MANAGEMENT

An agent is an entity which perceives its environment and acts upon it. The perception and action are respectively carried out through sensors and actuators [8]. Then, the theory of multi-agent systems states that a multi-agent system consists of multiple agents which interact within the environment. Each agent is capable of autonomous action in order to achieve its delegated objective [9].

The mathematical formulation of a multi-agent system is described in many publications (e.g. [8-10]). The following steps provide a summary of the approach:

Step 1: Determine global objectives and goals.

Step 2: Determine the agents and their roles in the global system.

Step 3: Determine the set of states of the world (environment) $S = \{s_t\}$.

Step 4: Define the agents' utility function $u_t : S \rightarrow \mathbb{R}$.

Step 5: Define a set of actions $A = \{a_t\}$ arising from the agent observations θ_t .

The utility function from the step 4 provides a map from the states of the world (environment) to a real number. Thereafter each agent seeks to maximize this real number and in that way the utility function represents the agents' behavior.

Once all described steps are completed, the agent selects an action at the time t , based on the history of observations θ_t and its previous actions

$$a_t = \pi(\theta_t, a_{t-1}, \theta_{t-1}, a_{t-2}, \dots, a_1, \theta_1). \quad (1)$$

Then, if the problem is moved to the stochastic world, the expected utility $u(s_{t+1})$ is maximized and the optimal action a_t^* of the agent at state s_t can be expressed as

$$a_t^* = \arg \max_{a_t \in A} \sum_{s_{t+1}} p(s_{t+1} | s_t, a_t) u(s_{t+1}). \quad (2)$$

The application of multi-agent systems is suitable in case of distributed problems which are difficult or impossible to solve by one individual agent. The idea of introducing the multi-agent systems to the highway management is arising from the nature of the problem. The traffic congestions are distributed along the whole highway and a congestion arising at the first kilometer of the highway does not have almost anything in common with another congestion formed at the two-hundredth kilometer. Hence, the global control is not required, only a global objective is established (e.g. fluent traffic flow).

Figure 2 shows the block diagram of an agent which is inspired by the COSY architecture proposed by *Burmeister et al.* [4]. In the case of the application to highway management, the environment corresponds to the highway (more precisely to a highway section) and its traffic flow. The state s_t describes the state of given highway section in time t . The state s_t includes both traffic flow parameters (i.e. speed, intensity, etc.) and the real state of the highway section (i.e. weather conditions, restrictions on the highway, etc.). Each agent obtains such information via sensors, interacts with the other agents, evaluates the received information and then, in order to achieve the global objective, selects an action a_t which influences the environment and changes its state. The action on highway is represented by a message on variable message signs (i.e. speed restrictions, re-routing instructions, etc.).

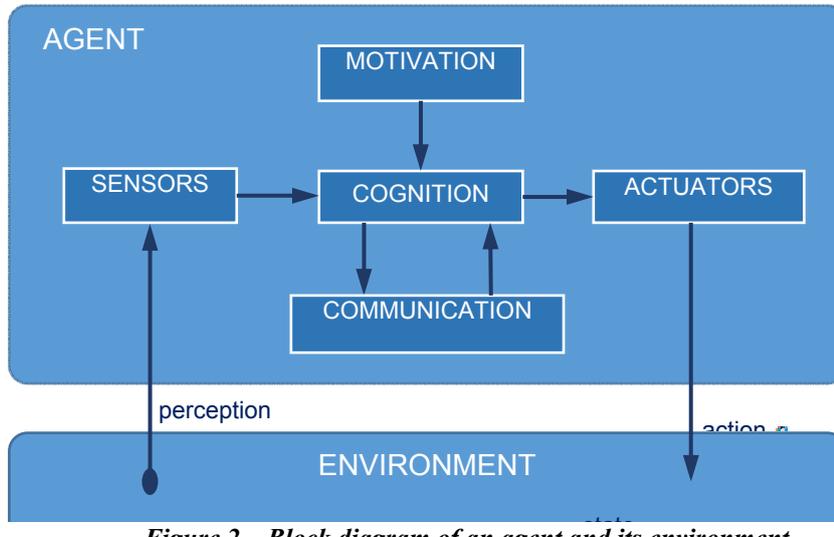


Figure 2 – Block diagram of an agent and its environment

An important point of multi-agent systems is the interaction, the communication and the co-operation among the agents. If transformed to the practice, it is better to decrease the speed in several highway sections than maintain free flow in one section at the expense of the deterioration of congestions in the other sections. Another important point is possible heterogeneity of the system. Each agent can be designed in a different way. Such agents have different roles in the global system and their behavior varies according to the roles. The agents in highway management can be responsible for ramp metering or speed harmonization or automated incident detection, etc.

Figure 3 demonstrates a possible setting of a multi-agent system on the highway. The figure displays only one section of the highway where one Master Agent acts. The agent receives data from weather sensors, detector stations and possibly from vehicles equipped by special devices. The agent interact with the adjacent agents (actuating on another sections). Afterwards, it makes a decision and acts through variable message signs. If desired, an operator may intervene in the system and if necessary, he/she can assume the role of computer agent and make an action manually (i.e. to set the variable message sign).

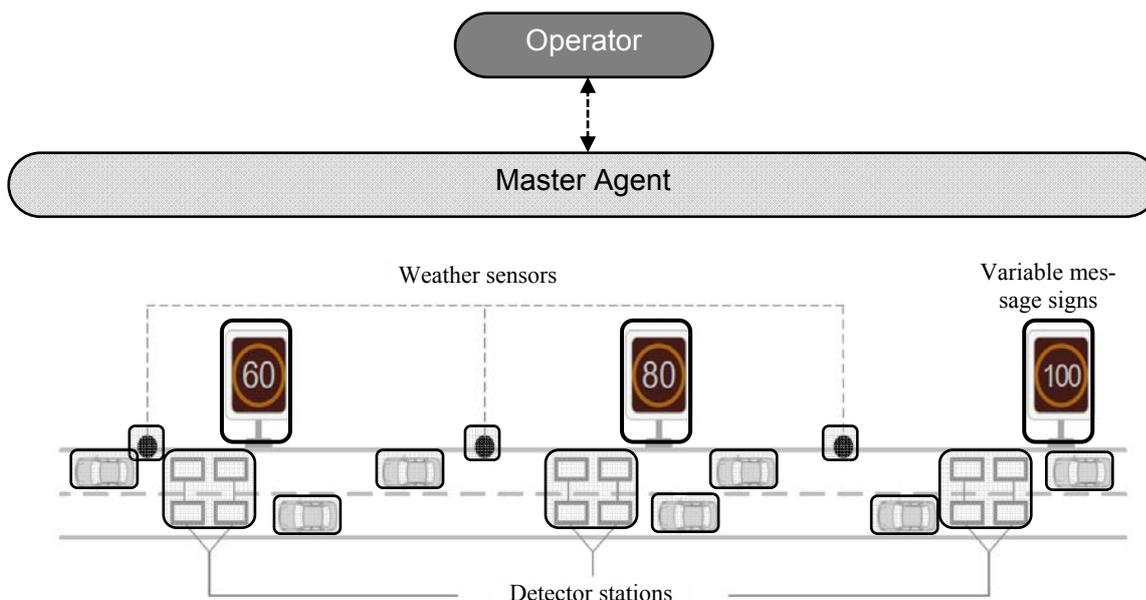


Figure 3 – Multi-agent systems for highway management (background figure adopted from Jiang et

The described approach has several advantageous features, among others, its modularity and future extensibility. The agent-based approach follows the modular approach proposed in the INEP project. This is very important, since it allows adding new modules or exchanging existing ones. The extensibility is also relevant. In Figure 3, the agents cover detector stations, local control systems, meteo-stations, etc. It is however possible to extend such system by adding new classes of agents, for example covering ramp metering or in the future even particular vehicles communicating with the infrastructure (car 2 infrastructure communication). The joint objective function remains unchanged, even if new agents are introduced.

CONCLUSIONS

The role and the importance of the highway management in these days are obvious. This fact was realized also in the Czech Republic and the development of the highway management systems was launched several years ago. Nowadays, the 3rd generation of highway management system begins to be discussed. Due to the characteristics of highway management (i.e. heterogeneous entities and joint objective function), a multi-agent system seems to be a promising tool for new generation of highway management system. In every way, the implementation of the multi-agent systems is a challenge for future.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

BIBLIOGRAPHY

1. Příbyl, Ondřej. An integrated model predictive highway management system. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller Aktiengesellschaft & Co. KG, 2010. 62 p. First ed. ISBN 978-3-639-24073-3.
2. Jacobson, Leslie N. Highway Traffic Operations and Freeway Management: State-of-the-Practice Final Report. Freeway Operations and Traffic Management. 2013, EDL No. 13801, 44 p. Available from: <http://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/documents/FreewayManagementSOPV.7.2.1.pdf>
3. Eltodo Eg, a.s. Projekt INEP [online]. 2009 [cit. 2014-05-21]. Available from: <http://inep.eltodo.cz/>
4. Burmeister, Birgit, Afsaneh HADDADI and Guido MATYLIS. Application of multi-agent systems in traffic and transportation. IEE Proceedings – Software Engineering. 1997, vol. 144, issue 1, p. 51-60. DOI: 10.1049/ip-sen:19971023.
Available from: http://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/ip-sen_19971023
5. Hernández, Josefa Z., Sascha OSSOWSKI and Ana GARCÍA-SERRANO. Multiagent architectures for intelligent traffic management systems. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2002, vol. 10, 5-6, p. 473-506. DOI: 10.1016/S0968-090X(02)00032-3.
Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0968090X02000323>
6. Almejalli, Khaled, Keshav DAHAL and Alamgir HOSSAIN. An Intelligent Multi-agent Approach for Road Traffic Management Systems. In: SOCIETY, IEEE Control Systems. Control Applications, (CCA). Piscataway: IEEE, 2009, p. 825-830. ISBN 9781424446018.
Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5280966>
7. Vilenica, Ante, Wolfgang RENZ, Jan SUDEIKAT and Winfried LAMERSDORF. Multi-Agent-Architecture for Simulating Traffic Management: A Case Study on Highway Networks. In: (ED)., IEEE. Kyandoghere Kyamakya). 2009 2nd International Workshop on Nonlinear Dynamics and Synchronization: (INDS 2009) ; Klagenfurt, Austria, 20 - 21 July 2009. Piscataway, NJ: IEEE, 2009, p. 121-127. ISBN 9781424438440. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5227981>
8. Vlassis, Nikos. A Concise Introduction to Multiagent Systems and Distributed Artificial Intelligence. Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning. 2007, vol. 1, issue 1, p. 1-71. DOI: 10.2200/S00091ED1V01Y200705AIM002.
Available from: <http://www.morganclaypool.com/doi/abs/10.2200/S00091ED1V01Y200705AIM002>
9. Weiss, Gerhard. Multiagent systems. Second edition. London: The MIT Press, 2013, xlviii, 867 p. 2nd edition. ISBN 978-026-2018-890.
10. Vidal, José M. Fundamentals of multiagent systems with NetLog examples. Unpublished textbook [online]. 2007, 155 p. [cit. 2014-05-27]. Available from: <http://jmvidal.cse.sc.edu/papers/mas.pdf>
11. Jiang, Rui, Edward CHUNG and Jinwoo B. LEE. Variable speed limits: Conceptual design for Queensland practice. ATRF papers [online]. 2011, 11 p. [cit. 2014-05-27].
Available from: http://www.atrf.info/papers/2011/2011_Jiang_Chung_Lee.pdf
12. Przhibyl, P. Avtomobil' nye pervozki kak nauka [Tekst] / P. Przhibyl, A. N. Novikov, A. A. Katunin // Mir trasporta i tekhnologicheskikh mashchin. - 2014. - № 3(46). - S. 96-110.

Я. КУКЛОВА, О. ПРЖИБЫЛ

DEVELOPMENT OF HIGHWAY MANAGEMENT IN THE CZECH REPUBLIC TOWARDS MULTI-AGENT APPROACH

The development of highway management systems is a current topic in the Czech Republic. At this moment, three generations of highway management systems can be delimited. The first generation laid the foundations for further development and is based on the common rule based approaches. The second generation, which is nowadays being developed, represents an improvement and extension of the first one introducing fuzzy logic. The third generation is a question of a future development. The authors believe that the multi-agent systems represent a promising approach. Thus, the basic principles, advantages and reasons for the application of multi-agent systems for highway management are respectively treated and discussed.

Keywords: highway management, multi-agent systems.

Jana Kuklová

Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Dept. of Applied Mathematics
Na Florenci 25, 11000 Prague 1, The Czech Republic
E-mail: kuklojan@fd.cvut.cz

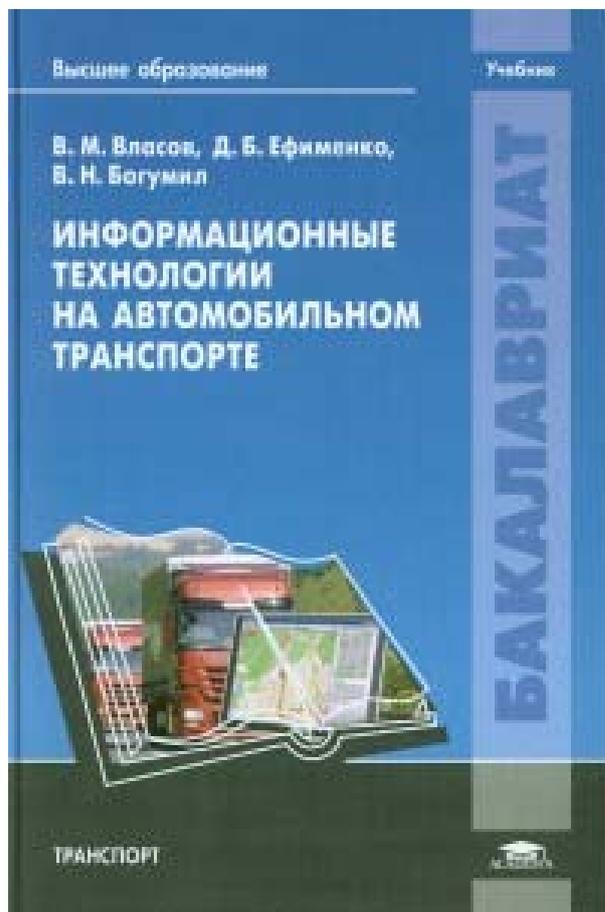
Ondřej Příbyl

Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences, Dept. of Applied Mathematics
Na Florenci 25, 11000 Prague 1, The Czech Republic
E-mail: pribylo@fd.cvut.cz

В августе 2014 года в Издательском центре «Академия» вышел учебник для студентов высших учебных заведений «Информационные технологии на автомобильном транспорте». Учебник написан коллективом ученых МАДИ под редакцией доктора технических наук, заведующего кафедрой «Транспортная телематика» В.М.Власова. В учебнике изложены основные элементы современных систем телематики на автомобильном транспорте, включая спутниковую навигацию, мобильную связь и геоинформатику. Изложена государственная политика России в области телематики на автомобильном транспорте. Подробно изложены основные направления развития и использования телематических систем на пассажирском и грузовом автомобильном транспорте, в дорожном хозяйстве. Описаны современные информационные системы предприятий автомобильного транспорта. Дается характеристика бортового телематического оборудования, применяемого в данных системах.

Учебник содержит ряд приложений, включающих типовые технические требования к бортовому телематическому оборудованию, перечень нормативных документов в области телематических систем на автомобильном транспорте.

Учебник поступил в отделы учебной литературы книжных магазинов, а также реализуется через отдел сбыта издательства.



УДК 519.23.656.11

Е. Н. ХРИСТОФОРОВ, Н. Е. САКОВИЧ, А. М. НИКИТИН, Ю. Н. БАРАНОВ

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ МЕТОДОМ МОДЕЛЕЙ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассматриваются методы расчета вероятностных показателей безопасности дорожного движения применяемые при анализе уровня дорожно – транспортного травматизма в Российской Федерации.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения; дорожно – транспортное происшествие, показатели, аварийность

Анализ безопасности дорожного движения в Российской Федерации показывает, что число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на дорогах страны остается стабильно высоким. За период с 1999 по 2013 год в Российской Федерации произошло 2703592 ДТП, в которых погибло 369138 человек и 2778669 человек получили травмы различной степени тяжести [1-3].

Существующая в настоящее время практика анализа безопасности дорожного движения ограничивается, как правило, изучением динамики и структуры аварийности по различным показателям [4]. В настоящее время в исследованиях и на практике применяют два типа показателей – статистические и вероятностные [5, 6]. Статистические показатели выражаются физическими величинами или отношением этих величин, получаемых по статистическим данным массовой эксплуатации, они вычисляются по реальным данным массовой эксплуатации, их главное достоинство – объективность. Вместе с тем статистические показатели имеют ряд недостатков, сужающих область их практического использования [7-8]. Вероятностные показатели вычисляют методами теории вероятностей и объективно отражают такую закономерность, что дорожно-транспортное происшествие – потенциально возможный исход конкретного дорожного движения (рейса) – является по своей природе случайным событием в силу случайности возникновения во времени и пространстве движения неблагоприятных факторов, вызывающих его [9-12].

Примем за уровень безопасности дорожного движения (выполнения отдельного рейса) вероятность $P(t)$ благополучного его завершения т.е. без дорожно – транспортного происшествия (ДТП). Вероятность неблагоприятного завершения рейса (уровень риска) обозначим $Q(t)$. Из физических соображений ясно, что

$$P(t) + Q(t) = 1 \quad (1)$$

Вероятности $P(t)$ и $Q(t)$ являются показателями безопасности дорожного движения (рейса). Исходя из формулы (1) для оценки безопасности одного рейса или уровня риска достаточно знать одну из указанных вероятностей, например, $Q(t)$.

Дорожно-транспортное происшествие – случайное событие. Оно может произойти при условии, что в движении появился неблагоприятный фактор и его последствия не могут быть предотвращены водителем. Неблагоприятные факторы, являясь следствием вполне конкретных причин, возникают в произвольные моменты времени, и в том заключается их случайность.

За событие предотвращения ДТП примем событие невыхода определяющих параметров x_j за свои предельные значения $x_j < x_{jnp}$, $j = 1 \dots l$. Строго говоря, событие превышения x_{jnp} не

всегда приводит к дорожно-транспортному происшествию. В ряде случаев после превышения x_{jnp} водитель своими действиями может вернуть автотранспортное средство в область $x_j < x_{jnp}$. В дальнейшем для однозначности суждений выход одного или нескольких определяющих параметров за предельные значения будем полагать за неблагоприятный исход рейса (дорожно-транспортное происшествие). Обозначим: p_i, q_i и – вероятности не появления и появления i – го неблагоприятного фактора; r_i, s_i – условные вероятности предотвращения и не предотвращения его последствий. В принятых обозначениях вероятностные показатели безопасности дорожного движения будут иметь очевидные выражения:

$$Q(t)_i = q_i s_i, \tag{2}$$

$$P(t)_i = 1 - Q(t)_i = p_i + q_i r_i. \tag{3}$$

Вопрос о методике получения развернутых выражений для показателей $Q(t)$ и $P(t)$ с учетом воздействия на автотранспортное средство множества факторов решается в зависимости от специфики факторов и их последствий.

Эта специфика может быть отражена набором признаков, показанных на рисунке 1.

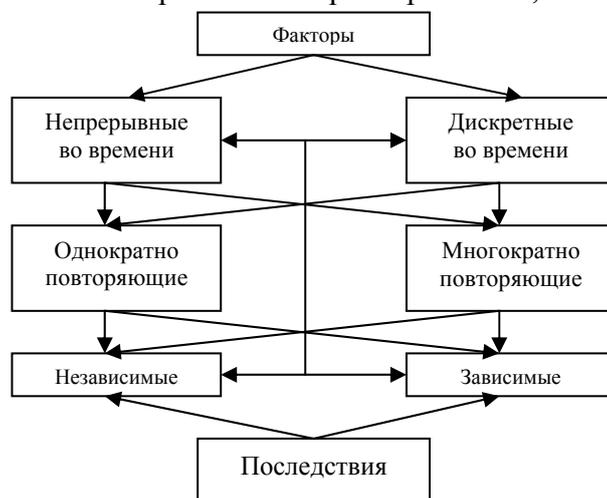


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на работу автотранспортных средств

Вероятность появления дискретных во времени факторов не зависит от продолжительности рейса, а определяется в основном характером рейса, уровнем подготовки водителя и другими критериями. К таким факторам, например, можно отнести ошибки водителя автотранспортного средства при выполнении маневров и перестроений автомобиля на дороге [13-16].

В зависимости от специфики неблагоприятных факторов и их последствий, расчет вероятностных показателей безопасности дорожного движения предлагаем выполнить следующими методами: логико-вероятностным методом, расчет показателей с помощью дерева (графа) состояний, использованием моделей Марковских процессов, комбинированным методом и другими.

В качестве примера, для расчета вероятностных показателей, возьмем Марковский метод. Оценка безопасности дорожного движения при воздействии на автотранспортное средство факторов, вероятность проявления которых зависит от продолжительности рейса, может быть произведена на основе представления переходов системы от одного состояния к другому моделью Марковского процесса со счетным множеством состояний и непрерывным временем. Факторы при этом могут быть как зависимые, так и независимые, однократно возникающие и многократно повторяющиеся, с зависимыми и независимыми последствиями, то есть этот метод позволяет производить оценку безопасности движения с учетом воздействия

на транспортное средство обширного класса неблагоприятных факторов. Допустим, что все возможные в движении особые ситуации, вызванные неблагоприятными факторами, образуют счетное множество $\{i\}$, $i=1, m$. В зависимости от успешности действий водителя по предотвращению последствий неблагоприятных факторов множеству $\{i\}$ будут соответствовать два подмножества: $\{БД_i\}$ – благополучных и $\{ТП_i\}$ – неблагоприятных исходов дорожного движения.

Обозначим вероятности этих исходов соответственно $P_i(t)$, $Q_i(t)$. Так как события из множества $\{i\}$ для текущего момента времени являются несовместными, то на основании теоремы сложения вероятностей запишем

$$P(t) = P_0(t) + \sum_{i=1}^m P_i(t); \quad Q(t) = \sum_{i=1}^m Q_i(t),$$

где $P_0(t)$ – вероятность пребывания системы в нормальном состоянии.

Неизвестные вероятности $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ вычисляются по модели Марковского процесса смены состояний рассматриваемой системы. Для обоснования возможности использования такой модели применим следующие допущения:

1. В начале движения ситуация является нормальной, то есть неблагоприятные факторы отсутствуют.
2. События предотвращения и непредотвращения возникают одновременно с появлением опасных ситуаций.
3. Последовательность возникновения опасных ситуаций (неблагоприятных факторов) i -го типа являются пуассоновским потоком с интенсивностью λ_i . Соответствующие ему потоки благополучных и неблагоприятных исходов в силу предыдущего допущения также являются пуассоновскими. Их интенсивности соответственно равны $\lambda_i r_i$, $\lambda_i s_i$ (пуассоновским потоком событий является поток обладающий свойствами ординарности и отсутствия последствия).
4. Отказавшие при движении элементы не восстанавливаются, а ошибки водителя не повторяются.

Сущность метода расчета вероятностей $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ при использовании модели Марковского процесса состоит в том, что неизвестные вероятности как функции времени определяются из решения дифференциальных уравнений, которыми описывается этот процесс.

Для составления дифференциальных уравнений относительно неизвестных вероятностей $P_0(t)$, $P_i(t)$, $Q_i(t)$ Марковский процесс со всеми выявленными и реально возможными при движении состояниями системы представляется наглядно в виде графа состояний (рис. 2).

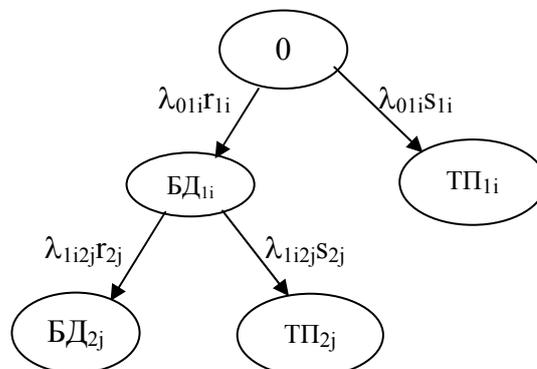


Рисунок 2 – Марковский процесс состояния системы

В узлах этого графа обозначаются состояния системы (исходы рейса), вершина графа (состояние 0) соответствует нормальной ситуации. Состояния системы, в которые она переходит непосредственно из нулевого состояния вследствие появления неблагоприятных факторов, называются состояниями первого уровня; состояния, возникающие из состояния первого уровня, - состояниями второго уровня и так далее.

Обозначим эти состояния на первом уровне по i -му фактору – БДД_{1i}, ДТП_{1i} соответственно для благополучных и неблагополучных исходов; на втором уровне по j -му фактору БДД_{2i}, ДТП_{2j} и так далее.

На ребрах графа проставляются интенсивности перехода от одного состояния к другому : при переходе от нулевого состояния к состояниям первого уровня – $\lambda_{01i} r_{1i}$; $\lambda_{01i} s_{1i}$ при переходе от состояний первого уровня к состояниям второго уровня – $\lambda_{1i2j} r_{2j}$; $\lambda_{1i2j} s_{2j}$.

Дифференциальные уравнения для определения неизвестных вероятностей составляются по определенному правилу: число уравнений равно числу состояний (исходов), размеченных на графе; в левой части уравнения стоит производная вероятности данного состояния, а правая часть содержит столько членов, сколько стрелок связано с данным состоянием. Если стрелка выходит из этого состояния, соответствующий член имеет знак минус, если она направлена в состояние – плюс. Каждый член равен произведению интенсивности перехода, соответствующей данной стрелке, на вероятность того состояния из которого стрелка исходит.

Дифференциальные уравнения для графа состояний изображенного на рисунке, имеют следующий вид:

– для вероятности нулевого состояния:

$$\frac{dP(t)_0}{dt} = -\lambda_{00} P(t)_0, \quad (4)$$

– для вероятностей состояний первого уровня:

$$\frac{dP(t)_{1i}}{dt} = \lambda_{01i} r_{1i} P(t)_0 - \lambda_{1i1i} P(t)_{1i}, \quad (5)$$

$$\frac{dQ(t)_{1i}}{dt} = \lambda_{01i} s_{1i} P(t)_0, \quad (6)$$

– для вероятностей состояния второго уровня:

$$\frac{dP(t)_{2j}}{dt} = \lambda_{1i2j} r_{2j} P(t)_{1i} - \lambda_{2j2j} P(t)_{2j}, \quad (7)$$

$$\frac{dQ(t)_{2j}}{dt} = \lambda_{1i2j} s_{2j} P(t)_{1i}. \quad (8)$$

В уравнениях (4), (5), (7) величины λ_{00} , λ_{1i1i} , λ_{2j2j} – суммарные интенсивности появления факторов, выводящих систему соответственно из нулевого состояния, из i -х состояний первого уровня и j -х состояний второго уровня:

$$\lambda_{00} = \sum_{i=1}^a \lambda_{01i}; \quad \lambda_{1i1i} = \sum_{j=1}^b \lambda_{1i2j}; \quad \lambda_{2j2j} = \sum_{f=1}^c \lambda_{2j3f}, \quad (9)$$

где a, b, c – индексы, которые означают числа факторов, которые могут соответственно вывести систему из нулевого состояния, из i -го состояния первого уровня, из j – го состояния второго уровня.

Решение системы дифференциальных уравнений производится при начальных условиях: $t = 0; P(t)_0 = 1; P(t)_{1i} = Q(t)_{1i} = P(t)_{2j} = Q(t)_{2j} = \dots = 0$.

В первую очередь решается уравнение для вероятности нулевого состояния; затем, используя этот результат, производится решение уравнений для вероятностей состояния первого уровня и других. Для оценки безопасности одного рейса достаточно решить только уравнения для вероятностей благополучных исходов (4), (5), (7) и других, но для проверки правильности решения по условию $P(t) + Q(t) = 1$ необходимо решить всю систему дифференциальных уравнений.

В целом ряде случаев для оценки безопасности дорожного движения можно ограничить граф состояниями первого уровня. Это равносильно допущению о том, что за рассматриваемое время рейса, более одного неблагоприятного фактора не возникает. Неизвестные вероятности состояний при этом определяются из решения уравнений (4), (5), (6), при условии $\lambda_{1i1i} = 0$ (дальнейшем индексом 1 пользоваться не будет).

Решая эти уравнения, получаем:

$$P_0(t) = e^{-\lambda_{00}t}, \quad (10)$$

$$P_i(t) = \frac{\lambda_{0i} \cdot r_i}{\lambda_{00}} (1 - e^{-\lambda_{00}t}), \quad (11)$$

$$Q(t) = \frac{\lambda_{0i} \cdot S_i}{\lambda_{00}} (1 - e^{-\lambda_{00}t}), \quad (12)$$

где в соответствии с (9), $\lambda_{00} = \sum_{i=1}^a \lambda_{0i}$

Выражения для вероятностей благополучного и неблагоприятного исхода рейса примут вид:

$$P(t) = e^{-\lambda_{00}t} + \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^a \lambda_{0i} r_i, \quad (13)$$

$$Q(t) = \frac{1 - e^{-\lambda_{00}t}}{\lambda_{00}} \sum_{i=1}^a \lambda_{0i} S_i. \quad (14)$$

Заметим, что $\lambda_{0i} = \lambda_i$, где λ_i – интенсивность появления i – го неблагоприятного фактора.

По формулам (13), (14) определяем уровень безопасности дорожного движения или уровень риска при известных значениях λ_i, r_i . Как следует из выражения (14), удельный вклад i -го фактора в уровень аварийности равен:

$$Q(t) = \frac{Q(t)_i}{Q(t)} = \frac{\lambda_i s_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i s_i} \quad (15)$$

Этот критерий позволяет определить факторы, оказывающие наиболее отрицательное влияние на безопасность дорожного движения. Как частный случай для одного неблагоприятного фактора ($a = 1$) показатели безопасности дорожного движения принимают вид:

$$P = e^{-\lambda t} + (1 - e^{-\lambda t}) \cdot r = p(t) + q(t)r; \quad (16)$$

$$Q = (1 - e^{-\lambda t})s = q(t)s \quad (17)$$

В ряде случаев после предотвращения последствий неблагоприятных факторов водитель может с определенной вероятностью вернуть систему в исходное состояние [3]. Обозначим вероятность восстановления системы после появления i -го неблагоприятного фактора и предотвращения его последствий водителем u_i . Предположим, что события появления неблагоприятного фактора, предотвращения его последствий и восстановления системы происходят одновременно. Граф состояний для этого случая применительно к появлению неблагоприятных факторов только на первом уровне (рис. 3).

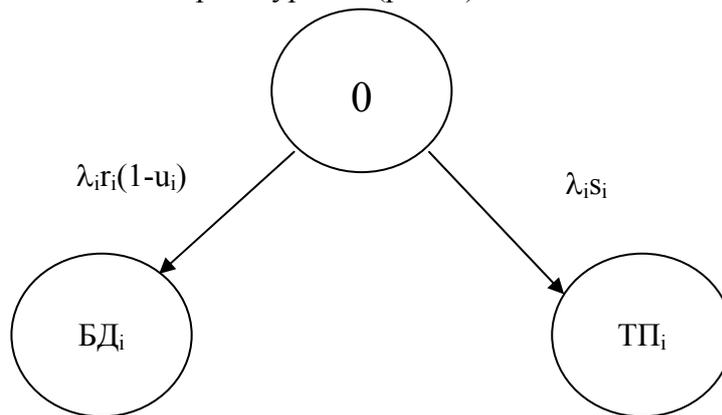


Рисунок 3 – Граф состояний первого уровня

Уравнения относительно неизвестных вероятностей записываются в виде:

$$\frac{dP_0}{dt} = -\lambda_{00} P_0, \quad (18)$$

$$\frac{dP_i}{dt} = \lambda_i r_i (1 - u_i) P_0, \quad (19)$$

$$\frac{dQ_i}{dt} = \lambda_i s_i P_0, \quad (20)$$

где $\lambda_{00} = \sum_{i=1}^a \lambda_i [r_i (1 - u_i) + s_i] = \sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)$.

Решая уравнение (20) получим развернутые выражения для P_0, P_i, Q_i :

$$P_0(t) = e^{-\sum_{u=1}^a \lambda_i(1-u_i r_i)t}, \quad (21)$$

$$P_i(t) = \frac{\lambda_i r_i (1 - u_i)}{\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)t} \right], \quad (22)$$

$$Q_i(t) = \frac{\lambda_i S_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i (1 - r_i u_i)t} \right], \quad (23)$$

Для предельного, имеющего большое практическое значение случая $u_i = 1; i = 1$, формулы (20), (21), (22) записываются в виде:

$$P_0(t) = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i t}, \quad (24)$$

$$P_i(t) = 0, \quad (25)$$

$$Q_i(t) = \frac{\lambda_i S_i}{\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i} \left[1 - e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i t} \right], \quad (26)$$

При этом:
$$P(t) = P_{БД} = e^{-\sum_{i=1}^a \lambda_i S_i t}. \quad (27)$$

В этой формуле t приобретает смысл (суммарной продолжительности всех рейсов), ранее обозначенных t_Σ , а λ_i, S_i – смысл интенсивности потока транспортных происшествий по i -му фактору, которую обозначим Λ_i :

$$P(t)_{БД} = e^{-t_\Sigma \sum_{i=1}^a \lambda_i} = e^{-\Lambda t_\Sigma}, \quad (28)$$

где Λ – интенсивность потока транспортных происшествий по всем факторам.

Вероятность совершения хотя бы одного транспортного происшествия за время t_Σ определяется соотношением $Q_{n \geq 1} = 1 - e^{-\Lambda t_\Sigma}$

Обозначив интенсивность потока транспортных происшествий из-за неисправности

техники Λ_T , из-за ошибок обслуживающего персонала Λ_{OP} , из-за воздействия неблагоприятных условий Λ_{HV} , и полагая эти три группы факторов независимыми, показатель $P_{БД}$ возможно представить в виде:

$$P(t)_{БД} = P(t)_T P(t)_{OP} P(t)_{HV} = e^{-\Lambda_T t} \cdot e^{-\Lambda_{OP} t} \cdot e^{-\Lambda_{HV} t}, \quad (29)$$

где $P(t)_T, P(t)_{OP}, P(t)_{HV}$ – частные показатели безопасности движения по соответствующим группам факторов.

Важная роль в обеспечении безопасности дорожного движения отводится статистическому анализу, который дает количественную оценку состояния работы по предупреждению аварийности, позволяет наметить цели, пути и методы по ее совершенствованию. Однако на современном уровне статистические показатели не отвечают современным требованиям безопасности дорожного движения. Недостатки статистических показателей компенсируются вероятностными показателями, которые позволяют решать следующие задачи:

1. Оценить влияние на безопасность дорожного движения отдельного неблагоприятного фактора или некоторой совокупности неблагоприятных факторов.
2. Отработать требования к уровню безопасности дорожного движения для разрабатываемого автотранспортного средства на основании опыта эксплуатации прототипа.
3. Определять соответствие фактического уровня безопасности дорожного движения заданному.
4. Оценивать эффективность мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения, еще до их практической реализации и другие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.Gibdd.ru> (дата обращения 11.10.2014.г.)
2. Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах» утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 3 октября 2013 г. №864.
3. Кондратьев, В. В. Повышение безопасности дорожного движения в 2006 – 2012 годах [Текст]: комментарий к основным положениям Федеральной целевой программы // Автомобильный транспорт. – 2006. - №3. – С. 36–42.
4. Кожевников, Ю. В. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ю. В. Кожевников. – М.: Машиностроение, 2002. – 414 с.
5. Лиггет, Томас М. Марковские процессы с локальным взаимодействием [Текст] / М. Томас Лиггет.; пер. с англ. А.Л. Тома, С.Б. Шлосмана; под ред. Р.Л. Добрушина. – М.: Мир, 1989. – 550 с.
6. Сакович, Н. Е. Математическое моделирование в обеспечении безопасности дорожного движения [Текст]: монография / Н. Е. Сакович. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2011. – 175 с. ISBN 978-5-88517-192-2.
7. Сакович, Н. Е. Совершенствование системы управления и обеспечение безопасности дорожного движения автотранспортным предприятием [Текст]: монография / Н. Е. Сакович. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2011. – 174 с. ISBN 978-5-88517-198-4.
8. Христофоров, Е. Н. Вероятностно – статистические методы в дорожном движении [Текст]: монография / Е. Н. Христофоров. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2005. – 200 с. ISBN 978-5-88517-115-7.
9. Новиков, А. Н. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики [Текст] / А. Н. Новиков, В. А. Голенков, Ю. Н. Баранов, А. А. Катунин, А. С.Бодров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - № 6. - С. 128-139.
10. Христофоров, Е. Н. Теоретические и практические аспекты улучшения условий и охраны труда операторов сельскохозяйственных транспортных средств [Текст]: монография / Е. Н. Христофоров. – Изд-во Брянской ГСХА, 2006. – 204 с. ISBN 978-5-88517.

11. Новиков, А. Н. Комплексное обследование улично-дорожной сети города Орла (на примере ул. «Наугорское шоссе») [Текст] / А. Н. Новиков, В. А. Голенков, А. А. Катунин, Ю. Н. Баранов, Д. Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин». - №1 (44). - 2014 г. – С. 96-106.
12. Баранов, Ю. Н. Основы обеспечения безопасности в системе «человек - машина - среда» [Текст] / Ю. Н. Баранов, А. А. Катунин, Р. В. Шкрабак, Ю. Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД». - № 1 (19). - 2014. - С. 73-76.
13. Баранов, Ю. Н. Исследование системы «Ч-М» при формировании производственных опасностей [Текст] / Ю. Н. Баранов, Р. В. Шкрабак, Ю. Н. Брагинец, П. А. Пантюхин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2012. - № 26. - С. 438-441.
14. Баранов, Ю. Н. Логико-графический анализ возникновения опасностей столкновения транспортных средств при визуальном отражении процесса их торможения [Текст] / Ю. Н. Баранов, А. Н. Загородних, С. А. Копылов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2011. - Т. 29. - № 2. - С. 70-73.
15. Христофоров, Е. Н. Теоретические основы безопасности дорожного движения [Текст]: монография / Е. Н. Христофоров, Н. Е. Сакович, А. М. Никитин. – Брянск: Изд-во ФГБОУ ВПО «Брянская ГСХА», 2014. – 188 с. ISBN 978-5-88517-252-3.
16. Христофоров, Е. Н. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в АПК [Текст]: монография / Е. Н. Христофоров, Н. Е. Сакович, В. С. Шкрабак. – Изд-во Брянской ГСХА, 2008. – 282 с. ISBN 978-5-88517-146-7.

Христофоров Евгений Николаевич

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия»
Адрес: 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
E-mail en-x@bk.ru

Сакович Наталия Евгениевна

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия»
Адрес: 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.
Д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры «Информатика и прикладная математика»
E-mail en-x@bk.ru

Никитин Антон Михайлович

ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия»
Адрес: 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.
Ассистент кафедры «Системы энергообеспечения»
E-mail en-x@bk.ru

Баранов Юрий Николаевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77, каб. 311
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин»
E-mail bar20062@yandex.ru

E. N. KHRISTOFOROV, N. E. SAKOVICH, A. M. NIKITIN, YU. N. BARANOV

CALCULATION OF PROBABILISTIC SAFETY PERFORMANCE MODELS BY MARKOV PROCESSES

The article discusses methods for calculating the probability of road safety indicators used in the analysis of the level of traffic - traffic injuries in the Russian Federation.

Keywords: road safety; road - traffic accident figures, the accident.

BIBLIOGRAPHY

1. <http://www.Gibdd.ru> (data obrashcheniya 11.10.2014.g.)
2. Federal'naya tselevaya programma "Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013 - 2020 godakh" utverzhdannaya postanovleniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 3 oktyabrya 2013 g. №864.

3. Kondrat'ev, V. V. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2006 - 2012 godakh [Tekst]: komentarii k osnovnym polozheniyam Federal'noy tselevooy programmy) // Avtomobil'ny transport. - 2006. - №3. - S. 36-42.
4. Kozhevnikov, YU. V. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Tekst]: ucheb. posobie dlya vuzov / YU. V. Kozhevnikov. - M.: Mashinostroenie, 2002. - 414 s.
5. Ligget, Tomas M. Markovskie protsessy s lokal'nym vzaimodeystviem [Tekst] / M. Tomas Ligget.; per. s angl. A.L. Toma, S.B. SHlosmana; pod red. R.L. Dobrushina. - M.: Mir, 1989. - 550 s.
6. Sakovich, N. E. Matematicheskoe modelirovanie v obespechenii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: monografiya / N. E. Sakovich. - Bryansk: Izd-vo FGBOU VPO "Bryanskaya GSHA", 2011. - 175 s. ISBN 978-5-88517-192-2.
7. Sakovich, N. E. Sovershenstvovanie sistemy upravleniya i obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya avtotransportnym predpriyatiem [Tekst]: monografiya / N. E. Sakovich. - Bryansk: Izd-vo FGBOU VPO "Bryanskaya GSHA", 2011. - 174 s. ISBN 978-5-88517-198-4.
8. Hristoforov, E. N. Veroyatnostno - statisticheskie metody v dorozhnom dvizhenii [Tekst]: monografiya / E. N. Hristoforov. - Bryansk: Izd-vo FGBOU VPO "Bryanskaya GSHA", 2005. - 200 s. ISBN 978-5-88517-115-7.
9. Novikov, A. N. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoy telematiki [Tekst] / A. N. Novikov, V. A. Golenkov, YU. N. Baranov, A. A. Katunin, A. S. Bodrov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2014. - № 6. - S. 128-139.
10. Hristoforov, E. N. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty uluchsheniya usloviy i okhrany truda operatorov sel'skokhozyaystvennykh transportnykh sredstv [Tekst]: monografiya / E. N. Hristoforov. - Izd-vo Bryanskoy GSHA, 2006. - 204 s. ISBN 978-5-88517.
11. Novikov, A. N. Kompleksnoe obsledovanie ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere ul. "Naugorskoe shosse") [Tekst] / A. N. Novikov, V. A. Golenkov, A. A. Katunin, YU. N. Baranov, D. D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin". - №1 (44). - 2014 g. - S. 96-106.
12. Baranov, YU. N. Osnovy obespecheniya bezopasnosti v sisteme "chelovek - mashina - sreda" [Tekst] / YU. N. Baranov, A. A. Katunin, R. V. SHkrabak, YU. N. Braginets // Vestnik NTSBZHD". - № 1 (19). - 2014. - S. 73-76.
13. Baranov, YU. N. Issledovanie sistemy "CH-M" pri formirovanii proizvodstvennykh opasnostey [Tekst] / YU. N. Baranov, R. V. SHkrabak, YU. N. Braginets, P. A. Pantyukhin // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2012. - № 26. - S. 438-441.
14. Baranov, YU. N. Logiko-graficheskiy analiz vznikoveniya opasnostey stolkoveniya transportnykh sredstv pri vizual'nom otrazhenii protsessa ikh tormozheniya [Tekst] / YU. N. Baranov, A. N. Zagorodnikh, S. A. Kopylov // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2011. - T. 29. - № 2. - S. 70-73.
15. Hristoforov, E. N. Teoreticheskie osnovy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: monografiya / E. N. Hristoforov, N. E. Sakovich, A. M. Nikitin. - Bryansk: Izd-vo FGBOU VPO "Bryanskaya GSHA", 2014. - 188 s. ISBN 978-5-88517-252-3.
16. Hristoforov, E. N. Teoriya i praktika obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v APK [Tekst]: monografiya / E. N. Hristoforov, N. E. Sakovich, V. S. SHkrabak. - Izd-vo Bryanskoy GSHA, 2008. - 282 s. ISBN 978-5-88517-146-7.

Khristoforov Evgeny Nikolaevich

FGBOU VPO "Bryansk State Agricultural Academy»

Address: 243365, Russia, Bryansk., Vygonichsky district, p. Kokkino Street. Soviet 2a.

Dr. Sci. Sciences, Department of "Safety"

E-mail en-x@bk.ru

Sakovich Natalia Evgenievna

FGBOU VPO "Bryansk State Agricultural Academy»

Address: 243365, Russia, Bryansk., Vygonichsky district, p. Kokkino Street. Soviet 2a.

Dr. Sci. Sciences, Associate Professor of the Department "Computer Science and Applied Mathematics"

E-mail en-x@bk.ru

Nikitin Anton Mihajlovich

FGBOU VPO "Bryansk State Agricultural Academy»

Address: 243365, Russia, Bryansk., Vygonichsky district, p. Kokkino Street. Soviet 2a.

Assistant of the Department "Systems of energy supply"

E-mail en-x@bk.ru

Baranov Yuri Nikolaevich

FGBOU VPO "State University - ESPC"

Address: 302030, Russia, Orel, ul. Moscow, 77, office. 311

Dr. Sci. Sciences, Department of "Service and repair of machinery"

E-mail bar20062@yandex.ru

УДК 343.148.63

С. А. ЕВТЮКОВ, И. С. БРЫЛЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ЗАМЕДЛЕНИЯ И ТОРМОЗНОГО ПУТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ L₃

В Российской Федерации отсутствуют значения установившегося замедления транспортных средств (ТС) категории L₃ при торможении передним тормозом, с использованием АБС и без него, с использованием дополнительных тормозных систем, торможение на нейтральной/включенной передаче.

Целью исследования авторов является определение фактических значений установившегося замедления транспортных средств категории L₃.

***Ключевые слова:** автотехническая экспертиза, двухколесные транспортные средства, расчет скорости движения, замедление.*

ВВЕДЕНИЕ

Установление истинных причин нарушения правил безопасности, приведших к аварии, и обстоятельств, им способствующих, одна из важных задач обеспечения безопасности движения и эксплуатации мототранспорта.

При анализе значений замедления мотоциклов, являющимся одним из основных тормозных его характеристик, и от значения которого во многом зависит итог реконструкции механизма ДТП, (т.е. наличие либо отсутствие у водителя мотоцикла технической возможности предотвратить дорожно-транспортное происшествие), можно отметить, что экспертные организации располагают информацией о параметрах замедления мотоциклов, полученных ВНИИСЭ СССР более 35 лет назад, при этом в Российской Федерации до сих пор действует ГОСТ 6253-78 [4], в котором методы испытаний ДТС не удовлетворяют современному уровню развития как отечественного, так и зарубежного мотостроения.

На экспериментальной базе кафедры НТТМ СПбГАСУ авторами были проанализированы основные методы определения скорости движения двухколесных транспортных средств при ДТП, а именно: при сохранении линейного количества движения, при сохранении крутящего момента автомобиля, затраты кинетической энергии на образование локальных зон деформаций ТС и затраты энергии на деформацию передней вилки ДТС [1, 3]. Данные методы не пригодны для исследования механизма ДТП в виду высокой погрешности вычислений. Исследованы значения величин установившегося замедления, времени нарастания замедления, коэффициентов эффективности торможения некоторых мотоциклов отечественного производства. Данные значения не отвечают современному уровню автостроения, что приводит к экспертной ошибке при реконструкции ДТП [2].

В Российской Федерации отсутствуют значения установившегося замедления для ТС категории L₃ при торможении передним тормозом, с использованием АБС и без него, с использованием дополнительных тормозных систем, торможение на нейтральной/включенной передаче и т.д.

ОПИСАНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью исследования является определение фактических значений установившегося замедления ТС категории L₃, что позволит повысить точность и достоверность реконструкции механизма ДТП с участием двухколесных транспортных средств.

Отсюда следует, что при получении новых значений параметров перемещения ДТС, повысится достоверность экспертных исследований, так как конечная ее цель – установление

соответствия/несоответствия действий водителей требованиям ПДД и причин возникновения аварийных ситуаций.

Приводились серии испытаний дорожных мотоциклов на экстренное торможение, для анализа производительности переднего и заднего тормоза (ручного и ножного) по сравнению с комбинированным торможением, при торможении по прямой.

Измерение тормозных параметров проводилось с использованием деселерометра LWS-2МС, который предназначен для измерения замедлений, тормозного пути, времени торможения и определения начальной скорости торможения ТС различных типов.

Данное устройство производит измерения автоматически при достижении заданной скорости мотоцикла. После выполнения измерений, устройство показывает результаты и записывает весь ход торможения в памяти. При исследовании были использованы мотоциклы марок Suzuki s50, Honda CBR929, Honda CB900F, Honda Valkyrie F6C, Honda VFR750, Kawasaki GTR1000, Suzuki V-Strom DL 1000, Yamaha FZ1, Honda Gold Wing GL 1500 SE и Honda Gold Wing GL 1800.

Условия проведения эксперимента: технически исправный мотоцикл определенной марки и модели с различной степенью загрузки; начальная скорость движения перед торможением 40 км/ч; торможение осуществлялось на различном дорожном покрытии; торможение на мотоцикле осуществлялось с использованием ручного, ножного тормоза, а так же с использованием и ножного и ручного тормоза одновременно (комбинированное торможение), мотоциклы оснащённые системой АБС исследовались с включенной и выключенной системой АБС, так же торможение осуществлялось с присоединенной и отсоединенной коробкой передач от двигателя.

Измерительный прибор установлен в специальной сумке (рис. 1), расположенной на заднем сидении мотоцикла.



Рисунок 1 – Экспериментальное исследование тормозных параметров мотоцикла марки Suzuki s50

1 – прибор LWS-2МС; 2 – измеритель скоростного режима

Таблица 1 – Торможение на сухом асфальте, независимая тормозная система без АБС

| Орган управления | Система (ы) приведенная в действие | Кол-во испытаний | Макс. знач. $J, м/с^2$ | Мин. знач. $J, м/с^2$ | Ср. знач. $J, м/с^2$ |
|------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Рычаг и педаль | Передняя и задняя | 72 | 9,7 | 5,5 | 7,6 |
| Рычаг | Передняя | 72 | 9,0 | 5,0 | 7,0 |
| Педаль | задняя | 72 | 4,9 | 3,5 | 4,2 |

Таблица 2 – Торможение на сухом асфальте, независимая тормозная система с АБС

| Орган управления | Система (ы) приведенная в действие | Кол-во испытаний | Макс. знач. $J, м/с^2$ | Мин. знач. $J, м/с^2$ | Ср. знач. $J, м/с^2$ |
|------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Рычаг и педаль | Передняя и задняя | 32 | 9,9 | 7,1 | 8,5 |
| Рычаг | Передняя | 32 | 8,5 | 5,7 | 7,1 |
| Педаль | Задняя | 32 | 5,2 | 3,2 | 4,2 |

В целом, средние значения установившегося замедления мотоциклов, оборудованных системой АБС, при использовании комбинированного торможения, в соответствии с рисунком 2, на 12% выше значений, чем у мотоциклов не оборудованных системой АБС.

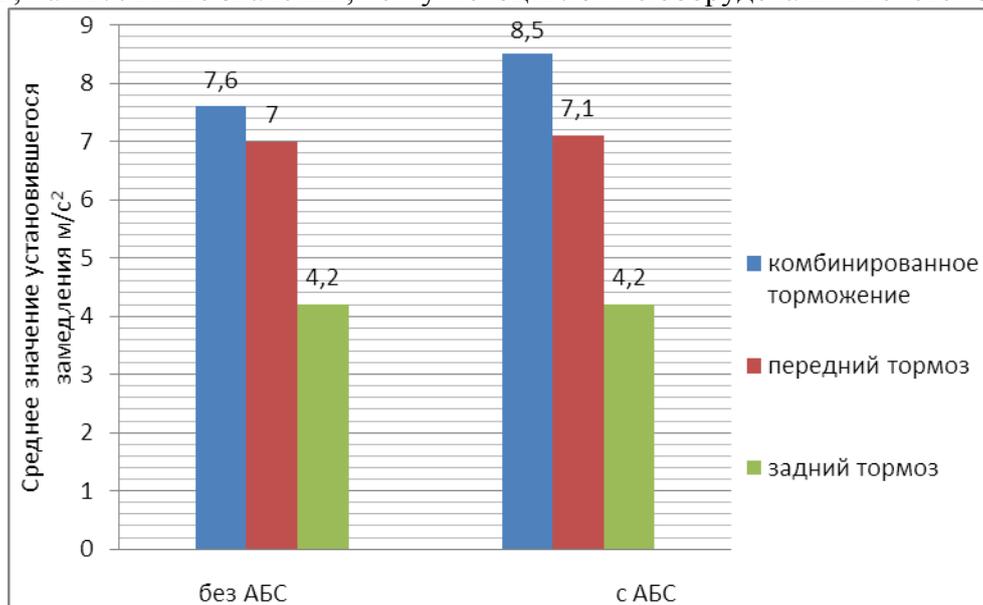


Рисунок 2 – Изменение среднего значения установившегося замедления $м/с^2$ на сухом асфальте в зависимости от наличия или отсутствия системы АБС

Таблица 3 – Торможение на сухом асфальте, интегрированная тормозная система без АБС

| Орган управления | Система (ы) приведенная в действие | Кол-во испытаний | Макс. знач. $J, м/с^2$ | Мин. знач. $J, м/с^2$ | Ср. знач. $J, м/с^2$ |
|------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Рычаг и педаль | Передняя и задняя | 16 | 7,7 | 6,9 | 7,3 |
| Рычаг | Передняя | 16 | 4,9 | 4,5 | 4,7 |
| Педаль | Задняя | 16 | 6,1 | 5,3 | 5,7 |

Таблица 4 – Торможение на сухом асфальте, интегрированная тормозная система с АБС

| Орган управления | Система (ы) приведенная в действие | Кол-во испытаний | Макс. знач. $J, м/с^2$ | Мин. знач. $J, м/с^2$ | Ср. знач. $J, м/с^2$ |
|------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Рычаг и педаль | Передняя и задняя | 12 | 9,7 | 7,1 | 8,4 |
| Рычаг | Передняя | 12 | 7,8 | 7,0 | 7,4 |
| Педаль | Задняя | 12 | 8,0 | 7,8 | 7,9 |

Таблица 5 – Торможение на мокром асфальте, независимая тормозная система без АБС

| Орган управления | Система (ы) приведенная в действие | Кол-во испытаний | Макс. знач. $J, м/с^2$ | Мин. знач. $J, м/с^2$ | Ср. знач. $J, м/с^2$ |
|------------------|------------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| Рычаг и педаль | Передняя и задняя | 12 | 7,3 | 5,9 | 6,6 |
| Рычаг | Передняя | 8 | 5,3 | 4,2 | 4,7 |
| Педаль | Задняя | 8 | 4,2 | 4,1 | 4,0 |

Таблица 6 – Торможение на мокром асфальте, независимая тормозная система с АБС

| Орган управления | Система (ы) приведенная в действие | Кол-во испытаний | Макс. знач. J, м/с ² | Мин. знач. J, м/с ² | Ср. знач. J, м/с ² |
|------------------|------------------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Рычаг и педаль | Передняя и задняя | 12 | 8,5 | 6,1 | 7,3 |

В целом, средние значения установившегося замедления мотоциклов, оборудованных системой АБС, при использовании комбинированного торможения, на 10%-12% выше значений, чем у мотоциклов не оборудованных системой АБС. Существенного отличия установившегося замедления между мотоциклами, оснащенными независимой и интегрированной тормозной системой не наблюдается.

Экстренное торможение на мотоцикле по прямой траектории зависит не только от интенсивности торможения, но и от предшествующих данному торможению действий, таких как торможение на нейтральной/включенной передаче, с использованием вспомогательных тормозных систем и т.д.

При исследовании были использованы два мотоцикла марки Xonda CBR929 и марки Xonda GL1500, Было проведено около 96 испытаний на нейтральной/включенной и пониженной передаче. Экспериментальные исследования проводились с использованием деселерометра LWS-2МС. Торможение производилось на скорости 100 км/ч до полной остановки мотоцикла. Анализ данных был выполнен с помощью программных обеспечений Microsoft Excel и File Maker Pro.

Мотоциклы, используемые для данных исследований были разных типов: спортивный и классический городской байк. При этом с точки зрения эффективности торможения разницы между ними не было. Таким образом, средний тормозной путь в большей части испытаний для мотоцикла марки Xonda CBR929 составил 41,7 метра по сравнению со средним значением 41,8 метра для мотоцикла марки Xonda GL1500, при этом разница в снаряженной массе составила около 140 кг.

Среднее значение установившегося замедления для комплекса испытаний составило около 8,7 м/с², при этом время торможения составляет около 3,2 сек. Результаты исследований представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Торможение на сухом асфальте, средние значения установившегося замедления, тормозного пути и остановочного времени в зависимости от некоторых переменных

| Переменные, в момент торможения | Кол-во тестов | J _{ср,2} м/с ² | Со 100 км/ч до 0 км/ч | | С 80 км/ч до 0 км/ч | |
|-------------------------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | | S _{t,ср} , м | T _{o,ср} , сек | S _{t,ср} , м | T _{o,ср} , сек |
| Переключение на пониженную передачу | 36 | 8,7 | 43,2 | 3,2 | 25,0 | 1,8 |
| Сцепление включено | 36 | 8,7 | 41,5 | 3,2 | 24,5 | 1,8 |
| Сцепление выключено | 24 | 9,1 | 40,0 | 3,1 | 23,4 | 1,7 |

С учетом проведенного исследования, эффективным реагированием на возможность применения экстренного торможения на мотоцикле, является следующая последовательность действий: закрыть дроссельную заслонку, применить ножной тормоз одновременно с ручным тормозом, выключив при этом сцепление. Информация может быть использована при подготовке водителей методистами и преподавателями автошкол.

Так же автором проведены исследования влияния АБС на длину тормозного пути некоторых мотоциклов. Автором произведены дорожные испытания мотоциклов марок Xonda ST1100, Xonda VFR 800, BMW C 125, Suzuki GZ250, Harley-Davidson Dyna Super Glide FXD. Испытания проводились без пассажира на скорости от 50,0 км/ч до 130,0 км/ч с включенной и выключенной системой АБС. Торможение осуществлялось по прямой

траектории на сухом асфальте, с использованием ручного и ножного тормоза одновременно. Все испытания проводились на основании предъявляемых требований ГОСТ Р 41.78-2001 (Правила ЕЭК ООН N 78) [5]. С учетом имеющихся данных, полученных в результате эксперимента, выведены значения коэффициентов эффективности торможения ТС категории L₃ при торможении на сухом асфальте с коэффициентом сцепления 0,7, при использовании комбинированного торможения при выключенной и включенной АБС на различных скоростях движения. Полученные значения коэффициентов эффективности торможений (K_э) значительно ниже значений K_э, рекомендуемых к применению экспертами при проведении исследований механизмов ДТП с участием мотоциклов [3], что в свою очередь сказывается на результатах расчетов, производимых экспертами, при этом расчетные значения скоростей ДТС становятся значительно выше, что оказывает влияние на выводы экспертного исследования в целом. Результаты исследования сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты дорожных испытаний

| Мотоцикл | Скорость V, км/ч | Состояние АБС | Мин. знач. S _t , м | Макс. знач. S _t , м | Станд. откл. | Ср. знач. S _t , м | Расчет. знач. K _э |
|---------------|------------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
| Хонда VFR 800 | 50,0 | Вкл. | 10,8 | 11,9 | 0,4 | 11,4 | 0,87 |
| | | Выкл. | 11,1 | 13,9 | 1,1 | 12,5 | 0,96 |
| | 130,0 | Вкл. | 72,3 | 76,7 | 1,8 | 74,5 | 0,80 |
| | | Выкл. | 79,6 | 86,9 | 2,7 | 83,6 | 0,90 |
| Хонда ST1100 | 50,0 | Вкл. | 10,7 | 11,8 | 0,4 | 11,3 | 0,86 |
| | | Выкл. | 10,3 | 13,3 | 1,0 | 11,6 | 0,88 |
| | 130,0 | Вкл. | 71,4 | 80,9 | 3,2 | 77,0 | 0,82 |
| | | Выкл. | 72,4 | 79,4 | 2,7 | 75,2 | 0,81 |
| БМВ С1 125 | 50,0 | Вкл. | 12,7 | 14,2 | 0,6 | 13,5 | 1,03 |
| | 60,0 | Выкл. | 25,0 | 30,4 | 1,9 | 28,3 | 1,40 |

ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследования показал влияние антиблокировочной системы на величину тормозного пути мотоцикла. При выключении системы АБС, тормозной путь увеличивается в среднем на 12...15% в зависимости от марки мотоцикла и скорости его движения.

Оценивая эффективность проведения автотехнических экспертиз, учитывающей уточненные экспериментальным путем фактические значения замедлений ТС категории L₃, следует, что из 100 проанализированных ДТП, связанных с наездом на пешеходов или столкновением с иным ТС, в 90% случаев использование методики расчета скорости по следам торможения, обеспечивает получение более высокого значения скорости движения ДТС до столкновения, в среднем на 5%-10%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтюков, С. А. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст] / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – СПб.: ООО «Издательство ДНК». - 2-ое издание, 2005. – 288 с.
2. Евтюков, С. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Справочник [Текст] / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – СПб.: Издательство ДНК, 2006. – 536 с.
3. Евтюков, С. А. Обзор существующих методик расчета скорости двухколесных транспортных средств [Текст] / С. А. Евтюков, И. С. Брылев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-10750.
4. ГОСТ 6253-78. Мототранспортные средства. Методы испытаний [Текст] / М.:Изд-во стандартов, 1986. – 142 с.
5. ГОСТ Р 41,78-2001 (Правила № 78-88 ЕЭК ООН). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категории L в отношении торможения, [текст]. М.:Изд-во стандартов, 2001. – 20с.

Евтюков Сергей Аркадьевич

ГОУ ВПО «СПБГАСУ»

Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Наземные транспортно-технологических машин»,
декан автомобильно-дорожного факультета

E-mail: evtyukovs@gmail.com

Брылев Илья Сергеевич

ГОУ ВПО «СПБГАСУ»

Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Аспирант кафедры «Наземные транспортно-технологических машины»

E-mail: ilya2104@mail.ru

S. A. EVTUKOV, I. S. BRYLEV

EXPERIMENTAL STUDIES PARAMETER IS SET DECELERATION AND STOPPING DISTANCE OF MOTORCYCLES

In the Russian Federation there are no values of steady deceleration of motorcycles, when braking the front brake, with ABS and without using additional braking systems, braking on a neutral / in gear.

The aim of our studies is to determine the actual values of the steady deceleration of motorcycles.

Keywords: *autotechnical examination, two-wheelers, the calculation speed, slowing down.*

BIBLIOGRAFIYA

1. Evtyukov, S. A. *Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy* [Tekst] / S. A. Evtyukov, YA. V. Vasil'ev. - SPb.: OOO "Izdatel'stvo DNK". - 2-oe izdanie, 2005. - 288 s.
2. Evtyukov, S. A. *Ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy. Spravochnik* [Tekst] / S. A. Evtyukov, YA. V. Vasil'ev. - SPb.: Izdatel'stvo DNK, 2006. - 536 s.
3. Evtyukov, S. A. *Obzor sushchestvuyushchikh metodik rascheta skorosti dvukhkolesnykh transportnykh sredstv* [Tekst] / S. A. Evtyukov, I. S. Brylev // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. - 2013. - № 6; URL: www.science-education.ru/113-10750.
4. GOST 6253-78. *Mototransportnye sredstva. Metody ispytaniy* [Tekst] / M.:Izd-vo standartov, 1986. - 142s.
5. GOST R 41,78-2001 (Pravila № 78-88 EEK OON). *Edinoobraznye predpisaniya, kasayushchiesya ofitsial'nogo utverzhdeniya transportnykh sredstv kategorii L v otnoshenii tormozheniya*, [tekst]. M.:Izd-vo standartov, 2001. - 20s.

Evtyukov Sergei Arkadievich

GOU VPO "SPBGASU"

Dr. Sc. Sciences, Professor, Head of the Department "land transport and technological machines," the dean of the Faculty of Automobile and Road

Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Red Army Street., d. 4

E-mail: evtyukovs@gmail.com

Brylev Ilya Sergeevich

GOU VPO "SPBGASU"

Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Red Army Street., d. 4

Graduate student of "land transport and technological machines"

E-mail: ilya2104@mail.ru

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

УДК 656.13

И. Е. ИЛЬИНА, Е. И. ТИТОВА, Д. А. КРОТОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ОЦЕНОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕСТИРОВАНИЯ ВОДИТЕЛЕЙ

Результаты тестирования на автотренажере позволили получить результаты времени и количество попыток для выполнения каждого теста. Определено оптимальное время выполнения тестов для мужчин и женщин кандидатов в водители. Предложено определять согласованность оценок результатов тестирования на автотренажере и оценок полученных в ходе проверки знаний по критерию Стьюдента.

Ключевые слова: Обучение, вождение, тренажер, водитель, автомобиль, дорога, автошкола

Одной из основных причин аварийности на автомобильном транспорте является недостаточное профессиональное мастерство водителей. Анализ дорожно-транспортных происшествий показывает, что неправильные и несогласованные действия водителей в большинстве случаев вызваны ошибками в оценке дорожно-транспортных ситуаций и прогнозе их дальнейшего развития.

Для выявления уровня подготовки кандидатов в водители проведено тестирование на автотренажере «ОТКВ-2», с учетом индивидуальных особенностей обучаемых.

Все полученные результаты, совмещенные на одном графике по видам испытания показали, что для безошибочного выполнения задания «Полигон» женщинам требуется в среднем 72,8 с (от 62,3 с до 83,4 с.) несмотря на количество сделанных попыток (рис. 1).

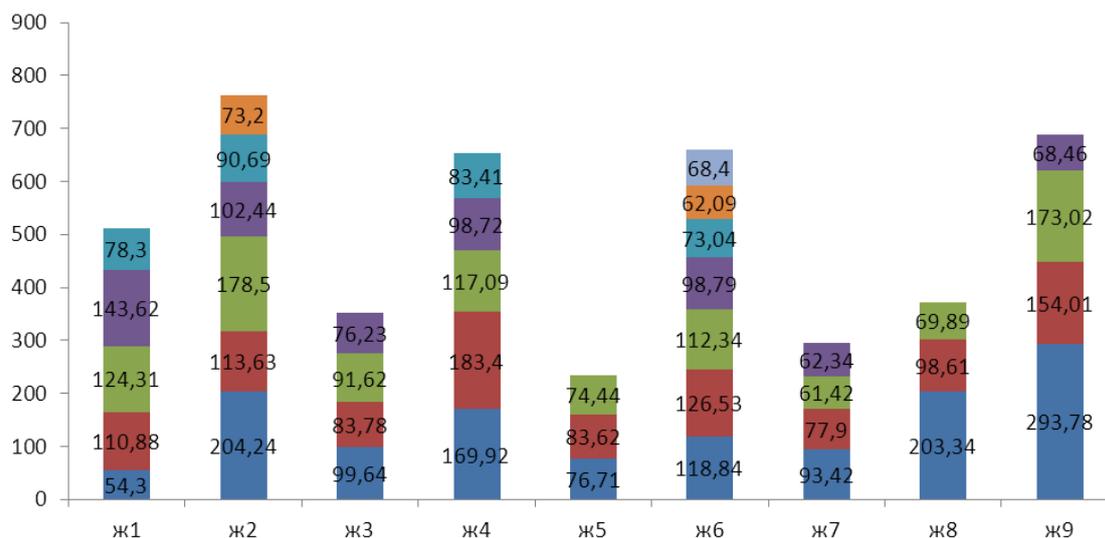


Рисунок 1 – Результаты теста «Полигон» по времени у женщин

Для безошибочного выполнения теста «Змейка» (рис. 2) девушкам требуется 50,5 с. (41,3 с. до 59,6 с.).

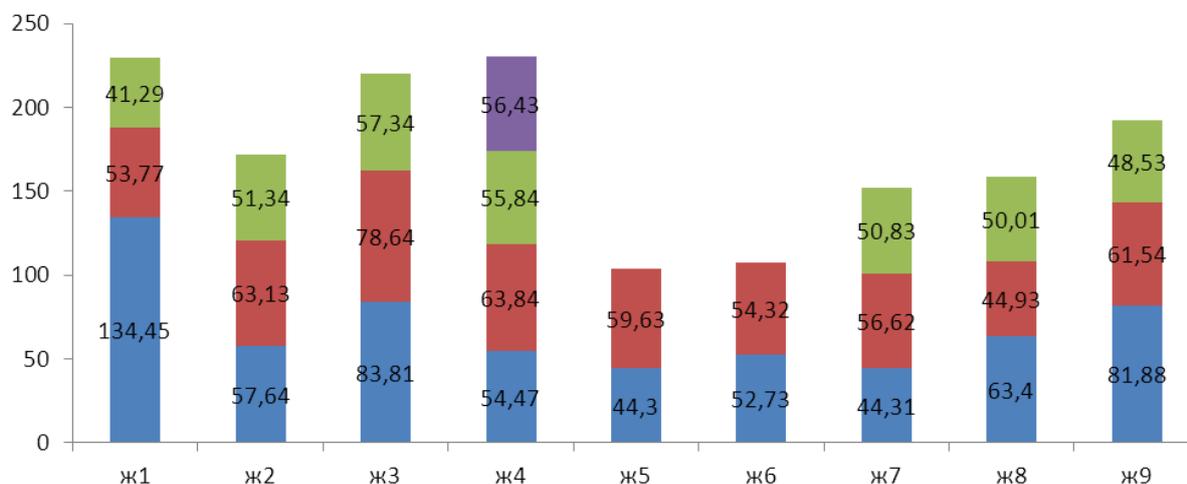


Рисунок 2 – Результаты теста «Змейка» по времени у женщин

Для безошибочного выполнения теста «Подъем» (рис. 3) девушкам требуется 46,8 с. (35,4 с. до 58,3 с.).

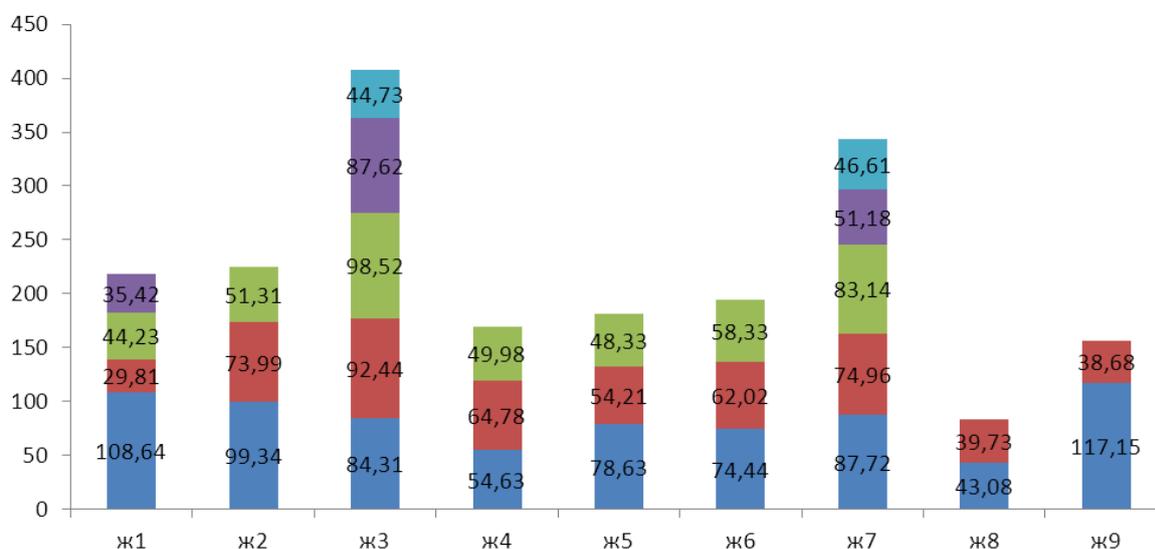


Рисунок 3 – Результаты теста «Подъем» по времени у женщин

Все полученные результаты, совмещенные на одном графике по видам испытания показали, что для безошибочного выполнения задания «Полигон» мужчинам требуется в среднем 64,5 с. (от 56,02 с. до 78,07 с.) несмотря на количество сделанных попыток (рис. 4).

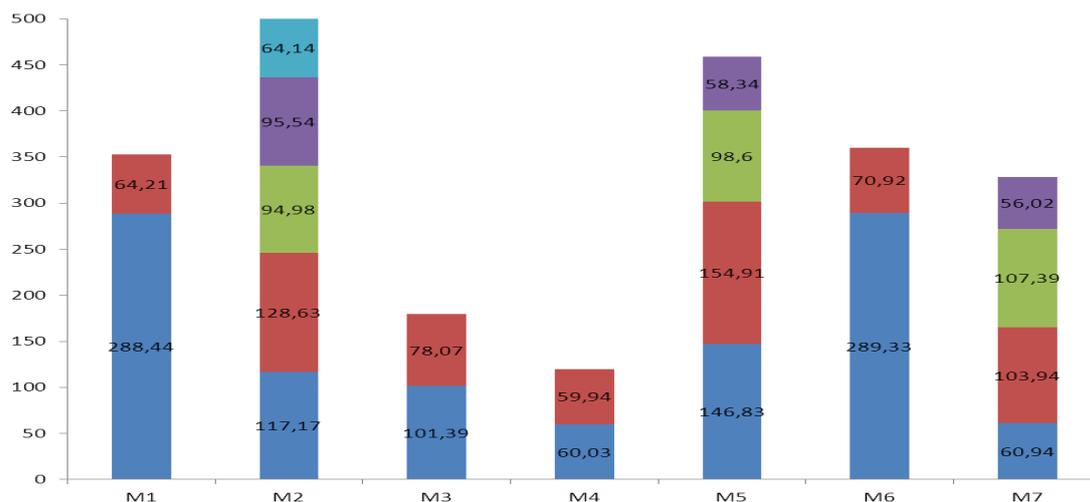


Рисунок 4 – Результаты теста «Полигон» по времени у мужчин

Для безошибочного выполнения теста «Змейка» мужчинам требуется 43,2 с. (36,5 с. до 48,3 с.) (рис. 5)

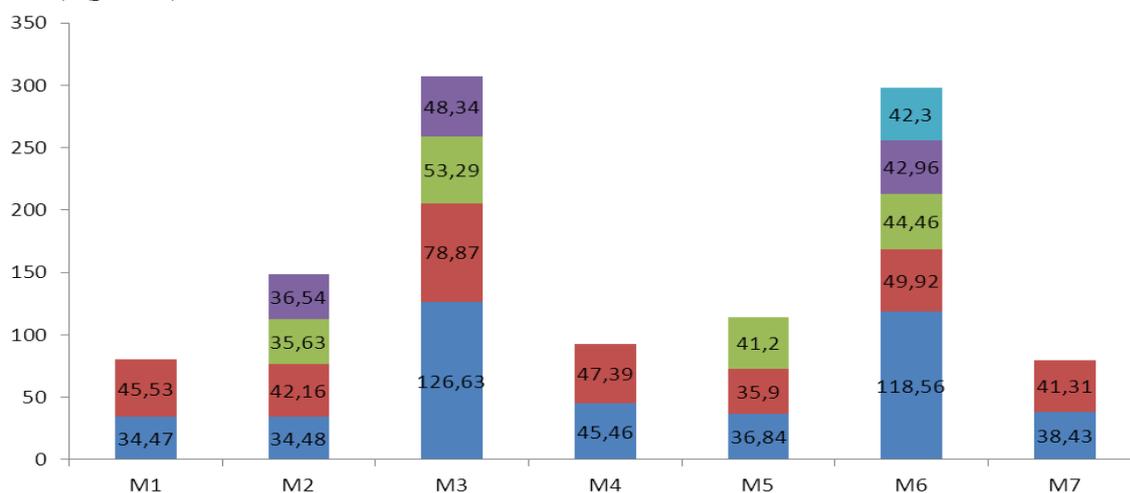


Рисунок 5 – Результаты теста «Змейка» по времени у мужчин

Для безошибочного выполнения теста «Подъем» мужчинам требуется 37,4 с. (32,3 с. до 44,6 с.) (рис. 6).

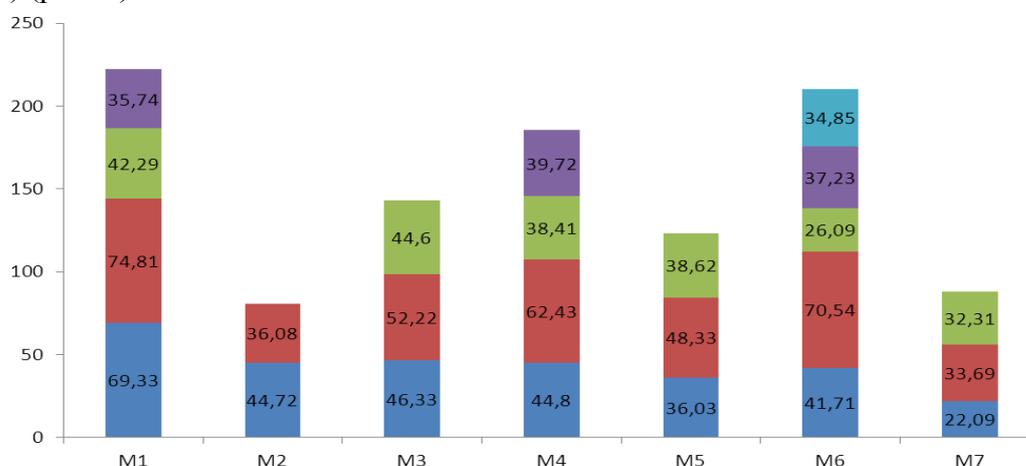


Рисунок 6 – Результаты теста «Подъем» по времени у мужчин

В связи с тем, что группа тестируемых только начала обучение, навыков управления и знаний ПДД у них недостаточно, поэтому результаты получились неоднородными. Но все же некоторые выводы можно сделать:

- больше всего времени затрачивается на тест «полигон» - до 350 с (почти 6 минут);
- для выполнения теста «змейка» требуется больше попыток, но времени на 50% меньше;
- тест «подъем» выполняется с 2-5 попыток и занимает в среднем 2,5 минуты.
- мужчины в среднем проходят тесты за меньшее количество попыток, чем девушки;
- мужчины на выполнение заданий тратят до 30% меньше времени, чем девушки.

Определим согласованность оценок результатов тестирования на автотренажере и оценок полученных в ходе проверки знаний ПДД и навыков управления автомобилем с помощью критерия Стьюдента.

Значимость полученной групповой оценки в большой степени определяется согласованностью индивидуальных оценок экспертов. В связи с этим возникает вопрос об определении приемлемой меры согласованности, а также о разработке методов и процедур повышения согласованности мнений экспертов, если она недостаточна.

Критерий Стьюдента направлен на оценку различий величин средних значений двух выборок, которые распределены по нормальному закону. Одним из главных достоинств критерия является широта его применения. Он может быть использован для сопоставления средних у связанных и несвязанных выборок, причем выборки могут быть не равны по величине. [5]

Для применения t-критерия Стьюдента необходимо соблюдать следующие условия:

1. Измерение может быть проведено в шкале интервалов и отношений.
 2. Сравнимые выборки должны быть распределены по нормальному закону.
- Условно оценим успешность выполнения тестов по пятибалльной шкале.

Таблица 1 – Распределение количества попыток выполнения заданий среди мужчин и женщин соответственно

| | Количество попыток выполнения задания | | |
|---|---------------------------------------|--------|--------|
| | Полигон | Змейка | Подъем |
| М | 2-5 | 2-5 | 2-5 |
| Ж | 3-7 | 2-6 | 2-7 |

Таблица 2 – Оценка в баллах за выполнение задания мужчин и женщин соответственно

| | Условная оценка за тест | | |
|---|-------------------------|-------------------|---------------------|
| | Отлично | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
| М | 1-2 | 3-4 | 5 и более |
| Ж | 2-3 | 4-5 | 6 и более |

Таблица 3 – Субъективная и объективная оценка знаний и навыков женщин

| | Полигон | Змейка | Подъем | Преподаватель | Инструктор |
|---|---------|--------|--------|---------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| 2 | 2 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 3 | 2 | 2 | 5 | 3 | 3 |
| 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 |
| 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 |
| 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Окончание таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|---|---|---|---|---|
| 7 | 2 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 8 | 3 | 5 | 2 | 4 | 3 |
| 9 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 |
| 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 11 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 |

Таблица 4 – Субъективная и объективная оценка знаний и навыков мужчин

| | Полигон | Змейка | Подъем | Преподаватель | Инструктор |
|---|---------|--------|--------|---------------|------------|
| 1 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | 5 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 7 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 |

Таблица 5 – Результаты математической обработки согласованности результатов

| Среднее значение оценки на автотренажере, X | Среднее значение оценки преподавателей, Y | $X_i - \bar{x}$ | $Y - \bar{y}$ | $(X_i - \bar{x})^2$ | $(Y - \bar{y})^2$ | s | $t_{кр}$ | | |
|---|---|-----------------|---------------|---------------------|-------------------|-------|----------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| 3,666 | 3,5 | -0,1633 | -0,19 | 0,0266 | 0,0361 | 0,208 | 0,665 | | |
| 4 | 4 | 0,17 | 0,31 | 0,0289 | 0,0961 | | | | |
| 3 | 3 | -0,83 | -0,69 | 0,6889 | 0,4761 | | | | |
| 3,666 | 3,5 | -0,1633 | -0,19 | 0,0266 | 0,0361 | | | | |
| 3,666 | 3,5 | -0,1633 | -0,19 | 0,0266 | 0,0361 | | | | |
| 5 | 5 | 1,17 | 1,31 | 1,3689 | 1,7161 | | | | |
| 4 | 4,5 | 0,17 | 0,81 | 0,0289 | 0,6561 | | | | |
| 3,333 | 3,5 | -0,4966 | -0,19 | 0,2466 | 0,0361 | | | | |
| 4 | 3,5 | 0,17 | -0,19 | 0,0289 | 0,0361 | | | | |
| 5 | 5 | 1,17 | 1,31 | 1,3689 | 1,7161 | | | | |
| 4,333 | 4 | 0,50333 | 0,31 | 0,2533 | 0,0961 | | | | |
| 4,333 | 4 | 0,50333 | 0,31 | 0,2533 | 0,0961 | | | | |
| 3,333 | 3 | -0,4966 | -0,69 | 0,2466 | 0,4761 | | | | |
| 3,666 | 3,5 | -0,1633 | -0,19 | 0,0266 | 0,0361 | | | | |
| 4,333 | 4 | 0,50333 | 0,31 | 0,2533 | 0,0961 | | | | |
| 3 | 3 | -0,83 | -0,69 | 0,6889 | 0,4761 | | | | |
| 3 | 3 | -0,83 | -0,69 | 0,6889 | 0,4761 | | | | |
| 3,666 | 3 | -0,1633 | -0,69 | 0,0266 | 0,4761 | | | | |
| $\Sigma 69$ | $\Sigma 66,5$ | | | $\Sigma 6,277$ | $\Sigma 7,069$ | | | | |
| 3,833 | 3,694 | | | | | | | | |

Если $n_1=n_2$, то стандартная ошибка разности средних арифметических будет считаться по формуле:

$$\sigma_{x_1-x_2} = \sqrt{\frac{\sum(x_1 - \bar{x})^2 + \sum(x_2 - \bar{x})^2}{(n-1) \cdot n}}, \quad (1)$$

где n - величина выборки.

Подсчет числа степеней свободы осуществляется по формуле:

$$k = n_1 + n_2 - 2. \quad (2)$$

При численном равенстве выборок $k = 2n - 2$.

Далее необходимо сравнить полученное значение $t_{эмп}$ с теоретическим значением t - распределения Стьюдента.

В результате $t_{эмп} < t_{крит}$, т.е. данные полученных выборок отличаются несущественно. Гипотеза о согласованности оценок преподавателей и оценок, полученных при прохождении тестов на автотренажере близка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильина, И. Е. Использование автотренажеров в обучении водителей категории «В» [Текст] / И. Е. Ильина, В. В. Лянденбургский, А. И. Звижинский, С. А. Евстратова // Мир транспорта и технологических машин. - №1. - Орел. - 2013. - С. 105-111.
2. Ильина, И. Е. Анализ аварийности и причины нарушения водителями правил дорожного движения по Пензенской области [Текст] / И. Е. Ильина, В. В. Лянденбургский, С. А. Пылайкин, С. А. Евстратова // Науковедение. - №1. - 2013. - С. 1-12.
3. Ильина, И. Е. Обучение вождению лиц с ограниченными возможностями [Текст] / И. Е. Ильина, В. В. Лянденбургский, С. А. Пылайкин, О. С. Серова // Науковедение. - №6. - 2013. - С. 1-10.
4. Ильина, И. Е. Применение тренажеров для повышения квалификации инструкторов вождения [Текст] / И. Е. Ильина, В. В. Лянденбургский, С. А. Пылайкин, С. А. Евстратова // Науковедение. - №1. - 2013. - С. 1-12.
5. Ильина, И. Е. Исследование психофизиологических особенностей кандидатов в водители на тренажере ТА2 [Текст] / И. Е. Ильина, М. Г. Богаткина, С. А. Евстратова // Мир транспорта и технологических машин. - №1. - Орел. - 2014. - С. 119-125.
6. Ильина, И. Е. Использование автотренажеров при подготовке водителей категории «В» [Текст] / И. Е. Ильина, Е. С. Куприянова, Д. А. Кротова // Международный научный форум «Наука молодых - интеллектуальный потенциал XXI века» ПГУАС. - Пенза. - 2013. - С. 102-109.
7. Ильина, И. Е. Использование тренажеров в процессе обучения водителей категории «В» для повышения безопасности дорожного движения [Текст]: учеб. пособие / И. Е. Ильина, Д. А. Кротова, Е. С. Куприянова. - Пенза: ПГУАС, 2013. - 192 с.
8. Ильина, И. Е. Подготовка водителей к управлению автомобилем. Обучение управлению автомобилем водителей с ограниченными возможностями [Текст]: учеб. пособие / И. Е. Ильина. - Пенза: ПГУАС, 2013. - 164 с.
9. Ильина, И. Е. Подготовка водителей с ограниченными возможностями [Текст] / И. Е. Ильина, Ю. М. Сергеева, О. С. Серова // Международный научный форум «Наука молодых - интеллектуальный потенциал XXI века» ПГУАС. - Пенза. - 2013. - С. 23-28.
10. Ильина, И. Е. Влияние факторов системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» на аварийность [Текст] / И. Е. Ильина, С. А. Евстратова, Ю. М. Сергеева // Международный научный форум «Наука молодых - интеллектуальный потенциал XXI века» ПГУАС. - Пенза. - 2013. - С. 124-129.
11. Ильина, И. Е. Анализ аварийности на автомобильном транспорте Пензенской области [Текст] / И. Е. Ильина, С. А. Пылайкин, О. С. Серова // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса. - Пенза: РИО ПГСХА. - 2012. - С. 38 - 41
12. Ильина, И. Е. Применение экспертных методов при оценке факторов влияющих на безопасность дорожного движения [Текст] / И. Е. Ильина, С. А. Евстратова, Ю. М. Сергеева // Прогрессивные технологии в транспортных и социальных системах. - ОГУ. - 2013.
13. Ильина, И. Е. Водитель – как субъективная причина совершения дорожно-транспортных происшествий [Текст] / И. Е. Ильина, С. А. Евстратова. - Международный научный форум «Наука молодых - интеллектуальный потенциал XXI века» ПГУАС. - Пенза. - 2014. - С. 65-69.

14. Ильина, И. Е. Методика экспериментальных исследований надежности кандидатов в водители [Текст] / И. Е. Ильина, В. В. Лянденбургский, С. А. Пылайкин, С. А. Евстратова // Наукоеведение. - №2. - 2014. - С. 1-12.
15. Лянденбургский, В. В. Тренажер для обучения курсантов вождению автомобиля и контроля корректирующих действий инструктора [Текст] / В. В. Лянденбургский, Г. И. Шаронов, И. Е. Ильина, Ю. Д. Бреева. - Наукоеведение. - №4. - 2014. - С. 1-12.
16. Ильина, И. Е. К вопросу оценки риска совершения дорожно-транспортного происшествия [Текст] / И. Е. Ильина, С. А. Евстратова // Innovation is the source of development of national economy. – Praha, Penza. - 2014. - Часть3. - С. 13-16.
17. Ильина, И. Е. Применение тренажера ТА-2 для оценки психофизиологических особенностей кандидатов в водители [Текст] / И. Е. Ильина, Е. С. Куприянова, Д. А. Кротова // Мир транспорта и технологических машин. - №3. - Орел. - 2014. - С. 128-136.
18. Ильина, И. Е. Повышение безопасности дорожного движения за счет использования тренажеров в процессе обучения водителей категории «В» [Текст] / И. Е. Ильина, Ю. В. Родионов, С. А. Пылайкин // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения). – Пенза: ПГСХА. - 2014. - С. 51-54.
19. Крымская, Ю. А. Построение математических моделей в прикладных задачах [Текст] / Ю. А. Крымская, Е. И. Титова, С. Н. Ячинова // Молодой ученый. - 2013. - № 12 (59). - С. 3-6.

Ильина Ирина Евгеньевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»
Email: iie.1978@yandex.ru

Титова Елена Ивановна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28
Канд. пед. наук, доцент кафедры «Математика и математическое моделирование»
Email: dekauto@pguas.ru

Кротова Дарья Андреевна

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Титова, 28
Студент
Email: iie.1978@yandex.ru

I.E. ILINA, E. I. TITOVA, D. A. KROTOVA

DETERMINATION OF THE CONSISTENCY OF SCORES ON THE TEST RESULTS OF DRIVERS

The results of testing on the simulator allowed us to get results time and number of attempts for each test. The optimal run time tests for men and women candidates for drivers. Asked to identify the consistency of the estimates of the results of testing on the simulator and assessments obtained during testing for the student criterion.

Keywords: Training, driving, simulator, the driver, the car, the road driving school.

BIBLIOGRAPHY

1. Ильяина, И. Е. Ispol'zovanie avtotrenazherov v obuchenii voditeley kategorii "V" [Tekst] / I. E. Il'ina, V. V. Lyandenburskiy, A. I. Zvizhinskiy, S. A. Evstratova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №1. - Ore. - 2013. - S. 105-111.
2. Ильяина, И. Е. Analiz avariynosti i prichiny narusheniya voditelyami pravil dorozhnogo dvizheniya po Penzenskoy oblasti [Tekst] / I. E. Il'ina, V. V. Lyandenburskiy, S. A. Pylaykin, S. A. Evstratova // Naukovedenie. - №1. - 2013. - S. 1-12.
3. Ильяина, И. Е. Obuchenie vozhdeniyu lits s ogranichennymi vozmozhnostyami [Tekst] / I. E. Il'ina, V. V. Lyandenburskiy, S. A. Pylaykin, O. S. Serova // Naukovedenie. - №6. - 2013. - S. 1-10.
4. Ильяина, И. Е. Primenenie trenazherov dlya povysheniya kvalifikatsii instruktorov vozhdeniya [Tekst] / I. E. Il'ina, V. V. Lyandenburskiy, S. A. Pylaykin, S. A. Evstratova // Naukovedenie. - №1. - 2013. - S. 1-12.

5. Il'ina, I. E. Issledovanie psikhofiziologicheskikh osobennostey kandidatov v voditeli na trenazhere TA2 [Tekst] / I. E. Il'ina, M. G. Bogatkina, S. A. Evstratova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №1. - Orel. - 2014. - S. 119-125.
6. Il'ina, I. E. Ispol'zovanie avtotrenazherov pri podgotovke voditeley kategorii "V" [Tekst] / I. E. Il'ina, E. S. Kupriyanova, D. A. Krotova // Mezhdunarodnyy nauchnyy forum "Nauka molodykh - intellektual'nyy potentsial XXI veka" PGUAS. - Penza. - 2013. - S. 102-109.
7. Il'ina, I. E. Ispol'zovanie trenazherov v protsesse obucheniya voditeley kategorii "V" dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Tekst]: ucheb. posobie / I. E. Il'ina, D. A. Krotova, E. S. Kupriyanova. - Penza: PGUAS, 2013. - 192 s.
8. Il'ina, I. E. Podgotovka voditeley k upravleniyu avtomobilem. Obuchenie upravleniyu avtomobilem voditeley s ogranichennymi vozmozhnostyami [Tekst]: ucheb. posobie / I. E. Il'ina. - Penza: PGUAS, 2013. - 164 s.
9. Il'ina, I. E. Podgotovka voditeley s ogranichennymi vozmozhnostyami [Tekst] / I. E. Il'ina, YU. M. Sergeeva, O. S. Serova // Mezhdunarodnyy nauchnyy forum "Nauka molodykh - intellektual'nyy potentsial XXI veka" PGUAS. - Penza. - 2013. - S. 23-28.
10. Il'ina, I. E. Vliyanie faktorov sistemy "voditel'-avtomobil'-doroga-sreda" na avariynost' [Tekst] / I. E. Il'ina, S. A. Evstratova, YU. M. Sergeeva // Mezhdunarodnyy nauchnyy forum "Nauka molodykh - intellektual'nyy potentsial XXI veka" PGUAS. - Penza. - 2013. - S. 124-129.
11. Il'ina, I. E. Analiz avariynosti na avtomobil'nom transporte Penzenskoy oblasti [Tekst] / I. E. Il'ina, S. A. Pylaykin, O. S. Serova // Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa. - Penza: RIO PGSHA. - 2012. - S. 38 - 41
12. Il'ina, I. E. Primenenie ekspertnykh metodov pri otsenke faktorov vliyayushchikh na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya [Tekst] / I. E. Il'ina, S. A. Evstratova, YU. M. Sergeeva // Progressivnye tekhnologii v transportnykh i sotsial'nykh sistemakh. - OGU. - 2013.
13. Il'ina, I. E. Voditel' - kak sub"ektivnaya prichina soversheniya dorozhno-transportnykh proissheshtviy [Tekst] / I. E. Il'ina, S. A. Evstratova. - Mezhdunarodnyy nauchnyy forum "Nauka molodykh - intellektual'nyy potentsial XXI veka" PGUAS. - Penza. - 2014. - S. 65-69.
14. Il'ina, I. E. Metodika eksperimental'nykh issledovaniy nadezhnosti kandidatov v voditeli [Tekst] / I. E. Il'ina, V. V. Lyandenburskiy, S. A. Pylaykin, S. A. Evstratova // Naukovedenie. - №2. - 2014. - S. 1-12.
15. Lyandenburskiy, V. V. Trenazher dlya obucheniya kursantov vozhdeniyu avtomobilya i kontrolya korrek-tiruyushchikh deystviy instruktora [Tekst] / V. V. Lyandenburskiy, G. I. Sharonov, I. E. Il'ina, YU. D. Breeva. - Naukovedenie. - №4. - 2014. - S. 1-12.
16. Il'ina, I. E. K voprosu otsenki riska soversheniya dorozhno-transportnogo proissheshtviya [Tekst] / I. E. Il'ina, S. A. Evstratova // Innovation is the source of development of national economy. - Praha, Penza. - 2014. - Chast'3. - S. 13-16.
17. Il'ina, I. E. Primenenie trenazhera TA-2 dlya otsenki psikhofiziologicheskikh osobennostey kandidatov v voditeli [Tekst] / I. E. Il'ina, E. S. Kupriyanova, D. A. Krotova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3. - Orel. - 2014. - S. 128-136.
18. Il'ina, I. E. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet ispol'zovaniya trenazherov v protsesse obucheniya voditeley kategorii "V" [Tekst] / I. E. Il'ina, YU. V. Rodionov, S. A. Pylaykin // Transport. Ekonomika. Sotsial'naya sfera. (Aktual'nye problemy i ikh resheniya). - Penza: PGSHA. - 2014. - S. 51-54.
19. Krymskaya, YU. A. Postroenie matematicheskikh modeley v prikladnykh zadachakh [Tekst] / YU. A. Krymskaya, E. I. Titova, S. N. Yachinova // Molodoy uchenyy. - 2013. - № 12 (59). - S. 3-6.

Ilina Irina Evgen'evna

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, g. Penza, ul. Titov, 28

Kandy. tehn. Sciences, Associate Professor of "Organization and traffic safety"

Email: iie.1978@yandex.ru

Titova Elena Ivanovna

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, g. Penza, ul. Titov, 28

Kandy. ped. Sciences, Associate Professor of "Mathematics and Mathematical Modeling"

Email: dekauto@pguas.ru

Krotova Darya Andreevna

FGBOU VPO "Penza State University of Architecture and Construction"

Address: 440028, Russia, g. Penza, ul. Titov, 28

Student

Email: iie.1978@yandex.ru

УДК 656:168.4:004.94

В. А. КОРЧАГИН, А. Н. НОВИКОВ, Ю. Н. РИЗАЕВА,

ПОСТРОЕНИЕ СИНХРОНИЗИРОВАННОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТАВОК

Экономика и транспорт будут эффективны тогда, если организовано рациональное управление ими, обеспечивающее нормативное качество окружающей среды и конкурентоспособность на международном рынке транспортных услуг. Для достижения этих целей предложено использовать биосферно – совместимые технологии процесса грузодвижения через уравновешивание его с процессами природы и доведение до нормативного качества среды обитания. Чтобы сделать город биосферно – совместимым и развивающим человека рекомендуется использовать возможности социоприродоэкономических систем с учетом неразрывности связи любого ее звена (элемента) со всей системой в целом.

Ключевые слова: город, окружающая среда, грузодвижение.

Известно, что в нашем доме – планета Земля происходит наращивание экологически опасных систем и прогрессирует техногенная деградация природных комплексов [1, 2]. Для решения этой важной проблемы необходимо использовать биосферно – совместимые технологии производства при обеспечении экологической безопасности городской среды и экологической реконструкции территорий городской застройки и нужно признавать лишь те технологии, которые обеспечивают нормативный уровень загрязнения окружающей среды и увеличивают потенциал жизни биосферы при их применении.

В основе парадигмы биосферосовместимого города и концепции эколога – экономических и ноосферных согласований с техносферной лежит теория гомеостатического взаимодействия природы, общества и человека. Чтобы сделать город биосферно – совместимым и развивающим человека рекомендуется использовать возможности социоприродоэкономических систем (СПЭС) [3, 4, 5] предприятий и организаций всех отраслей. СПЭС способны восстанавливать утраченное равновесие в соответствии с природными закономерностями и потребностями общества. В настоящее время взаимодействие главной производственной силы – биосферы и созданной человеком техносферы имеет глобальные масштабы и формирует ряд приоритетных задач, от решения которых во многом зависит системная безопасность общества [6, 7]. К приоритетной задаче следует отнести создание эффективной системы организации управления логистическими цепями грузопотоков.

За счет введения в систему менеджмента категорий логистическое звено (элемент), логистическая цепь (работа, поставка, спрос) и цепь поставок (ЦП) сама система принимает ясный организационный механизм. Методология создания таких систем построена на выделении структурных ее блоков: системные факторы, процессы, результаты.

Системные факторы есть отображение всеобщего характера организационных отношений как «целое – часть». При этом органичное целое не есть простая сумма его частей. Здесь, прежде всего, отмечается несепарабельность системы менеджмента, т.е. неразрывность связи любого ее звена (элемента) со всей системой в целом. Системное же расхождение включает в себе тенденцию развития, направленную к дополнительным связям. Эффект системной организации есть разность между эффектом от функционирования системы как целого и суммарных эффектов от изолированного функционирования отдельных ее элементов (звеньев), когда предполагается, что взаимодействие отсутствует.

Организация в менеджменте является фундаментом обеспечения эффективности любой СПЭС, а ошибки в системе – это, прежде всего организационные факторы. Организация есть упорядочение процессов в пространстве и во времени, происходящих в СПЭС. Представляет она собой деятельность, носящую процессный характер по целевому изменению

траектории движения системы, а также удержания ее на этой траектории.

Система организации менеджмента состоит из совокупности элементов и связывающих их процессов, происходящих в определенном пространстве в конкретное время. Связи в системе организации менеджмента определяются фактическим перемещением в точку преобразования определенного ресурса в заданном объеме с конкретной точки образования ресурса до образования в другую после преобразования. Задача системы организации менеджмента состоит в том, чтобы отношения между отдельными видами деятельности на предприятии и ресурсами обеспечивали оптимальное достижение цели.

Заказчиков сейчас все больше интересует сокращение продолжительности выполнения заказов в сочетании с высоким качеством обслуживания. Им очень важны свойства конкретных маршрутов доставки грузов: скорость движения (затраты времени), безопасность, сохранность. В качестве критериев оптимизации движения грузопотоков можно рекомендовать минимум: среднего расстояния перевозки, нулевого пробега подвижного состава, порожнего пробега транспортных средств.

Основная функция управления – это планирование. При этом каждая плановая форма содержит: данные проекта общего плана; данные плана предыдущего периода; данные планируемого периода для оценки общего плана. Перед началом планирования необходимо определить: объект планирования (что планируется?); субъект планирования (кто планирует?); горизонт планирования (на какой срок?); средства планирования (с помощью чего планировать?); методику планирования; согласование планов (каких, с кем и на каких условиях?).

Таким образом: цепи работ (поставок, спроса) по перевозкам должны быть ориентированы на их технологичность и стандартизацию, что содержит высокий экономический потенциал развития; процессная составляющая логистики обуславливает производительность, ресурсная – продуктивность, организационная – эффективность деятельности предприятия.

Оптимизация ЦП обосновано рассматриваем как одно из основных направлений повышения конкурентоспособности российского транспорта. Эффективная ЦП должна позволять рационально контролировать грузопотоки и выполнять задачи собственника, всех участников процесса и потребности клиентов с наименьшими совокупными расходами на единицу транспортной работы. Наиболее важные и сложные вопросы, как показала практика, проявляются в двух ключевых областях управления ЦП (рис. 1).

Первая – планирование поставок, включающее в себя следующие стадии управления поставками: прогнозирование продаж и спроса на продукцию; синхронизация прогноза спроса с планом продаж; управление запасами.

Вторая – качественное выполнение заказов, включающее помимо непосредственно производства и управления внешними закупками стадии управления исходящей логистикой и сбытом. Здесь при планировании поставок и производства крайне важно синхронизировать эту работу с выполнением заказов и планированием логистики сбыта, анализируя на ранней стадии, поступающие от покупателей заказы, планируя собственные отгрузки и необходимый для этого подвижной состав.

Лучшие российские и мировые практики постоянно определяют плановые и фактические значения количественных показателей эффективности цепочки поставок – уровень рентабельности инвестированного капитала, который позволяет дать оценки эффективности как в целом предприятия, так и структурных единиц. Обязательно нужно разработать мероприятия на: повышение эффективности капитала и совокупных затрат; высвобождение ликвидности из активов с низкой продуктивностью.

На многих предприятиях России не удается внедрить систему автоматизации, ISO, бережливое производство. Ничего не работает так, как должна работать. В чем причина? Организационные проблемы наших предприятий в основном находятся в области менталитета и отсутствия коллективного природоцентрического сознания и мышления. Именно поэтому все известные системы оплаты и стимулирования труда не дают и не могут дать результата, т.к. они совершенно не влияют на уровень коллективного сознания и мышления.

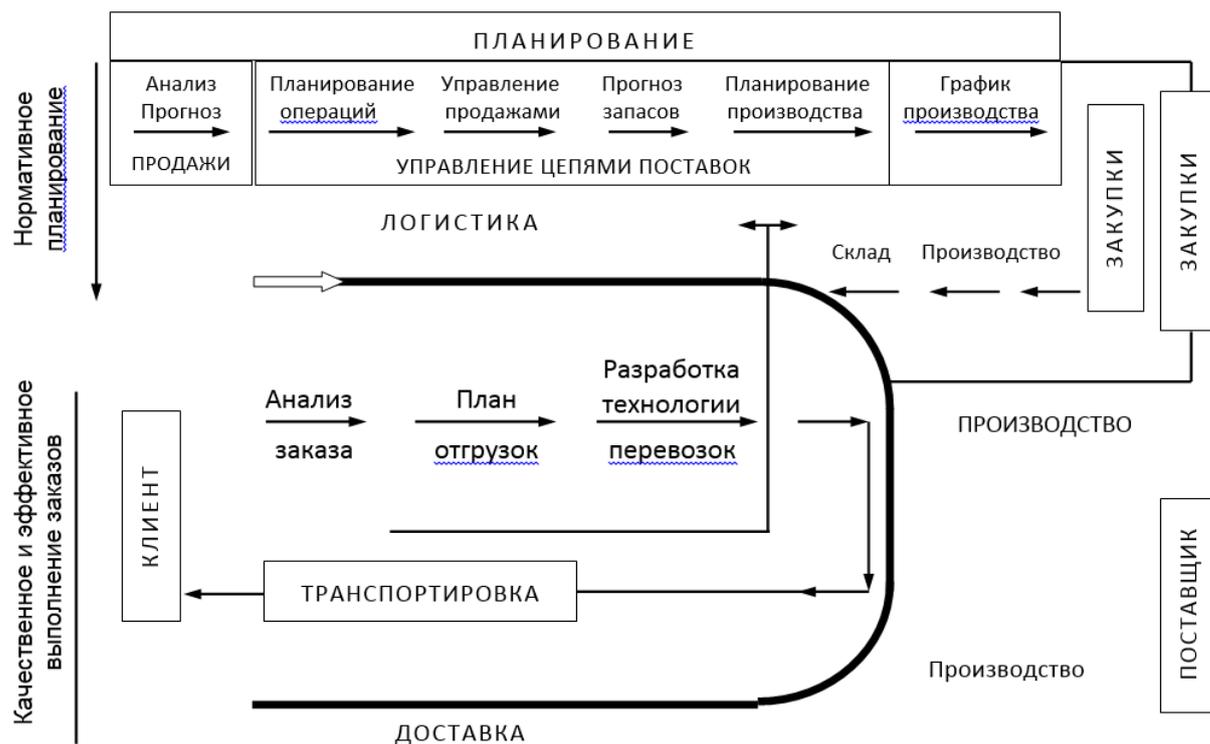


Рисунок 1 - Построение синхронизированной и эффективной ЦП

Для положительного решения этой весьма важной проблемы необходимо создать условия на предприятиях для формирования организационной культуры и коллективного природоцентрического сознания и мышления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский, В. И. Жизнь замечательных людей [Текст] / В. И. Вернадский. - М.: Мол. Гвардия, 2001. - 484 с.
2. Вернадский, В. И. Научная мысль как планетарное явление [Текст] / В. И. Вернадский. - М.: Наука, 1991. - 271 с.
3. Корчагин, В. А. Ноосферологические подходы создания социоприродоэкономических транспортно-логистических систем [Текст] / В. А. Корчагин, Ю. Н. Ризаева // Автотранспортное предприятие. -2012. - №1. - С.45-48.
4. Корчагин, В. А. Научно-обоснованное управление открытыми автотранспортными системами [Текст] / В. А. Корчагин, Ю. Н. Ризаева, Т. В. Корчагина // Фундаментальные исследования. - 2012. - С. 148-152.
5. Корчагин, В. А. Научные основы организации эффективного грузодвижения [Текст]: монография / В. А. Корчагин, А. А. Турсунов, Ю. Н. Ризаева. - Душанбе: ТТУ, 2012. – 160 с.
6. Моисеев, Н. Н. Современный антропогенез и цивилизационные разломы. Эколого-политологический анализ [Текст] / Н. Н. Моисеев // Вопросы философии. – 1995. - №1. - С. 3-30.
7. Моисеев, Н. Н. Стратегия выживания человечества [Текст] / Н. Н. Моисеев // Вестник РАН. -1996. - Т. 66. - №2. - С. 145-147.

Корчагин Виктор Алексеевич

ГОУ ВПО "Липецкий государственный технический университет"

Адрес: 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30

Заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Управление автотранспортом»

E-mail: kaf-uat@stu.lipetsk.ru

Новиков Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

Адрес: г.Орел, ул. Московская, 77, каб. 312
Д-р техн. наук, профессор, зав.кафедрой «Сервис и ремонт машин»
E-mail: srmostu@mail.ru

Ризаева Юлия Николаевна

ГОУ ВПО "Липецкий государственный технический университет"
Адрес: 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30
Канд. экон. наук, доцент кафедры «Управление автотранспортом»
E-mail: kaf-uat@stu.lipetsk.ru

V. A. KORCHAGIN, A. N. NOVIKOV, YU. N. RIZAEVA

**BUILDING EFFECTIVE SYNCHRONIZED AND
LOGISTICS SUPPLY CHAIN**

Economy and Transportation will be effective then, if organized rational management, providing a normative quality of the environment and Competitiveness in the international transport market. To achieve these goals, Woman-proposal to use the biosphere - compatible process technology gruzodvizheniya through the equation-noveshivanie him with the processes of nature and bring to the standard quality of the environment. To make the city the biosphere - compatible and recommended developing human IP-use the opportunity sotsioprirodoekonomicheskikh systems taking into account the continuity of any of its communication link (element) with the entire system as a whole.

Keywords: city, environment, gruzodvizhenie.

BIBLIOGRAPHY

1. Vernadskiy, V. I. ZHizn` zamechatel`nykh lyudey [Tekst] / V. I. Vernadskiy. - M.: Mol. Gvardiya, 2001. - 484 s.
2. Vernadskiy, V. I. Nauchnaya mysl` kak planetarnoe yavlenie [Tekst] / V. I. Vernadskiy. - M.: Nauka, 1991. - 271 s.
3. Korchagin, V. A. Noosferologicheskie podkhody sozdaniya sotsioprirodoekonomicheskikh trans-portnologicheskikh sistem [Tekst] / V. A. Korchagin, YU. N. Rizaeva // Avtotransportnoe predpriyatie. -2012. - №1. - S.45-48.
4. Korchagin, V. A. Nauchno-obosnovannoe upravlenie otkrytymi avtotransportnymi sistemami [Tekst] / V. A. Korchagin, YU. N. Rizaeva, T. V. Korchagina // Fundamental`nye issledovaniya. - 2012. - S. 148-152.
5. Korchagin, V. A. Nauchnye osnovy organizatsii effektivnogo gruzodvizheniya [Tekst]: monografiya / V. A. Korchagin, A. A. Tursunov, YU. N. Rizaeva. - Dushanbe: TTU, 2012. - 160 c.
6. Moiseev, N. N. Sovremennyy antropogenez i tsivilizatsionnye razlomy. Ekologo-politologicheskii analiz [Tekst] / N. N. Moiseev // Voprosy filosofii. - 1995. - №1. - S. 3-30.
7. Moiseev, N. N. Strategiya vyzhivaniya chelovechestva [Tekst] / N. N. Moiseev // Vestnik RAN. -1996. - T. 66. - №2. - S. 145-147.

Korchagin Victor Alekseevich

GOU VPO "Lipetsk State Technical University"
Address: 398600, Lipetsk, Moskovskaya St., 30
Honored worker of science of the Russian Federation, Dr.Sci.Tech., professor, department chair "Management of motor transport"
E-mail: kaf-uat@stu.lipetsk.ru

Novikov Alexander Nikolaevich

FGBOU VPO "State university-UNPK"
Address: Eagle, Moskovskaya St., 77, incorporated bank. 312
Dr.Sci.Tech., professor, department chair "Service and repair of cars"
E-mail: srmostu@mail.ru

Rizayeva Yulia Nikolaevna

GOU VPO "Lipetsk State Technical University"
Address: 398600, Lipetsk, Moskovskaya St., 30
Kand. экон. sciences, associate professor "Management of motor transport"
E-mail: kaf-uat@stu.lipetsk.ru

УДК 338.242.4: 656.13.07

К. В. АКСЕНОВ, Т. К. СМОРОДИНОВА

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННО – ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

В активно развивающейся российской экономике по мере роста общественных потребностей ощущается возрастающая недостаточность государственного (бюджетного) финансирования и, в то же время, имеются крупные инвестиционные проекты, реализация которых вследствие их масштабности и социальной значимости не может быть передана во власть одних только рыночных механизмов. Таковы, например, проекты, касающиеся сфер национальной безопасности, поддержания правопорядка, жилищно-коммунального хозяйства, топливной промышленности, дорожной и транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: инвестиции, строительство, техника, инфраструктура, экономика, дорожное хозяйство.

В современных условиях в России, чтобы избавить экономику от сырьевой зависимости, используют институциональный, инфраструктурный, отраслевой и секторальный подходы к формированию инновационной экономики, но признаков, что страна становится способной производить конкурентоспособный инновационный продукт и постепенно снижать крайне опасную зависимость от добычи и экспорта нефти и газа, так и не появилось.

Возможно, это происходит потому, что до сих пор слишком мало уделяется внимания принципиально важному аспекту инновационного развития – региональному. Требуется принципиально новый подход к пониманию сути инновационного развития и, следовательно, – к формированию политики, направленной на создание и коммерциализацию новых продуктов и процессов.

Именно региональный подход позволяет решить множество сложных теоретических и практических проблем, затрудняющих построение инновационной экономики в нашей стране.

Региональная инновационная политика должна формироваться в тесной связи с проводимой на той или иной территории промышленной политикой. И в этом смысле для регионов России существует три сценария развития:

- 1) повышение доли сырьевого сектора в производстве валового регионального продукта, что фактически означает ухудшение структуры экономики;
- 2) поддержание структуры экономики, сложившейся в предшествующие периоды;
- 3) реструктуризация или технологическая модернизация региональной экономики в результате создания (или приобретения) новых, передовых технологий, внедряемых в производство региональными компаниями [17].

В России недостаточное развитие и высокий физический износ объектов инфраструктурных отраслей в значительной степени ограничивает прогрессивные технологические и институциональные изменения в экономике. Производственная инфраструктура страны эксплуатируется ещё с советских времен, при этом крупные новые объекты за последние двадцать лет не вводились. Темпы сокращения мощностей во многих отраслях достигли критического уровня. Так, в транспортном комплексе износ основных фондов составляет 55 – 70 %, выработали срок службы 14 % газопроводов, износ магистральных нефтепроводов превышает 70 %. Более 60 % федеральных автомобильных дорог на сегодняшний день не соответствуют нормативным эксплуатационным показателям, начиная от качества покрытия и заканчивая освещением [21]. В бедственном положении находится электроэнергетическая инфраструктура, ЖКХ. Низок, по сравнению с развитыми странами мира, уровень обеспе-

ченности населения России жильем, объектами социокультурного назначения и сферами услуг, автодорогами, аэропортами и т.д.

Колоссальный разрыв существует в ценах на электроэнергию, продукты питания, транспортные услуги. В наименее развитых регионах проживает лишь 7 % населения России, хотя по площади они занимают более половины территории страны [22]. Фактически в стране успешно развиваются лишь несколько регионов – все остальные являются дотационными. Социально-экономические различия между субъектами федерации не удалось сократить в годы экономического роста, поэтому в период кризиса они становятся еще более выраженными в условиях сокращения доходов местных бюджетов и трансфертов из федерального бюджета.

В настоящее время дорожной инфраструктуре, как одному из важных элементов транспортной инфраструктуры, во всех странах и на всех уровнях государственного управления уделяется большое внимание.

Инфраструктура дорожного хозяйства – это комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, совокупность отраслей, предприятий и организаций, входящих в дорожное хозяйство.

Совокупность элементов дорожной инфраструктуры, ограниченных административными границами региона, представляет собой региональную дорожную инфраструктуру.

Слабо развитая дорожная инфраструктура является одним из основных лимитирующих факторов роста экономики региона.

В сферах жилищно-коммунального хозяйства, топливной промышленности, электроэнергетики, в сфере железных дорог и других видов общественного транспорта, в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог, нуждающихся в контроле со стороны государства и не обеспечивающих быструю отдачу на вложенные инвестиции, в экономике зарубежных промышленно развитых стран исторически развивалось государственно-частное партнерство (ГЧП), сегодня оно занимает ведущие позиции.

Под термином «государственно-частное партнерство» понимаются различные схемы реализации проектов, отнюдь не похожие ни на уже знакомые нашей стране приватизацию или «совместные предприятия», ни на модную контрактацию (outsourcing), хотя их, иногда справедливо также относят к проектам государственно-частного партнерства.

За рубежом государственно-частным партнерством принято называть очень широкий спектр бизнес-моделей и отношений. В самом общем смысле этот термин применяется при любом использовании ресурсов частного сектора для удовлетворения общественных потребностей. При этом привлекаемые из частного сектора ресурсы могут быть разными – и капитал, и ноу-хау, и опыт менеджеров [1].

Применительно к российской экономике государственно-частное партнерство должно стать одним из стратегических направлений развития и модернизации объектов современной промышленности и инфраструктуры, затрагивающим, прежде всего, совокупность приоритетных проектов, ориентированных на привлечение значительных зарубежных инвестиций и не предусматривающим (в обязательном порядке) необходимость прямого бюджетного финансирования этих проектов.

Успешная реализация проектов ГЧП требует выполнения некоторых предварительных условий, например, наличия эффективной административной структуры, достаточно развитого частного сектора.

В зарубежных промышленно развитых странах проекты, осуществляемые в рамках государственно-частного партнерства, легко можно обнаружить в самых разных отраслях экономики и общественных отношений:

1) **финансовый сектор** – частные страховые и управляющие компании, имеющие опыт работы с потребителями на конкурентных добровольных рынках, занимают все более прочные позиции в секторах обязательного социального страхования и государственного пенсионного обеспечения;

2) **недвижимость** – строительство и эксплуатация общественных объектов и муниципального жилья в обмен на право застройки и развития в коммерческих проектах;

3) **муниципальные услуги** – обновление и эксплуатация, а также строительство новых коммунальных сетей (водопровод, канализация, изредка тепло- и электроснабжение), уборка улиц, вывоз и утилизация мусора, муниципальный транспорт;

4) **телекоммуникации** – создание телекоммуникационной инфраструктуры и монопольные права на ее эксплуатацию, сопровождающиеся обязательствами по предоставлению услуг потребителям (или установленным государством специальным категориям потребителей);

5) **транспорт** – строительство, эксплуатация и обслуживание систем мониторинга управления движением, строительство и эксплуатация автомагистралей, терминалов аэропортов и множество других проектов в автомобильном, железнодорожном, воздушном, городском, трубопроводном, морском и речном транспорте в портах и на внутренних линиях и т.д. [3].

В дорожном хозяйстве проекты ГЧП включают финансирование строительства новых дорог и инвестиции в существующие платные дороги в замену устаревших систем сбора платы через «окошечко кассы» на современные дистанционные системы, позволяющие машинам даже не снижать скорости.

В настоящее время все более актуальной становится возможность передачи в частное управление отдельных полос на бесплатных дорогах для организации скоростного платного движения.

В результате реализации проектов ГЧП государственная отчетность показывает рост эффективности результатов при одновременном снижении бюджетных расходов. Причинами этого считаются более высокая отдача от использования капитала в частном секторе и рыночная конкуренция [4].

В качестве примера реализации инфраструктурных проектов в сфере дорожного хозяйства России с помощью инструментов государственно-частного партнерства можно рассмотреть модель **BOLT (Build-Own-Lease-Transfer)**, строительство-владение-передача объекта в аренду и передача прав собственности по завершению сроков аренды. Данная модель государственно-частного партнерства, направленная на новое строительство объектов общественной инфраструктуры, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Модель государственно частного партнерства BOLT

| Этап реализации | Ход реализации этапа строительства нового объекта общественной инфраструктуры |
|---------------------------|---|
| 1 | 2 |
| 1. Подготовительный этап. | Принятые на уровне субъекта закона о ГЧП (с учетом рекомендаций модельного закона «Об участии Российской Федерации в проектах ГЧП»). На региональном уровне (региональным Центром ГЧП / уполномоченным органом исполнительной власти) осуществляется сбор заявок с целью определения потребностей региона. В случае если требуемые к реализации проекты однотипны, их можно объединить в программу, с целью проведения единого конкурсного / конкурентного отбора. Каждое муниципальное образование (МО) принимает решение о проведении конкурса на право заключения соглашения о ГЧП в отношении создания объекта инфраструктуры. С целью проведения совместного конкурса стороны заключают межмуниципальное соглашение, которое регламентирует порядок дальнейшего. |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 |
|--|--|
| <p>2. Подготовка конкурсного (конкурентного) отбора инвестора на право заключения соглашения о ГЧП</p> | <p>Подготовка конкурсной документации может быть подготовлена организатором конкурса:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно (вопрос достаточности опыта и качества выполнения работы); - с привлечением частных консультантов (привлечение в соответствии с 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд». С 01.01.2014г. 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд») [2]; - с привлечением Внешэкономбанка (в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации № 1372-р от 17 августа 2010г.). |
| <p>3. Конкурсный (конкурентный) отбор инвестора на право заключения соглашения о ГЧП</p> | <p>Выбор квалифицированного частного партнерства, как правило, производится по средствам проведения открытого конкурса, который может быть реализован в 3 этапа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - предварительный этап (объявление тендера, отбор заявок от желающих принять участие в отборе); - предварительный отбор (экспертиза заявок, определение не более 5 заявителей для дальнейшего участия в отборе; продолжительность: ориентировочно 1-2 месяца); - конкурсная оценка (выбор победителя). <p>Результат отбора:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение победителя на право заключения соглашения о ГЧП (каждое МО заключает соглашение о ГЧП с победителем: 1 земельный участок = 1 объект = 1 проект); - заключение иных необходимых договоров (договор подряда «под ключ», кредитные соглашения, прямое соглашение с банком, договор аренды объекта, земельных участков, договоры страхования, соглашение с инженером, договор о передаче объекта). |
| <p>4. Строительство объекта</p> | <p>По итогам заключения соглашения о ГЧП частный инвестор: привлекает заемное финансирование, осуществляет проектирование и строительство определенных соглашением объектов инфраструктуры. Указанные объекты закрепляются за ним на праве собственности до момента возврата инвестиционных затрат и установленной нормы прибыли (после чего происходит передача прав собственности на объект от инвестора к МО). После ввода объекта/ов в эксплуатацию инвестор обязан зарегистрировать право собственности (понеся соответствующие расходы), затем вносятся соответствующие изменения в договор аренды объекта, происходит его регистрация (регистрация осуществляется за счет инвестора).</p> <p>Обязанности МО: контроль выполнения обязательств инвестора, проверка соответствия и приемку построенных объектов, обеспечение выноса инженерных коммуникаций, препятствующих строительству объектов на предоставляемом инвестору в аренду земельном участке.</p> |

Окончание таблицы 1

| 1 | 2 |
|-------------------------|--|
| 5. Эксплуатация объекта | Начинается с момента ввода его в эксплуатацию и передачи в аренду компании-оператору. Выплату инвестору осуществляется за счет арендных платежей от оператора, сформированные по методу «затраты +», которые включает: капитальные затраты инвестора, расходы на обслуживание заемных средств, норму рентабельности на собственные средства (определенные в соответствии с соглашением о ГЧП). МО выступает в т.ч. гарантом по обязательствам оператора в объеме арендной платы подлежащей оплате в текущем бюджетном году. В случае недостаточности арендных платежей инвестору могут быть предоставлены субсидии. Право собственности на объект/ы передается МО после полного возмещения инвестиционных затрат инвестору (порядок передачи определяется передаточной комиссией, в состав которой входят независимый технический эксперт и по одному представителю от МО и инвестора). |

Существуют также и другие подобные модели, такие как:

- **строительство-владение-управление** (Build-Own-Operate - BOO) – при этой схеме частный инвестор финансирует создание инфраструктурного объекта (дороги, моста, тоннеля и т.п.), получает его в собственность и осуществляет его эксплуатацию. Государство, предоставившее предпринимателю необходимые права и землеотводы, диктует в силу заключенного контракта условия эксплуатации – регулирует доступ к объекту, цены, согласует планы развития;

- **строительство-управление-передача** (Build-Operate-Transfer - BOT) – отличается от предыдущего тем, что право собственности на построенный объект передается соответствующим государственным органам, а по истечении срока контракта (обычно лет через 30) частная компания вновь должна завоевать право на его эксплуатацию на конкурсных условиях (или государство вправе оставить в дальнейшем управление за собой);

- **покупка-строительство-управление** (Buy-Build-Operate - BBO) – такие проекты начинаются со сделки приватизации существующего объекта (недостроенного, пришедшего в упадок, выработавшего свой ресурс). Частная компания платит цену покупки и в дополнение к этому берет на себя обязательства по дальнейшим вложениям – достройке, переоборудованию, развитию объекта [4].

Список других моделей ГЧП достаточно обширен: BLOT (Build-Lease-Operate-Transfer), BOOT (Build-Own-Operate-Transfer), BOR (Build-Operate-Renewal of concession), DBFO (Design-Build-Finance-Operate), LDO (Lease-Develop-Operate). Каждая из этих моделей ГЧП предусматривает определенную последовательность и специфику формы участия частного сектора в реализации проекта.

Как видно из приведенного выше материала, государственно-частное партнерство пытается совместить два мира – мир свободного рынка и частного капитала и мир государственного регулирования и перераспределения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихачев, В. Практический анализ современных механизмов государственно-частного партнерства в зарубежных странах, или как реализовать ГЧП в России [Текст] / В. Лихачев, М. Азанов / Финансы Экономика Безопасность, 2009.
2. Федеральный закон №44-ФЗ от 05.04.2013г. «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг, для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
3. Национальная программа совершенствования и развития сети автомобильных дорог России на период до 2010 г. «Дороги России XXI века». – М.: «Государственная служба дорожного хозяйства Минтранса РФ»,

2001.

4. <http://www.mintrans.ru> (официальный сайт Министерства транспорта Российской Федерации. «Государственно-частное партнерство в развитии и использовании транспортной инфраструктуры», материалы пресс-службы).

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 апреля 2009 г. № 340 «Об утверждении Правил формирования, корректировки и реализации приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации». – <http://www.government.ru/gov/results/7076>.

6. Баранчеев, В. П. Управление инновациями: учебник для бакалавров [Текст] / В. П. Баранчеев, Н. П. Масленникова, В. М. Мишин. – М.: ИД «Юрайт», 2012. – 711 с.

7. Барышников, М. С. Формирование инновационной среды на основе взаимовыгодного сотрудничества и профессионального поиска партнеров [Текст]: дис. ... канд. экон. наук / М.С. Барышников М.С. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – 175 с.

8. Стратегия социально-экономического развития России до 2020 года // Российская газета. – 2008. – <http://www.rg.ru/search.rg.ru/rg/doc.php/127132>.

9. Измалкова, С. А. Современные проблемы науки. Экономика и управление инфраструктурными проектами на основе механизмов государственно-частного партнерства: учебное пособие [Текст] / С. А. Измалкова, Т. А. Головина, И. Л. Фаустова, С. С. Елецкая. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2012. – 165 с.

10. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года // Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р. – <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=law;n=82134>.

11. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу до 2030 года. Проект от 18.12.2008 г. – <http://innovus.biz/media/uploads/resources/project-progress.pdf>.

12. Гусев, А. Б. Формирование рейтингов инновационного развития регионов России и выработка рекомендаций по стимулированию инновационной активности субъектов российской федерации [Электронный ресурс] / А. Б. Гусев. – http://www.urban-planet.org/article_13.html

13. Национальная инновационная система и государственная инновационная политика Российской Федерации [Текст] / Обзор ОЭСР национальной инновационной системы Российской Федерации. – М.: 2009.

14. Проект Федерального закона «Об особенностях инвестирования в инфраструктуру с использованием инфраструктурных облигаций» [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.fcsm.ru/ru/legislation/documents/projects>

15. Бекетов, Н. В. Региональные проблемы формирования инновационной системы [Текст] / Н. В. Бекетов // Регион. – 2005. – № 1. – С. 110-119.

16. Белов, В. Н. К вопросу о российской инновационной политике. Зарубежный опыт. Инновационная политика и инновационный бизнес в России [Текст] / Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. – 2007. – №15 (146). – С. 16-20.

17. Хорева, Т. В. Управление инновационной деятельностью при формировании и реализации инфраструктурных проектов на региональном уровне. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук [Текст] / Т. В. Хорева. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2013. – 172 с.

18. Друкер, П. Ф. Бизнес и инновации [Текст] / П. Ф. Друкер. – М.: Вильямс, 2009.

19. Калинин, А. А. Иллюстрированные тезисы к прогнозу долгосрочного научно-технологического развития сектора информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) России [Текст] / А. А. Калинин. – Москва, 2010. – 41 с.

20. Квасов, И. Н. Роль частно-государственного партнерства в модернизации экономики страны / И. Н. Квасов // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 19(154).

21. НАИРИТ: рейтинг инновационной активности регионов [Текст] / Itnews. – 2010. – № 07 (147).

22. Тупчиенко, В. А. Проблемы инновационного развития регионов Российской Федерации / В. А. Тупчиенко // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 8(143).

23. Глаголев, С. Н. Математическая модель оценки эффективности развития территорий региона при формировании кластеров придорожного сервиса [Текст] / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина, А. А. Конев // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – №3(42). – С. 121-125.

Аксенов Константин Валерьевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

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

Канд. экон. наук, доцент кафедры «Предпринимательство, логистика и маркетинг»

E-mail: regionkos@mail.ru

Смородинова Тамара Константиновна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

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

K. V. AKSENOV, T. K. SMORODINOVA

IMPLEMENTATION OF INFRASTRUCTURE PROJECTS IN THE SPHERE ROAD ECONOMY BY MEANS OF MECHANISMS IT IS STATE – PRIVATE PARTNERSHIP

In actively developing Russian economy in process of growth of public requirements increasing insufficiency of opportunities of the public (budgetary) financing is felt and, at the same time, there are the large investment projects which realization owing to their scale and the social importance can't be transferred to the power of one only market mechanisms. The projects concerning spheres of national security, maintenance of a law and order, housing farms, fuel industry, road and transport infrastructure are that, for example.

Keywords: investments, construction, equipment, infrastructure, economy, road economy.

BIBLIOGRAPHY

1. Likhachev, V. Prakticheskiy analiz sovremennykh mekhanizmov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v zarubezhnykh stranakh, ili kak realizovat' GCHP v Rossii [Tekst] / V. Likhachev, M. Azanov / Finansy Ekonomika Bezopasnost', 2009.
2. Federal'nyy zakon №44-FZ ot 05.04.2013g. "O kontraktnoy sisteme v sfere zakupok tovarov, rabot, uslug, dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipal'nykh nuzhd".
3. Natsional'naya programma sovershenstvovaniya i razvitiya seti avtomobil'nykh dorog Rossii na pe-riod do 2010 g. "Dorogi Rossii HHI veka". - M.: "Gosudarstvennaya sluzhba dorozhnogo khozyaystva Mintransa RF", 2001.
4. <http://www.mintrans.ru> (ofitsial'nyy sayt Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii. "Gos-udarstvenno-chastnoe partnerstvo v razvitii i ispol'zovani transportnoy infrastruktury", materialy press-sluzhby).
5. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 aprelya 2009 g. № 340 "Ob utverzhdenii Pravil formirovaniya, korrektyrovki i realizatsii prioritetykh napravleniy razvitiya nauki, tekhnologiy i tekhniki v Rossiyskoy Federatsii i perechnya kriticheskikh tekhnologiy Rossiyskoy Federatsii". - <http://www.government.ru/gov/results/7076>.
6. Barancheev, V. P. Upravlenie innovatsiyami: uchebnik dlya bakalavrov [Tekst] / V. P. Barancheev, N. P. Maslennikova, V. M. Mishin. - M.: ID "YUrayt", 2012. - 711 s.
7. Baryshnikov, M. S. Formirovanie innovatsionnoy sredy na osnove vzaimovыgodnogo sotrudnichestva i professional'nogo poiska partnerov [Tekst]: dis. ... kand. ekon. nauk / M.S. Baryshnikov M.S. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK", 2011. - 175 s.
8. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossii do 2020 goda // Rossiyskaya gazeta. - 2008. - <http://www.rg.ru/search.rg.ru/rg/doc.php/127132>.
9. Izmalkova, S. A. Sovremennye problemy nauki. Ekonomika i upravlenie infrastrukturnymi pro-ektami na osnove mekhanizmov gosudarstvenno-chastnogo partnerstva: uchebnoe posobie [Tekst] / S. A. Izmalkova, T. A. Golovina, I. L. Faustova, S. S. Eletskaaya. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK", 2012. - 165 s.
10. Kontseptsiya dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda // Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17 noyabrya 2008 g. № 1662-р. - <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=law;n=82134>.
11. Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na dolgosrochnuyu perspektivu do 2030 goda. Proekt ot 18.12.2008 g. - <http://innovus.biz/media/uploads/resources/project-progress.pdf>.
12. Gusev, A. B. Formirovanie reytingov innovatsionnogo razvitiya regionov Rossii i vyrabotka rekomendatsiy po stimulirovaniyu innovatsionnoy aktivnosti sub'ektov rossiyskoy federatsii [Elektronnyy resurs] / A. B. Gusev. - http://www.urban-planet.org/article_13.html
13. Natsional'naya innovatsionnaya sistema i gosudarstvennaya innovatsionnaya politika Rossiyskoy Federatsii [Tekst] / Obzor OESR natsional'noy innovatsionnoy sistemy Rossiyskoy Federatsii. - M.: 2009.
14. Proekt Federal'nogo zakona "Ob osobennostyakh investirovaniya v infrastrukturu s ispol'zovaniem infrastrukturykh obligatsiy" [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa - <http://www.fcsf.ru/ru/legislation/documents/projects>
15. Beketov, N. V. Regional'nye problemy formirovaniya innovatsionnoy sistemy [Tekst] / N. V. Beke-tov // Region. - 2005. - № 1. - S. 110-119.
16. Belov, V. N. K voprosu o rossiyskoy innovatsionnoy politike. Zarubezhnyy opyt. Innovatsionnaya politika i innovatsionnyy biznes v Rossii [Tekst] / Analiticheskiy vestnik Soveta Federatsii FS RF. - 2007. - №15 (146). - S. 16-20.

17. Horeva, T. V. Upravlenie innovatsionnoy deyatel'nost'yu pri formirovani i realizatsii infra-strukturnykh proektov na regional'nom urovne. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata ekono-micheskikh nauk [Tekst] / T. V. Horeva. - Orel: FGBOU VPO "Gosuniversitet-UNPK", 2013. - 172 s.
18. Druker, P. F. Biznes i innovatsii [Tekst] / P. F. Druker. - M.: Vil'yams, 2009.
19. Kalin, A. A. Ilyustrirovannye tezisy k prognozu dolgosrochnogo nauchno-tehnologicheskogo raz-vitiya sektora informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy (IKT) Rossii [Tekst] / A. A. Kalin. - Moskva, 2010. - 41 s.
20. Kvasov, I. N. Rol' chastno-gosudarstvennogo partnerstva v modernizatsii ekonomiki strany / I. N. Kvasov // Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. - 2010. - № 19(154).
21. NAIRIT: reyting innovatsionnoy aktivnosti regionov [Tekst] / Itnews. - 2010.- № 07 (147).
22. Tupchienko, V. A. Problemy innovatsionnogo razvitiya regionov Rossiyskoy Federatsii / V. A. Tupchienko // Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. - 2010. - № 8(143).
23. Glagolev, S. N. Matematicheskaya model' otsenki effektivnosti razvitiya territoriy regiona pri formirovani klasterov pridorozhnogo servisa [Tekst] / S. N. Glagolev, N. S. Sevryugina, A. A. Konev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - №3(42). - S. 121-125.

Aksenov Konstantin Valeryevich

FGBOU VPO "State University - UNPK"

Address: 302020, Russia, g. Orel, Naugorskoe Highway 29

Kandy. ehkon. Sciences, Associate Professor of "Business, Logistics and Marketing"

E-mail: regionkos@mail.ru

Smorodinova Tamara Konstantinovna

FGBOU VPO "State University - UNPK"

Address: 302020, Russia, g. Orel, Naugorskoe Highway 29

Senior Lecturer, Department of Business, Logistics and Marketing

E-mail: kvatro57@mail.ru

В августе 2014 года в Издательском центре «Академия» вышел учебник для студентов высших учебных заведений «Информационные технологии на автомобильном транспорте». Учебник написан коллективом ученых МАДИ под редакцией доктора технических наук, заведующего кафедрой «Транспортная телематика» В.М.Власова. В учебнике изложены основные элементы современных систем телематики на автомобильном транспорте, включая спутниковую навигацию, мобильную связь и геоинформатику. Изложена государственная политика России в области телематики на автомобильном транспорте. Подробно изложены основные направления развития и использования телематических систем на пассажирском и грузовом автомобильном транспорте, в дорожном хозяйстве. Описаны современные информационные системы предприятий автомобильного транспорта. Дается характеристика бортового телематического оборудования, применяемого в данных системах.

Учебник содержит ряд приложений, включающих типовые технические требования к бортовому телематическому оборудованию, перечень нормативных документов в области телематических систем на автомобильном транспорте.

Учебник поступил в отделы учебной литературы книжных магазинов, а также реализуется через отдел сбыта издательства.



Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями к оформлению научных статей.

- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 3 до 7 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья предоставляется в 1 экземпляре на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.
- Статьи должны быть набраны шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.
- Название статьи, а также фамилии и инициалы авторов, сведения об авторах обязательно дублируются на английском языке.
- К статье прилагается аннотация и перечень ключевых слов на русском и английском языке.
- Сведения об авторах приводятся в такой последовательности: Фамилия, имя, отчество; учреждение или организация, адрес учреждения или организации, ученая степень, ученое звание, должность, телефон, электронная почта.
- В тексте статьи желательно:
 - не применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - не применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - не применять произвольные словообразования;
 - не применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими государственными стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.
- **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**
- **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые.
- Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравниваются по центру страницы, в конце подписи точка не ставится.

Рисунок 1 – Текст подписи

С полной версией требований к оформлению научных статей Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unprk.ru.

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 25.12.2014

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 9,5

Тираж 500 экз.

Заказ № 167/14П2

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе Госуниверситета-УНПК
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.