

ВЕСТНИК
САРАТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2013

№2 (71)
Выпуск 2

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Май 2013 г.

*Журнал включен в перечень ведущих
рецензируемых журналов и научных изданий,
утвержденный президиумом ВАК
Министерства образования и науки РФ,
в которых публикуются основные научные
результаты диссертаций на соискание
ученых степеней доктора и кандидата наук*

Главный редактор
Зам. главного редактора
Ответственный секретарь

д.и.н., профессор И.Р. Плеве
д.т.н., профессор А.А. Сытник
д.ф.-м.н., профессор В.В. Астахов

Редакционный совет: д.т.н. В.И. Волчихин, д.т.н. В.А. Голенков, д.и.н. В.А. Динес,
д.х.н. В. Зеленский (Польша), д.т.н. В.А. Игнатъев, д.т.н. В.В. Калашников, д.т.н. И.А. Новаков,
д.и.н. И.Р. Плеве (председатель), д.т.н. А.Ф.Резчиков, д. социол. н. С.Б. Суоров, д.т.н. А.А. Сытник
(заместитель председателя), д.ф.-м.н. Я. Аврейцевич (Польша),
д.э.н. У. Арнольд (Германия), д.ф.-м.н. Э. Мерсер (Великобритания), д.э.н. Э. де Соузе Феррейра
(Португалия), д.т.н. Т. Чермак (Чехия), д.э.н. Ю.В. Шленов

Редакционная коллегия: д.т.н. В.А. Крысько, д.ф.-м.н. В.В. Астахов,
д.х.н. А.В. Гороховский, д.т.н. В.Н. Лясников, д.ф.-м.н. Л.А. Мельников, д.т.н. Р.З. Аминов,
д.т.н. Ю.Г. Иващенко, д.т.н. А.С. Денисов, д.т.н. А.А. Сытник, д.т.н. А.А. Большаков, д.филос.н.
Д.В. Михель, д.биол.н. Е.И. Тихомирова, д.э.н. А.Н. Плотников, д.и.н. Г.В. Лобачева

Редактор Л.А. Скворцова
Компьютерная верстка Ю.Л. Жупиловой
Перевод на английский язык А.Х. Аскаровой

Адрес редакции:
Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77
Телефон: (845 2) 99-86-38
E-mail: vestnik @ sstu. ru
<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>
Факс: (845 2) 52-53-02

Подписано в печать 15.05.13
Формат 60×84 1/8 Бум.офсет.
Усл. печ. л. 50,0 Уч.-изд. л. 30,0
Тираж 500 экз. Заказ 81
Отпечатано в Издательстве СГТУ,
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Полная электронная версия журнала размещена в системе РИНЦ
в открытом доступе на платформе eLIBRARY.RU

Подписной индекс 18378
(каталог «Газеты. Журналы» на 2-е полугодие 2013 г.)

ISSN 1999-8341

© Саратовский государственный
технический университет, 2013



Scientific Journal

Since 2003

Once in a quarter

May 2013

This journal is included into the list of leading reviewed journals and scientific publications approved by the presidium of Ministry of Education and Sciences of Russian Federation where major scientific thesis's results for academic degree competition for a doctor and a candidate of sciences

Editor-in-chief
Editor-in-chief assistant
Executive secretary

Professor I.R. Pleve
Professor A.A. Sytnik
Professor V.V. Astakhov

Drafting committee: Prof. V.I. Volchihin, Prof. V.A. Golenkov, Prof. V.A. Dines, Prof. V. Zelensky (Poland), Prof. V.A. Ignatyev, Prof. V.V. Kalashnikov, Prof. I.A. Novakov, Prof. I.R. Pleve (Chairman), Prof. A.F. Rezhnikov, Prof. A.A. Sytnik (Vice of the Chairman), Prof. S.B. Surovov, Prof. Y. Avreytsevich (Poland), Prof. U. Arnold (Germany), Prof. A. Merser (UK), Prof. E. D'Sousa Ferreira (Portugal), Prof. T. Chermak (Chezh Republic), Prof. Y.V. Shlenov

Editorial board: Prof. V.A. Krysko, Prof. V.V. Astakhov, Prof. A.V. Gorokhovski, Prof. V.N. Lyanikov, Prof. L.A. Melnikov, Prof. R.Z. Aminov, Prof. Y.G. Ivashchenko, Prof. A.S. Denisov, Prof. A.A. Sytnik, Prof. A.A. Bolshakov, Prof. D.V. Mikhel, Prof. Y.I. Tikhomirova, Prof. A.N. Plotnikov, Prof. G.V. Lobacheva

Editor L.A. Skvortsova
Computer-based page-proof Yu.L. Zhupilova
Rendering A.H. Askarova

Editorial office: 77, Politechnicheskaya Street
Saratov, 410054
Russia
Telephone: +8452/99-86-38
E-mail: vestnik @ sstu. ru
<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>
Fax: +8452/52-53-02

Sighed for publishing: 15.05.13
Format 60×84 1/8 Paper offset.
Apr. tp. l. 50,0 Acc.-pbl. l. 30,0
Edition 500 psc. Order 81
Printed in publishing house of SSTU,
77, Politechnicheskaya St., Saratov, 410054,
Russia

СОДЕРЖАНИЕ

Денисов А.С. Краткая биография Авдонькина Фёдора Николаевича, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ, академика РАТ.....	9
ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	
Денисов А.С. Научная школа кафедры ААХ СГТУ «Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации».....	12
Ревин А.А., Аванесян А.М., Евдокимов Д.С. Влияние технического состояния подвески легкового автомобиля с РТС на устойчивость в режиме торможения.....	15
Моисеев Ю.И. Перспективы применения тахографов с ГЛОНАСС в Российской Федерации.....	18
Озорнин С.П., Ким П.А. Обеспечение безопасности пешеходов в условиях интенсивного городского движения автотранспортных средств.....	21
Секция 1. Основы технической эксплуатации автомобилей	
Дьяков И.Ф. Основные принципы формирования модели автомобиля на стадии проектирования.....	27
Калимуллин Р.Ф., Коваленко С.Ю. Концепция ресурсосберегающей эксплуатации.....	30
Савельев В.В. Анализ надёжности привода газораспределительного механизма двигателей ВАЗ-21126....	39
Тахтамышев Х.М., Г. Этлухов О.А. Аналитические связи между уровнем использования агрегатного метода ремонта и технической готовностью парка автомобилей.....	43
Волков В.П., Комов Е.А., Комов А.П. Организационная культура технической эксплуатации автомобилей.....	47
Секция 2. Надёжность и диагностирование технического состояния машин и оборудования	
Марусин А.В., Сычёв А.М., Данилов И.К. Математическая модель процессов в плунжерной паре топливного насоса высокого давления дизеля.....	53
Марусин А.В., Сычёв А.М., Данилов И.К. Моделирование процессов встроенной системы технической диагностики транспортного средства.....	57
Коваленко С.Ю., Ковриков И.Т., Сологуб В.А. Расчетно-экспериментальная оценка пусковых износов подшипников коленчатого вала.....	61
Кобзов Д.Ю., Ереско С.П., Кулаков А.Ю., Липецкий В.И., Лханаг Д. Бортовая диагностика несущей способности гидроцилиндров машин.....	66
Калимуллин Р.Ф., Янучков М.Р. Диагностическое обеспечение подшипников коленчатого вала автомобильных двигателей.....	72
Данилов И.К., Слитников К.Л., Данилов Ю.И. Оценка трудоемкости ремонта ДВС сетевыми методами.....	77
Гребенников С.А. Снижение неравномерности работы дизельных двигателей.....	79
Гребенников А.С., Гребенников С.А., Федоров Д.В. Особенности эксплуатации ДВС газобаллонных автомобилей.....	83
Гребенников С.А., Гребенников А.С., Никитин А.В. Адаптивное управление топливоподачей ДВС по показателям неравномерности вращения коленчатого вала.....	86
Денисов А.С., Куверин И.Ю. Отладка программного обеспечения микроконтроллера прибора для диагностирования двигателей внутреннего сгорания с использованием программного комплекса PROTEUS.....	90
Секция 3. Повышение эффективности транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования	
Сафарова Л.Р., Глинина Г.Ф. Затраты времени как основа расчета объемов попутных продуктов, отходов и выбросов в операциях формообразования.....	95
Бородулина С.В., Решетников М.К., Юркатам К.С. Эволюция внешней формы автомобиля.....	97
Идигенов А.Б., Филатов М.И., Идигенов А.Б. Установка комбинированной очистки биогаза.....	101
Горин Ю.Н., Скляр Н.А. Шарикочервячная передача с повышенной нагрузочной способностью.....	108
Демокритов В.Н., Олешкевич А.В., Зиновьев С.А. Поиск оптимальных скоростей перемещения груза при заданной производительности мостового крана.....	111
Федянов Е. А., Захаров Е.А., Левин Ю.В., Гаврилов Д.С. Экспериментальные исследования процесса сгорания пропан-бутановоздушных смесей с добавками водорода.....	116
Мерзлов В.В. Перспективы применения передвижных автомобильных газозаправщиков в Вооруженных Силах Российской Федерации.....	120
Иовлева Е.Л., Захарова С.С., Лебедев М.П., Попова Л.И. Перспективы улучшения низкотемпературных характеристик фракций дизельного топлива.....	124
Зубов А.П., Олейник М.М. Вариантное проектирование решетчатых крановых конструкций с целью получения оптимального решения, исходя из условий эксплуатации и нагружения.....	129
Зеньков С.А., Игнатъев К.А., Филонов А.С., Балахонов Н.А. Определение рациональных параметров оборудования теплового действия к рабочим органам землеройных машин для разработки связанных грунтов.....	132

Денисов А.С., Носов А.О., Асоян А.Р. Теоретические предпосылки изменения вязкостно-диспергирующих и вязкостных свойств моторного масла в процессе работы форсированных дизелей	138
Демокритова А.В., Демокритов В.Н. Процесс оптимального проектирования рычажного механизма.....	144
Гужвенко И.Н., Перекрестов А.П. К вопросу об организации техники измерения трибологических процессов и механических потерь при возвратно-поступательном движении пар трения	147
Власов В.М., Конин И.В. Опыт МАДИ по подготовке специалистов автомобильного транспорта в области разработки и эксплуатации телематических систем и ИТС	151
Биктимирова Г.Ф. Применение FMEA для развития конкурентоспособности производителя автокомпонентов	156
Альмеев Р.И. Аналитические предпосылки повышения ресурса подшипников коленчатого вала на переходных режимах работы.....	159
Секция 4. Технология изготовления и восстановления машин и оборудования	
Денисов А.С., Тугушев Б.Ф., Горшенина Е.Ю. Теоретический анализ влияния элементов режима наплавки колеблющимся электродом на формирование металлопокрытия при восстановлении деталей	164
Сорокин В.М., Михеев А.В., Тудакова Н.М. Повышение качества и производительности обработки изделий при совмещении операций технологического процесса	169
Синчури Д.В., Косырев С.П. Метод снижения концентрации напряжений в цилиндрической втулке в условиях поверхностного пластического деформирования	173
Погораздов В.В., Горбачёв В.О. Моделирование формообразования поверхности межзубцовой впадины конического колеса по схеме ривасайкл.....	176
Лебедев М.П., Ноев И.И., Петров П.П., Габышев М.Е., Степанова К.В., Борисов А.А. Лазерная обработка зоны термического влияния после электродуговой сварки конструкционных сталей	183
Виноградов А.Н., Кушалиев Д.К. Теоретическая модель изменения параметров пружинного вкладыша подшипника для возвратно-вращательного движения, применяемого в узлах автомобилей, в зависимости от приложенной осевой нагрузки	176
Куранов В.В., Куранов В.Г. Воздействие электрических и магнитных явлений на состояние смазки трибосопряжений	183
Каракозова А. В., Игнатъев А. А. Управление качеством технологического процесса изготовления подшипников с использованием экспертной системы.....	187
Игнатъев А.А., Самойлова Е.М. Экспериментальный анализ локальных дефектов поверхностного слоя деталей подшипников на основе нейронных сетей	192
Каракозова В.А., Зорин А.И., Игнатъев А.А. Модель динамической системы шлифовального станка для обработки деталей подшипников транспортной техники и технологического оборудования.....	195
Виноградов М.В., Игнатъев А.А., Сигитов Е.А. Методология формирования точности прецизионной обработки деталей автомобилей на автоматизированных станках.....	200
Виноградов А.Н., Линьков Е.Д. Подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения	205
Барабанов С.Н., Попова С.С., Самчук Ю.Л. Влияние режима паротермического оксидирования на коррозионную стойкость стали.....	211
Секция 5. Теория, практика и инновации в области создания строительных и дорожных машин	
Ляшенко Ю.М., Евстратов В.А., Ляшенко А.Ю. Результаты разработки и исследования ковшового рабочего органа для погрузки скальных грунтов	217
Барановская Л.В., Кобзев Р.А. Анализ задач параметрической и структурной оптимизации металлоконструкций тяжелых козловых кранов и обоснование методов их решения.....	220
Мартюченко И.Г., Иванов С.В. Влияние геометрии наконечника рабочего органа на процесс погружения в грунт	225
Шаповалов А. И., Радченко А.Э. Продольная устойчивость гусеничной землеройно-транспортной машины..	
Шаповалов А.И., Радченко А.Э. Оптимизация бульдозера-рыхлителя	229
Кобзев А.П., Губатенко М.С. Устройство для уплотнения стенок вертикальных скважин под буронабивные сваи	233
Бурханов Р.Х. Уплотнение жесткой бетонной смеси рабочим органом, совершающим сложное поступательное движение.....	235
Григорьев В.И., Белоусов К.Ю. Проектирование функциональных модулей шнековых прессов робототехнических комплексов	239
Дьяков И. Ф., Ивкин В. С., Жукова Д. В. Некоторые теоретические основы разрушения грунта газоимпульсным рыхлителем.....	242
Дьяков И. Ф., Ивкин В. С., Вольнищikov П. Ю. Об эффективности работы газоимпульсного рабочего органа..	
Кузнецова О.Л. Оборудование для изготовления полых буронабивных свай	247
Секция 6. Повышение эффективности технологий транспортного процесса и организации безопасности движения	
Ягузинская И.Ю., Одинцова Т.Н., Пахомова А.В. Логистический сервис автосалонов как основа эффективности управления товарными потоками	248

Хорошилова Е.С., Витвицкий Е.Е. О совершенствовании теории грузовых автомобильных перевозок в городах.....	253
Ходжаева Н.Б. Анализ проблем развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве	257
Нагорный В.В., Крамаренко С.С. Воздействие электромагнитных полей искусственного происхождения на безопасность дорожного движения	260
Глушкова Ю.О., Куликова М.В. Основные тенденции развития рынка транспортных услуг во внешнеэкономической деятельности.....	263
Славина Ю.А., Гусев С.А. Использование современных навигационных комплексов для совершенствования работы городского пассажирского транспорта	267
Саматов Р.Г. Система логистики и транспортного обеспечения внешней торговли Узбекистана	270
Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Безопасность движения как подсистема транспортно-логистической системы региона	273
Клименков А.Н. Транспортное образование: проблемы и перспективы развития	275
Изюмский А.А., Надириян С.Л., Сенин И.С. Основные направления профилактики детского травматизма на дорогах.....	279
Ерина А. Е. Модель оценки научно-технического уровня исследований и разработок в микрологистической системе автомобильного концерна.....	283
Гусев С.А., Мартынова Е.С. Применение моделей управления поставками запасных частей автотранспортных предприятий.....	287
Синкович М.Р., Озорнин С.П. Разворот на перекрестке с разделительной полосой	291
Кузьмина М.А., Бруев А.П. Повышение эффективности управления движением в транспортных узлах путем применения адаптивных исполнительных элементов	294
Тахтамышев Х.М., Г. Этлухов О.А. Модели функционирования логистических систем управления запасами малых автосервисных предприятий	297
Евсеева А.А. Применение метода фрикционной фиксации крепления грузов при перевозке автомобильным транспортом для повышения безопасности перевозочного процесса.....	302
Романов В.Н. Логистический подход и пути снижения времени доставки при международных автомобильных перевозках.....	307
Нагорный В.В., Пармухин Н.П. Обеспечение грузопассажирских перевозок и мерах по совершенствованию дорожных условий на федеральных автодорогах Краснодарского края, ведущих к г. Сочи....	311
Муравьева Н.А. Подход к классификации технологических процессов в транспортно-складских логистических системах.....	314
Миротин Л.Б., Лебедев Е.А. Организация транспортно-технологических процессов дистрибутивного уровня агрокомплекса	319
Мельников Д.А. Определение репрезентативной выборки данных обслуживания автомобильного транспорта на контейнерном терминале	321
Ловыгина Н.В., Витвицкий Е.Е., Антипенко Н.Ф. Применение оперативного планирования процесса перевозок грузов помашинными отправлениями в микро- и особо малой автотранспортных системах с учетом вероятностных факторов.....	325
Либерман Я. Л., Горбунова Л. Н. Расчет экономической эффективности грузоподъемных кранов при «продаже услуг».....	328
Коновалова Т.В., Надириян С.Л. Влияние инвестиций в основной капитал транспорта на развитие экономики региона	330
Басков В.Н., Борисов Б.И., Кокушкин А.Б. Современные методы по ликвидации мест концентрации ДТП и увеличению пропускной способности дорог	334
Басков В.Н., Игнатов А.В. Оценка влияния весогабаритных параметров АТС на пропускную способность УДС.....	336
Попова И.М., Беликов А.П., Попова Е.А. Внедрение системы мониторинга как возможность повышения эффективности работы городского пассажирского транспорта	340
Зырянов В.В., Семчугова Е.Ю., Литвина А.А. Повышение эффективности управления городским пассажирским транспортом Ростова-на-Дону	345
Басков В.Н., Кожуховская Л.Я. Обеспечение качества и надежности транспортных процессов путем создания управляемого ядра.....	349
Басков В.Н., Видманова Е.И. Оценка уровня адаптации транспортного потока к улично-дорожной сети	354
Басков В.Н., Кожуховская Л.Я., Красникова Д.А. Повышение надежности и эффективности транспортного процесса методом временных цепей	357
Борисов Б.И. К вопросу классификации причин дорожно-транспортных происшествий	360
Кнайп Г. (Ирландия) Рост рынка автотуризма в России	364
Абасов Р.Г., Акинина В.П. Включение банковского сектора в инвестиционную деятельность в автотранспорте посредством механизмов государственно-частного партнерства.....	

CONTENTS

Denisov A.S. brief biography Avdonkin Fedor Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor, honored scientist of rf, academician.....	12
Revin A.A., Avanesyan A.M., Evdokimov D.S. Impact of the technical condition of the suspension of a car with regulator for stability during braking	15
Moiseev Yu. I. Prospects of use of tachographs with GLONASS in the Russian Federation	18
Ozornin S.P., Kim P.A. Providing safety of pedestrians under the conditions for the intensive urban motion of the avtomototransport means.....	21
Section 1. Fundamentals of technical exploitation of cars	
Dyakov I. F. The main principles of forming of the model of the car at the design stage	
Kalimullin R.F., Kovalenko S.Yu. The concept of resource-saving operation automobile engines.....	27
Iovleva E.L., Zakharova S.S., Lebedev M.P., Popova L.I. A study of operating characteristics of diesel fuel fraction isolated from Yakut Petroleum	30
Saveljev V.V. Analysis of the engine drive reliability In gasregulator mechanism VAZ-21126	35
Tahtamyshhev H.M., Eftuhov O.A.-G. The analytical relation between the usage level of aggregate repair method and technical readiness of car park.....	39
Volkov V.P., Komov E.A., Komov A.P. The organizational culture of cars technical operation	43
Section 2. Reliability and diagnostics of the technical state of machines and equipment	
Marusin A.V., Sychev A.M., Danilov I.K. Mathematical model of processes in ram-type pair of the fuel pump of the high pressure of the diesel engine	
Marusin A.V., Sychev A.M., Danilov I.K. Model operation of processes of firmware system of engineering preliminary treatment of trasport facilities	53
Kovalenko S., Kovrikov I., Sologub V. Settlement eksperimental assessment starting wear of bearings of the cranked shaft	57
Kobzov D.Yu., Eresko S.P., Kulakov A.Yu., Lipetskiy V.I., Lhanag D. On-board diagnostics of the bearing capacity hydraulic cylinders in cars	61
Kalimullin R.F., Yanuchkov M.R. Diagnostic software for motor vehicle engine crankshaft bearings	
Danilov I.K., Slitnikov K.L., Danilov Y.I. Evaluation of labor-the repair of engines of internal combustion with network methods.....	72
Grebennikov S.A. Drop of unevenness of operation of diesel engines.....	
Grebennikov A.S., Grebennikov S.A., Fedorov D. V. Features of operation of dvs of gas cylinder cars.....	77
Grebennikov S.A., Grebennikov A.S., Nikitin A.V. Adaptive steering of ice fuel feeding on indicators of Unevenness of rotation of the bent shaft	83
Denisov A.S., Kuverin I.U. Software debugging the microcontroller of the device for diagnosing internal combustion engines with use of program complex Proteus	86
Section 3. Improving the efficiency of transport and transport and technological machines and equipment	
Safarova L.R., Glinina G.F. Costs of time as the basis for calculating volumes of by-products, wastes and emissions in forming operations.....	90
Borodulina S.V., Reshetnikov M.K., Jurkatam K.S. Evolution of the form of foreign car.....	
Idigenov A.B., Filatov M.I., Idigenov A.B. Installation of the combined cleaning of biogaz	
Gorin Yu.N., Sklar N.A. Ball a worm gear with the increased load ability	
Fedyanov E.A., Zakharov E.A., Levin Yu.V., Gavrilov D.S. Experimental study of combustion of propane-butane-air mixture with addition of hydrogen.....	95
Demokritov V.N., Oleshkevich A.V., Zinoviev S.A. Search for optimal speeds of bridge crane`s movement at given productivity.....	101
Merzlov V.V. Prospects of application mobile money supply compressed natural gas users in armed forces of the Russian Federation	109
Iovleva E.L., Zakharova S.S., Lebedev M.P., Popova L.I. A study of operating characteristics of diesel fuel fraction isolated from Yakut Petroleum	111
Zubov A.P., Oleynik M.M. Alternative design of trellised crane designs for the purpose of obtaining the optimum decision, proceeding from service conditions and loading	116
Zen'kov S., Ignat'yev K., Filinov A., Balahonov N. Definition of rational parameters of thermal equipment to working bodies moving machines for a cohesive soil.....	120
Denisov A.S., Nosov A.O., Asoyan A.R. Theoretical aspects of oil qualities change in the process of high-powered diesels work.....	125
Demokritova A.V., Demokritov V.N. The process of optimum design of the linkages	129
Guzhvenko I.N., Perekrestov A.P. To question about organizations of the technology of the measurement tribological processes and mechanical losses under revocable-onward motion pair friction.....	132
Vlasov V.M., Konin I.V. MADI achievements in qualifying specialists of automobile transport industry in the	138

area of development and maintenance telematic systems and ITS	144
Biktimirova G.F. FMEA application for competitiveness development Vendor of autocomponents	148
Almeev R.I. The analytical preconditions of crankshaft bearings operating life improvement on transitive operating modes	148
Section 4. Manufacturing techniques and restoration of machines and equipment	
Denisov A.S., Tugushev B.F., Gorshenina E.Yu. Theoretical analysis of influence welding-up regime elements by a hesitant electrode on the formation of metal coatings for recovery parts	151
Sorokin V.M., Micheev A.V., Tudakova N.M. Improving the quality and performance of the product processing when combining the operations of the technological process	159
Sinchurin D. V., Kosyrev S. P. Method of decrease in concentration of tension in the cylinder plug in the conditions of superficial plastic deformation	164
Pogorazdov V.V., Gorbachev V.O. Simulation of the formation of the surface of the cavity under the scheme rivasaykl	169
Lebedev M.P., Noev I.I., Petrov P.P., Gabyshev M.E., Stepanova K.V., Borisov A.A. Laser treatment of a heat-affected zone after arc welding of constructional steels	173
Vinogradov A.N., Kushaliev D.K. Theoretical model change settings spring inlays bearing for reciprocating rotational motions, units used in cars, depending on the application of axial load	177
Kuranov V.V., Kuranov V.G. Influence of electric and magnetic phenomena impact lubrication of friction pairs	183
Karakozova A.V., Ignatyev A.A. Quality management of technological process of production of bearings with use of expert system	187
Ignatiev A.A., Samoylova E.M. Experimental analysis of local defects surfaces bearing based on neural network	192
Karakozova V.A., Zorin A.I., Ignatyev A.A. Model of dynamic system of the grinder for processing of details of bearings of transport equipment and processing equipment	195
Vinogradov M.V., Ignatyev A.A., Sigitov E.A. Methodology of formation of accuracy precision processing of details of cars on the automated machine tools	200
Vinogradov A.N., Linkov E.D. Sleeve bearing for the back-rotational motion	205
Barabanov S.N., Popova S. S., Samchuk Y.L. Influence of the partermichesky mode of oxygenating on corrosion resistance of steel	205
Section 5. Theory, practice and innovation in the area of construction and road machines	
Liashenko U.M., Evstratov V. A., Liashenko A.U. The results of working out and research of a bucket working organ for loading rocky grounds	211
Baranovskaya L.V., Kobzev R.A. Analysis of problems of parametrical and structural optimization of heavy angle cranes and substantiation of methods of their solution	217
Martyuchenko I.G., Ivanov S.V. The influence of the geometry of the tip of the working body on the process of dipping into the ground	220
Shapovalov A.I., Radchenko A.E. Optimization of the bulldozer-ripper	225
Shapovalov A. I., Radchenko A.E. Longitudinal stability Caterpillar earth moving transport machines	230
Kobzev A.P., Gubatenko M.S. A device for compaction of vertical chinks walls for the bored pile	234
Byrhanov R.H. Consolidation of the rigid concrete mix by working body, Making the difficult spatial motion	236
Grigorev V.I., Belousov K.Yu. Design of screw press functional modules of robotic complexes	240
Dyakov I.F., Ivkin V. S., Zhukova D. V. Some theoretical foundations of the process of destructing of soil by a gas-pulsing ripper	243
Dyakov I. F., Ivkin V. S., Volynschikov P. About the efficiency of work of the gas-pulsing operatin body	247
Kuznetsova O.L. Equipment for building the hollow bored piles	248
Section 6. Increase of efficiency of the technologies of the transport process and organization traffic safety	
Yaguzinskaya I.Yu., Odintsova T.N., Pahomova A.V. Logistics service the automobile dealers as the basis of efficiency management of trade flows	253
Khoroshilova E.S., Vitvitskiy E.E. About development the theory of road freight transport in cities	257
Khodjaeva N.B. Analysis of problems innovation activities on road industry	260
Nagorny V.V., Kramarenko S. S. Impact of electromagnetic fields of the artificial origin on safety of traffic	263
Glushkova Yu.O., Kulikova M. V. Ain tendencies of development of the market of transport services in foreign economic activity	267
Slavina Yu.A., Gusev S.A. The use of modern navigation systems for improvement of urban transport	270
Samatov R.G. System of logistics and transport service of foreign trade of Uzbekistan	273
Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Traffic safety as a subsystem of the transport and logistics system in the region	276
Klimenkov A.N. Transport education: problems and prospects	279
Izyumsky A.A., Nadiryan S.L., Senin I.S. The main directions of prevention of childrens traumatism on	283

roads.....	294
Erina A.E. Model of assessment of researches and development scientific and technical level in micrologistic system of automotive manufacturing company.....	298
Gusev S.A., Martynova E.S. Application of models of supply of spare parts of motor company	303
Sinkovich M.R., Ozornin S.P. Turn at the intersection with the dividing strip.....	307
Kuzmina M.F., Bruev A.P. Efficiency increase traffic control in transport knots the way applications of adaptive executive elements	311
Takhtamyshv H.M., Etlukhov O.A.-G. Models of logistic management systems of inventories by small auto service companies	314
Evseeva A.A. Application of the method of frictional fixing of fastening of freights in transit the motor transport for increase of safety of transportation process.....	319
Romanov V.N. Logistic approach and ways of reduction of delivery time in international road transport	322
Nagorny V.V., Parmuhin N.A. Provision of air passenger and freight transport and measures to improve the road conditions on the federal highway krasnodar kray leading to the city Sochi	325
Muravyeva N.A. Approach to the classification technological process in transport-warehouse logistics systems.....	328
Mirotin L.B., Lebedev E.A. Arrangement of transport technological processes of distributive level in agrocomplex.....	331
Melnikov D.A. Definition of representative data selection of the motor transport service on the container terminal	335
Lovygina N. V., Vitvitsky E.E., Antipenko N.F. Application of operational planning of process of transportation of goods of car-by-car by sendings in micro and especially small motor transportation systems taking into account probabilistic factors	337
Lieberman I. L., Gorbunova L. N. Calculation of economic efficiency load-lifting cranes at «sale of services»	340
Konovalova T.V., Nadiryayn S.L. Effects of the investments in the basic capital of the transport on the development of the economy of the region.....	345
Baskov V.N., Borisov B.I., Kokushkin A.B. Modern methods on elimination of places of concentration of road accident and increase in capacity of roads	349
Baskov V.N., Ignatov A.V. Analysis of influence of weight and dimensional parameters of cars on the capacity of the road network	354
Popova I.M., Belikov A.P., Popova E.A. Introduction of the system of monitoring as an opportunity to increase the efficiency of urban passenger transport.....	357
Zyryanov V., Semchugova E., Litvina A. Increase the efficiency of management Rostov-on-Don public passenger transport	360
Baskov V.N., Kozhukhovskaya L.Y. Ensuring quality and reliability of transport services by creation of the operated kernel.....	364
Baskov V.N., Vidmanova E.I. Estimation of level of adaptation of the transport stream to the road-street network	368
Baskov V.N., Kozhukhovskaya L.Y., Krasnikova D.A. Improving the safety and effectiveness of the transport process time methods chains.....	373
Borisov B.I. To the question of the classification of the causes of road accidents	377
Prof. Knipe Gregory. Growing the car tourism market in Russia	380
Abasov R.G., Akinina V.P. Incorporation the banking sector in investing activities in vehicles through the mechanism of public-private partnership	385

**Международная
научно-практическая конференция
«Прогрессивные методы обеспечения работоспособности
транспортно-технологических средств,
организации автотранспортных услуг и дизайна
современных автомобилей»**

*Посвящается 90-летию со дня рождения
Заслуженного деятеля науки и техники РФ,
академика Российской Академии транспорта
доктора технических наук, профессора
Федора Николаевича Авдонькина*

УДК 629.113,004.67

А.С. Денисов

**КРАТКАЯ БИОГРАФИЯ АВДОНЬКИНА ФЁДОРА НИКОЛАЕВИЧА, ДОКТОРА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРА, ЗАСЛУЖЕННОГО ДЕЯТЕЛЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ
РФ, АКАДЕМИКА РАТ**

Приведены основные этапы жизни известного учёного в области надёжности и технической эксплуатации автомобилей, нашего земляка, доктора технических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки и техники России, академика РАТ Авдонькина Фёдора Николаевича.

A.S. Denisov

**BRIEF BIOGRAPHY AVDONKIN FEDOR NIKOLAEVICH, DOCTOR OF TECHNICAL
SCIENCES, PROFESSOR, HONORED SCIENTIST OF RF, ACADEMICIAN**

Describes the main stages of the life of a famous scientist in the field of reliability and technical exploitation of cars, our countryman, doctor of technical Sciences, Professor, Honored scientist of Russia, academician of the RAT Avdonkin Fedor Nikolaevich.



Авдонькин Фёдор Николаевич родился 10 июня 1923 года в селе Малая Сердоба Пензенской области в семье лесника Авдонькина Николая Ивановича (1886-1942 г) и его жены Александры Андреевны (1902-1950 г). На одном из первых снимков запечатлена семья Авдонькиных.

Всего в семье Николая Ивановича Авдонькина было пятеро детей. Старший брат Седов Пётр Николаевич, 1909 года рождения, участник Финской и Великой отечественной войн, умер в Петровске в 1949 г. Сестра Кондрашина Анна Николаевна, 1912 года рождения. Проживала в селе Чунаки Пензенской области. Брат Михаил Николаевич, 1925 года рождения, участник Великой отечественной войны, умер в 1980 году в г. Петровске. Брат Виктор Николаевич, 1931 года рождения. Проживает в г. Новороссийске.

До 4-го класса Ф.Н. Авдонькин учился в неполно-средней (ныне средней) школе села Чунаки. Школу построили все жители села в 1882

году. Сейчас в этой школе есть краеведческий музей, в котором есть экспозиция с книгами Ф.Н. Авдонькина. В двух километрах от этого села родилась известная русская певица Лидия Русланова, а в десяти километрах родился известный писатель М.В. Гладков.

Затем обучение он продолжил в школе села Малая Сердоба, затем на Рабфаке в городе Петровске Саратовской области с 1937 по 1940 годы. В 1940 году он стал студентом Московского энергетического института, а затем с 1941 года продолжил обучение в Саратовском автомобильно-дорожном институте им. В.М. Молотова.

Учился Ф.Н. Авдонькин только на «отлично», о чём свидетельствует выписка к его диплому.

Кроме учёбы, Ф.Н. Авдонькин активно занимался общественной, научной работой, участвовал в работе различных кружков.

После окончания института в 1945 году Ф.Н. Авдонькин начал работать в должности старшего инженера автотранспортной конторы строительства № 14 Гушосдора НКВД в городе Саратове с 1945 по 1946 год, затем старшим инженером и начальником автоколонны строительства № 3 Гушосдора МВД в городе Орёл с 1946 по 1948 год. С 1948 по 1952 год он работал старшим инженером-техноруком автотранспортной конторы Саратовстроя МВД.

В эти годы Ф.Н. Авдонькин постоянно встречался со своими родственниками и помогал им.

В 1952 году Фёдор Николаевич поступил в аспирантуру Московского автомобильно-дорожного института на кафедру «Производство и ремонт автомобилей». Под руководством генерал-майора, доктора технических наук, профессора В.В. Ефремова выполнил и успешно защитил в феврале 1957 года кандидатскую диссертацию на тему «Влияние способа заливки на износ баббитовых подшипников».

В эти годы в аспирантуре МАДИ обучались многие аспиранты, ставшие впоследствии известными учёными: Л.В. Дехтеринский, А.А. Муталибов, В.А. Наливкин и другие, с которыми у Ф.Н. Авдонькина установились тесные творческие связи.

После защиты он был направлен на работу в Саратовский автомобильно-дорожный институт на должность ассистента кафедры «Производство и ремонт машин». Кафедрой в то время заведовал Иван Иосифович Прокофьев, работавший с 1938 по 1962 годы ректором Саратовского автомобильно-дорожного института.

С сентября 1958 года Ф.Н. Авдонькин работает доцентом кафедры «Эксплуатация автотранспорта» САДИ. С 1965 по 1968 год Ф.Н. Авдонькин работал в Монголии преподавателем-консультантом Монгольского экономического института имени Сухе Батора в г. Улан батор.

В 1966 году Ф.Н. Авдонькин защищает докторскую диссертацию на тему «Исследование влияния эксплуатационных факторов на износ цилиндропоршневой и шатунно-кривошипной групп деталей автомобильных двигателей». Оппонентами по работе были назначены: Иван Стахиевич Левитский – доктор технических наук, профессор; Дмитрий Алексеевич Рубец – доктор технических наук; Дмитрий Николаевич Гаркунов – доктор технических наук. Защита, к сожалению, закончилась неудачно.

Через пять лет в 1971 году он снова защищает докторскую диссертацию на тему «Основы прогнозирования износа сопряжений двигателя в процессе эксплуатации автомобиля». Его оппонентами были: Георгий Васильевич Крамаренко – заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ), доктор технических наук, профессор, редактор и один из авторов известного учебника «Техническая эксплуатация автомобилей»; Александр Иванович Селиванов – академик Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. Ленина В.И. (ВАСХНИЛ), доктор технических наук, профессор, автор известной монографии «Основы теории старения машин»; Геннадий Прокофьевич Шаронов – заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Саратовского института механизации сельского хозяйства им М.И. Калинина, доктор технических наук, профессор, автор известной монографии «Применение присадок к маслам для ускорения приработки двигателей». В качестве Ведущего предприятия выступил Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта РСФСР (НИИАТ). Хотя защита проходила нелегко, но закончилась она удачно.

С 1971 года Ф.Н. Авдонькин стал заведующим кафедрой «Эксплуатация автотранспорта» Саратовского политехнического института. В 1972 году он утверждён в учёном звании профессора.

Ф.Н. Авдонькин заведовал кафедрой «Эксплуатация автотранспорта» до 1991 года, когда она после объединения с кафедрой «Производство и ремонт машин» получила название кафедра «Автомобили и автомобильное хозяйство», которой стал заведовать профессор Бабенко Виктор Андреевич.

В эти годы он сформировал научную школу по теоретическим основам технической эксплуатации автомобилей. Им опубликовано 220 печатных работ, из которых 10 монографий, 14 учебных пособий, 11 работ опубликовано за рубежом. В 1985 году было издано в издательстве «Транспорт» учебное пособие «Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей» с грифом Министерства высшего и среднего специального образования СССР для студентов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Ф.Н. Авдонькин активно занимался подготовкой кадров высшей квалификации. Под его руководством успешно защищено 13 кандидатских диссертаций. Он был членом экспертного совета ВАК России по транспорту.

Он неоднократно был занесён на доску почёта университета, награждён Почётной грамотой Минвуза России, Монгольского госуниверситета, Министерства транспорта Монголии, занесён в Книгу почёта СГТУ и Монгольского госуниверситета, награждён орденом «Знак почёта», правительственной медалью Монголии «Найрамдал», знаками «Почётный автотранспортник России» и «Отличник транспорта Монголии».

Жизнь Фёдора Николаевича Авдонькина трагически оборвалась в 1996 году в результате автомобильной катастрофы. Все его ученики хранят о нём вечную память и благодарность за неоценимую помощь и поддержку.

Денисов Александр Сергеевич – первый аспирант Ф.Н. Авдонькина, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство» СГТУ имени Гагарина Ю.А., доктор технических наук, профессор

Alexandr S. Denisov – Doctor of Engineering, Professor, Head of Vehicles and Vehicles Fleet Chair of Federal Budget State Educational Institution of Higher Professional Education Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 629.113.004.67

А.С. Денисов

НАУЧНАЯ ШКОЛА КАФЕДРЫ ААХ СГТУ «ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ»

Приведена краткая характеристика основных этапов формирования и развития научной школы кафедры ААХ СГТУ, раскрыто содержание разделов школы, охарактеризованы её основные участники.

Надежность, техническое состояние, износ, интенсивность изнашивания, эксплуатационные факторы

1. Фактическое начало школы с 1972 года после защиты докторской диссертации **Фёдором Николаевичем Авдоськиным** на тему «Основы прогнозирования износа сопряжений двигателя в процессе эксплуатации автомобиля».

Основная математическая модель изменения технического состояния в процессе эксплуатации – это экспоненциальное уравнение износа и диагностических параметров для динамически нагруженных сопряжений: износ в процессе эксплуатации возрастает по экспоненциальной зависимости

$$S = S_0 e^{bl}, \quad (1)$$

а интенсивность изнашивания возрастает также по экспоненте

$$\alpha = \alpha_0 e^{bl}, \quad (2)$$

где α_0 , S_0 – соответственно интенсивность изнашивания и износ в конце приработки, приведенные к началу эксплуатации ($l = 0$); b - изменение интенсивности изнашивания на единицу износа деталей.

Для саморазгружающихся сопряжений получены другие зависимости: затухающая экспонента для износа

$$S = S_0 + S_0(1 - e^{-bl}). \quad (3)$$

и снижающаяся экспонента для интенсивности изнашивания

$$\alpha = \alpha_0 e^{-bl}, \quad (4)$$

Для сопряжений с неизменным средним давлением в зоне трения

$$\alpha = \alpha_0 = const, \quad (5)$$

$$S = S_0 + \alpha l. \quad (6)$$

Графически это отображено на рисунке.

Под его руководством защищено 13 кандидатских диссертаций, о автор более чем 220 печатных работ, из которых 10 монографий, 14 учебных пособий, в том числе одно с грифом Минвуза СССР.

2. **Денисов Александр Сергеевич** – Защита докторской диссертации в 1999 году на тему: «Научные основы формирования структуры эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей». Основные научные результаты следующие.

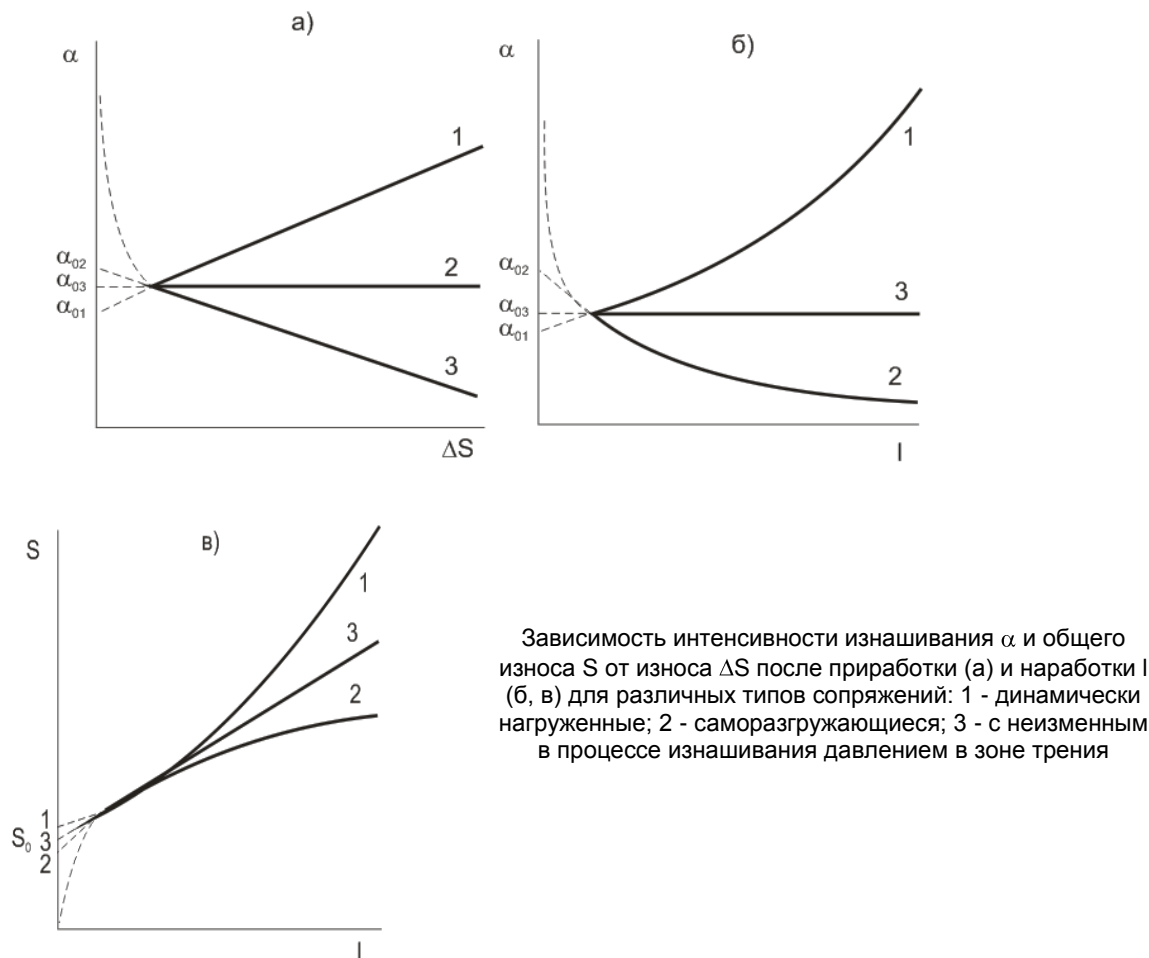
Обоснование зависимостей интенсивности изнашивания от параметров режима работы: давление, скорость, температура, переменность этих параметров во времени:

Прогнозирование усталостных и коррозионных разрушений;

Взаимное влияние технического состояния и отказов сопряжений;

Обоснование структуры эксплуатационно-ремонтного цикла автомобиля;

Разработка системы корректирования нормативов ТЭА по основным эксплуатационным факторам.



Под его руководством подготовлены и защищены 4 докторские (В.Н. Басков, И.К. Данилов, А.Т. Кулаков, А.Р. Асоян) и 24 кандидатских диссертации. Он автор около 500 печатных работ, из которых 12 монографий, 12 учебных пособий, в том числе 2 с Грифом, получил 22 авторских свидетельства и патента

3. Гребенников Александр Сергеевич – защита докторской диссертации в 2003 году Он автор 66 печатных работ, из которых 2 монографии и 5 патентов.

Обоснование зависимости показателей неравномерности изменения технического состояния одноимённых сопряжений от наработки;

Разработка системы диагностирования элементов автомобилей по параметрам неравномерности изменения их технического состояния (алгоритмы, технологии, средства);

Под его руководством подготовлены и успешно защищены 2 кандидатские диссертации. Он автор 150 печатных работ, из которых 1 монография, 3 учебных пособия, в том числе 2 с Грифом, получил 18 авторских свидетельств и патентов.

Далее ученики А.С. Денисова:

4. Басков Владимир Николаевич – защита докторской диссертации в 2004 году на тему: «Повышение надёжности автомобиля использованием рационального измерителя процесса эксплуатации». Основные результаты.

Обоснование зависимостей интенсивности изнашивания от показателей переменности режимов;

Обоснование работы, выполненной автомобилем в качестве измерителя процесса эксплуатации;

Разработка работомера автомобиля и системы корректирования нормативов ТЭА, выраженных в работе по эксплуатационным факторам.

5. **Данилов Игорь Кеворкович** – защита докторской диссертации в 2005 году на тему: «Повышение эффективности использования ресурса автотракторных двигателей систематизацией эксплуатационно-ремонтного цикла на основе диагностирования». Основные результаты:

Обоснование зависимости толщины масляного слоя в подшипниках коленчатого вала от наработки;
Разработка системы диагностирования толщины масляного слоя;
Разработка гибких эксплуатационно-ремонтных циклов на основе диагностической информации.
Он автор 73 печатных работ, из которых 1 монография и 3 патента.

6. **Кулаков Александр Тихонович** – защита докторской диссертации в 2007 году на тему: «Повышение надёжности автотракторных дизелей путём совершенствования процессов смазки, очистки и технологий ремонта основных элементов». Основные результаты:

Обоснование изменения параметров смазочной системы двигателя в процессе эксплуатации;
Обоснование развития прогиба вкладыша по образующей в процессе эксплуатации?
Совершенствование подшипниковых узлов турбокомпрессора;
Обоснование эффективных способов восстановления деталей дизеля.

7. **Асоян Артур Рафикович** – защита докторской диссертации в 2013 году на тему: «Научные основы повышения долговечности автомобильных двигателей совершенствованием методов оценки технического состояния и технологий восстановления их основных элементов». Основные результаты:

Обоснование классификации сопряжений деталей, в том числе и неподвижных;
Обоснование дифференциального уравнения интенсивности изнашивания деталей гидродинамически нагруженного сопряжения в процессе эксплуатации;
Обоснование закономерностей формирования свойств поверхностных слоёв деталей при гальванических покрытиях при разрезании и при вневанном железнении;
Разработка технологий восстановления блоков цилиндров, коленчатых валов, шатунов и картеров коробок передач.

Он автор 66 печатных работ, из которых 2 монографии и 5 патентов.

8. Отдельное направление в научной школе кафедры ААХ оставляют разработки **Виноградова Александра Николаевича**, выполненные под руководством докторов технических наук, профессоров А.В. Королёва и В.Г. Куранова. Защита докторской диссертации в 2008 г. на тему: «Повышение качества подшипников на основе формирования рациональных физико-механических свойств контактных поверхностных слоёв применением триботехнических методов при финишной обработке». Основные результаты:

Модификация поверхностных слоёв деталей различными способами с целью достижения их заданных физико-механических свойств;
Совершенствование конструкций различных трибосопряжений;
Выявил некоторые закономерности в процессах, происходящих при трении; Внес вклад в открытие явления трибоцементации.

Под его руководством подготовлены и успешно защищены 3 кандидатские диссертации. Он автор 114 печатных работ, из которых 1 монография, 1 учебное пособие, получил 5 патентов.

В настоящее время научная школа кафедры ААХ совершенствует работу по указанным направлениям, а также проводит теоретические и экспериментальные исследования по новым направлениям функционального тюнинга, ресурсосбережения и технологий восстановления деталей автомобилей и других машин.

Денисов Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexandr S. Denisov – Doctor of Engineering, Professor, Head of Vehicles and Vehicles Fleet Chair of Federal Budget State Educational Institution of Higher Professional Education Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.001

А.А. Ревин, А.М. Аванесян, Д.С. Евдокимов**ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВЕСКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ
С РТС НА УСТОЙЧИВОСТЬ В РЕЖИМЕ ТОРМОЖЕНИЯ***Рассмотрено влияние жесткости упругого элемента подвески на устойчивость автомобиля с РТС при торможении.*

Курсовая устойчивость, РТС, жесткость подвески

A.A.Revin, A.M. Avanesyan, D.S. Evdokimov**IMPACT OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE SUSPENSION OF A CAR WITH
REGULATOR FOR STABILITY DURING BRAKING***The influence of suspension stiffness on the stability of a car with regulator of braking forces.*

Stability of movement of cars, stiffness, regulator of braking forces

Несмотря на явный настрой мировых производителей легковых автомобилей на автоматизацию рабочих процессов в тормозной системе на основе электроники, все еще большое число выпускаемых отечественными автозаводами бюджетных автомобилей и значительная часть автомобильного парка страны для обеспечения устойчивости автомобиля в режиме торможения использует в конструкции механические регуляторы тормозных сил РТС. Как известно, задающим параметром рабочего процесса последних является изменение расстояния между задней частью кузова и элементом подвески, отражающим положение задних колес, т.е. изменение хода подвески задних колес вследствие дифферента кузова автомобиля в процессе торможения. Поэтому эффективность предотвращения блокировки задних колес автомобиля в режиме торможения (эффективность работы РТС) во многом зависит, с одной стороны, от технического состояния элементов регулятора, с другой – от соответствия положения штанги РТС динамике изменения расстояния между точкой кузова автомобиля и задним мостом или осью.

Нетрудно предположить, что техническое состояние подвески задних колес должно сказаться на рабочем процессе РТС. В первую очередь, это относится к имеющему место в процессе эксплуатации автомобилей явлению снижения нормальной жесткости упругого элемента («осадка» рессоры или пружины) по мере пробега автомобиля или, наоборот, ее повышение после проведенного ТР подвески с заменой упругого элемента, имеющего более высокие характеристики. Из сказанного вытекает, что для процесса эксплуатации автомобиля характерны различные величины нормальных жесткостей упругих элементов задних колес, что не может не отразиться на рабочем процессе РТС и, в конечном счете, сказаться на устойчивости движения автомобиля в режиме торможения.

Анализ влияния данного явления на устойчивость легкового автомобиля с РТС в режиме торможения осуществлялся комплексно: в процессе дорожных испытаний автомобиля ВАЗ-2107 с контролем технического состояния элементов подвески и тормозной системы на станции диагностики Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии, г. Зерноград, при допустимой ГОСТ Р 51709-2001 неравномерности действия тормозных механизмов до 20%, а также с целью выявления особенностей физического процесса на разработанной пространственной математической модели [1], что позволило не только объяснить характер протекания рабочего процесса, но и уточнить параметры математической модели.

Динамика движения кузова по углу дифферента в модели описывалась при интегрировании дифференциального уравнения вида

$$\lambda_n = (\sum R_{zp2} b_k - \sum R_{zp1} a_k - m_n h_{kjx}) / J_{ky} \quad (1)$$

где: J_{ky} – момент инерции кузова вокруг поперечной оси, $\sum R_{zpi}$ – суммарная нормальная реакция на соответствующей оси, h_k – высота центра подрессоренных масс, a_k, b_k – координаты центра подрессоренных масс, m_n – величина подрессоренной массы.

Тогда динамика изменения величин нормальных реакций на колесах автомобиля в течение процесса торможения описывается следующей зависимостью

$$R_{zpj}^i = c_{pj} (z_{kj}^i - z_{aj}^i) + h_{pj} (\dot{z}_{kj}^i - \dot{z}_{aj}^i) + R_{z0j}, \quad (2)$$

где: c_{pj} – нормальная жесткость упругого элемента, с учетом явления пробоя подвески (характерно для экстренного торможения), h_{pj} – демпфирование в подвеске, R_{z0j} – статическая нагрузка на колесе, z_{kj}^i – характеристики микропрофиля полотна дороги.

Из приведенных формул вытекает важное следствие – изменение нормальных реакций в пятне контакта колес с дорогой R_{zpj}^i во многом определяется динамикой дифферента кузова (углом и скоростью его изменения), а также рядом других факторов: величиной неподрессоренных масс автомобиля, нормальной жесткостью и демпфированием в шине, величиной крена кузова и т.п. В свою очередь, устойчивость автомобиля в режиме торможения во многом зависит от величины действующего в горизонтальной плоскости поворачивающего момента. Последний обусловлен неравномерностью торможения колес от действия тормозных механизмов (ГОСТ Р 51709-2001 в эксплуатации допускает 20% неравномерность для дисковых тормозов и 25% – для барабанных) и поперечной неравномерностью коэффициента сцепления («микст»). Нарушению курсовой устойчивости также способствует: самоповорот управляемых колес в пределах податливости в элементах рулевого привода (зазоры и упругость в шарнирах), несоответствие кинематики подвески и рулевого управления, отклонение (разворот) мостов при крене кузова и т.п.

На рис. 1 представлена динамика изменения основных параметров легкового автомобиля в снаряженном состоянии (наиболее опасный режим) при кондиции элементов задней подвески, от которых зависит блокировка задних колес и, следовательно, устойчивость. Для сравнения на рис. 2 представлена физическая картина процесса при «осадке» пружин задней подвески того же автомобиля.

Из представленной физической картины видно, что ослабление нормальной жесткости пружин подвески задних колес приводит к запаздыванию изменения угла дифферента в силу инерционности кузова автомобиля по отношению к нарастанию давления рабочего тела в задних тормозных механизмах. РТС не успевает изменить передаточное соотношение в тормозном приводе и не препятствует блокировке колес.

Из сказанного можно сделать следующий вывод: динамика изменения дифферента кузова автомобиля и, следовательно, угла положения штанги РТС должна согласовываться с темпом нарастания давления рабочего тела в тормозных цилиндрах задних колес, т.е. со временем срабатывания тормозного привода и интенсивностью воздействия водителя на педаль тормоза. При этом **темпа нарастания давления рабочего тела в тормозных цилиндрах задних тормозных механизмах не должен превышать темпа роста угла дифферента кузова**. В противном случае вероятность юза задних колес даже при наличии исправно функционирующего РТС весьма высока.

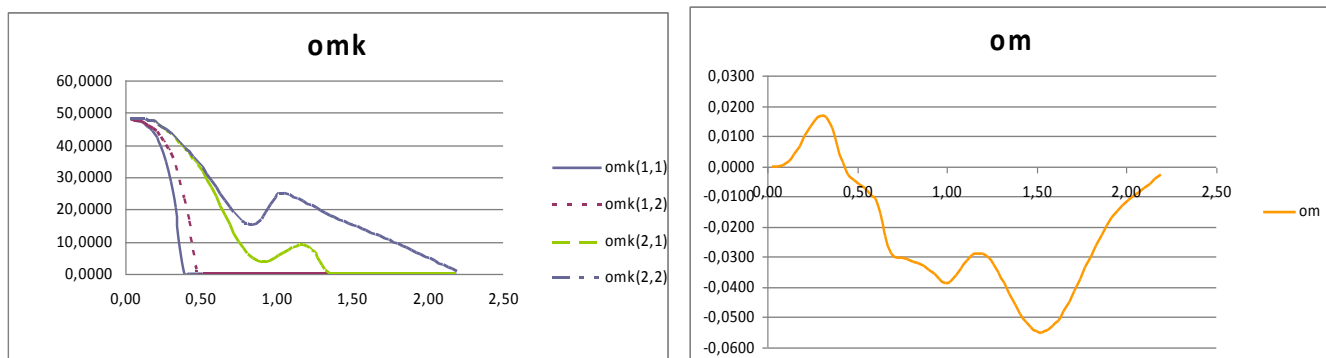


Рис. 1. Динамика изменения параметров при торможении легкового автомобиля с РТС на сухом асфальтобетоне с начальной скоростью 60 км/ч и осевой неравномерности действия тормозных механизмов 20% при кондиции элементов подвески: omk (i, j) – угловая скорость колес автомобиля i (1 – передняя ось, 2 – задняя ось), j – колеса борта (рад/с); om – угловая скорость изменения курсового угла автомобиля (рад/с)

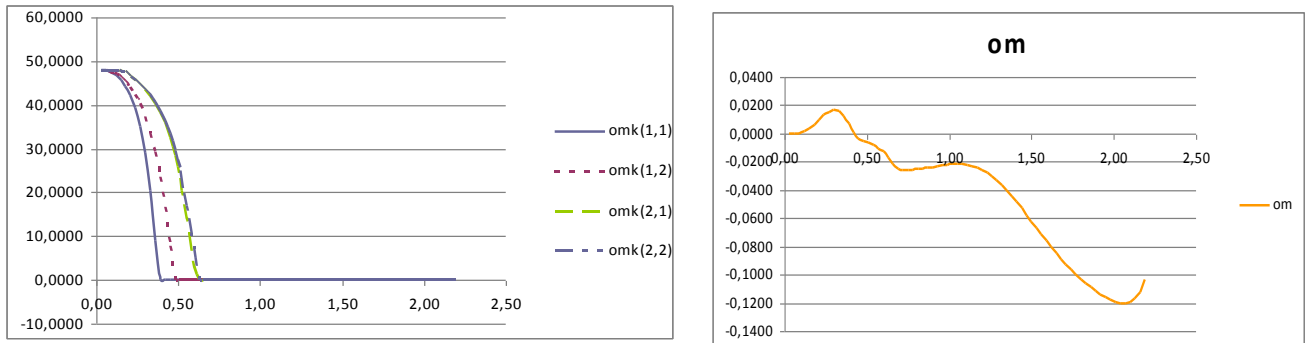


Рис. 2. То же, что на рис. 1, но при ослаблении жесткости упругих элементов задней подвески на 20 %

В свою очередь, юз задних колес в условиях действующей при торможении неравномерности торможения колес по причине неравномерности действия тормозных механизмов или наличия «микст» способствует развитию заноса. Надо ли напоминать, что склонность колеса к блокировке зависит от соотношения тормозного момента и момента по сцеплению? Последний, помимо реализованной величины коэффициента сцепления в контакте колеса с дорогой и радиуса колеса во многом зависит от величины нормальной реакции, действующей в пятне контакта (см. формулу (2)). На представленных рисунках явление начала заноса можно проследить по величине скорости изменения курсового угла ($\dot{\alpha}$).

Из сказанного выше можно сделать вывод: в процессе эксплуатации необходим контроль не только за техническим состоянием РТС и надежностью крепления его элементов к деталям автомобиля, но и за снижением жесткости упругого элемента подвески задних колес. Последнее достигается путем введения соответствующего контроля на станциях диагностики при проверке исправности тормозной системы в процессе ГТО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревин А.А. Модель для исследования влияния технического состояния РТС на тормозную динамику легкового автомобиля / А.А. Ревин, А.М. Аванесян // Изв. ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. Волгоград, 2011. №12(85). С. 115-117 (Сер. Наземные транспортные системы. Вып. 4).

Ревин Александр Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» Волгоградского государственного технического университета

Alexander A. Revin – Dr. Sc., professor, head of Department «Technical Maintenance and repair» Volgograd State Technical University

Аванесян Андрей Михайлович – ассистент кафедры «Сервис и эксплуатация автомобильного транспорта» Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии

Andrei M. Avanesyan – Assistant of the Department «Service and maintenance of road transport» Azov-Black Sea State Agroengineering

Евдокимов Дмитрий Сергеевич – студент магистратуры факультета автомобильного транспорта Волгоградского государственного технического университета

Dmitriy S. Evdokimov – a student of the Faculty Automobile Transport Volgograd State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.1.053(075)

Ю.И. Моисеев

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТАХОГРАФОВ С ГЛОНАСС В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Проведен анализ ситуации с применимостью тахографов в Российской Федерации, представлен зарубежный опыт в этой области, с экономической оценкой эффективности применения прибора. Рассмотрен российский опыт применения тахографа, оценена перспектива применения тахографа совмещенного с системой Глонасс.

Тахограф, Глонасс, режим труда и отдыха, перевозки грузов, безопасность движения

Yu. I. Moiseev

PROSPECTS OF USE OF TACHOGRAPHS WITH GLONASS IN THE RUSSIAN FEDERATION

The situation analysis from applicability of tachographs in the Russian Federation is carried out, foreign experience in this area, with an economic assessment of efficiency of use of the device is presented. The Russian experience of use of the tachograph is considered, the prospect of use of the tachograph combined with system Glonass is estimated.

Tachograph, Glonass, mode of work and rest, transportation of goods, traffic safety

Актуальность вопросов безопасности дорожного движения растет с каждым годом, что является закономерностью связанной с ростом количества автомобильного транспорта и увеличением интенсивности коммерческих перевозок. Одним из важных факторов, влияющих на вышеуказанную безопасность является степень профессиональной подготовки водителя, его водительского стажа работы, психоэмоционального состояния и скорость реакции водителя на изменение ситуации на дороге, зависящей от соблюдения режима труда и отдыха. Согласно Федерального закон от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации», водители также должны соблюдать временные интервалы работы. Кроме того, существует, положение об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха водителей автомобилей, утв. Приказом Минтранса России от 20.08.2004 г. № 15, зарег. Минюстом РФ 01.11.2004 г. № 6094.

Обратимся к европейскому опыту, где для контроля режима труда и отдыха водителя, уже несколько лет используются на автомобильном транспорте электронные тахографы. Тахограф – контрольное устройство для непрерывной регистрации пройденного пути и скорости движения, времени работы и отдыха водителя.

Тахографы в Российской Федерации, используемые на транспортных средствах, впервые начали применяться с 01 января 1998 года и регламентируются следующими документами постановления Правительства Российской Федерации № 922 «О повышении безопасности междугородних и международных перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом» и Постановлением Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 г. № 720 «Об утверждении технического регламента о безопасности колесных транспортных средств». В рамках вышеуказанного регламента следующие транспортные средства категорий M_2 , M_3 , N_2 и N_3 , осуществляющие перевозки пассажиров и грузов.

Опыт использования тахографов в странах Евросоюза показал следующий:

1. Количество ДТП с участием транспорта, оснащенного тахографами, снизилось на 22%;
2. Количество ДТП со смертельным исходом снизилось на 55%;
3. Межаварийный пробег вырос в 2,5 раза;
4. Затраты на ГСМ снизились на 15%;

Ниже приведены результаты некоторых европейских исследований эффективности использования тахографов:



Исследование	Уменьшение количества ДТП, %	Сокращение расходов на техническое обслуживание, %
1	2	3
Проект Samovar(Великобритания, Нидерланды, Бельгия)	-28	-40
WKD Security GmbH(частная транспортная компания, Германия)	-30	-60
Полиция Вены (Австрия)	-18	-40
Suedbaden Bus Co. (частная автобусная компания, Германия)	-18	-59
Taxi Hatscher (частная компания, Германия)	-66	Н. д.
Полиция Берлина (Германия)	-20	-25
Пограничная служба (Германия)	-9	-34
Полиция Лондона (Великобритания)	-25	Н. д.

Экономическая эффективность от использования тахографов в Евросоюзе представлена ниже.

	Экономический эффект за год, млн. евро
Экономия средств в результате предотвращения ДТП, в том числе:	38,472
- сохранение человеческих жизней	26,996
- тяжкие увечья	42,936
- легкие увечья	68,540
Расходы на установку бортовых регистраторов	-19,429
Чистая экономия	119,43
Коэффициент экономической эффективности	7:1

Ниже приведены модели тахографов, разрешенные к применению в РФ.

Фото	Модель	Производитель
ЦИФРОВЫЕ ТАХОГРАФЫ - только на территории Российской Федерации		
	МЕРКУРИЙ-ТА 001	Группа компаний INCOTEX (Москва)
	ШТРИХ-ТахоRUS	Группа компаний «ШТРИХ-М» (Москва)
	КАСБИ DT-20	ОАО «Калужский завод телеграфной аппаратуры» (Калуга)
ЦИФРОВЫЕ ТАХОГРАФЫ - на территории стран ЕС, Восточной Европы, СНГ и РФ		
	EFAS-3 и EFAS-4	Intellic GmbH, Австрия
	Siemens DTCO 1381	Continental Automotive GmbH, (Siemens VDO Automotive AG), Германия
АНАЛОГОВЫЕ ТАХОГРАФЫ - на территории стран ЕС, Восточной Европы, СНГ и РФ		

Фото	Модель	Производитель
	KIENZLE 1318	Continental Automotive GmbH, (Siemens VDO Automotive AG), Германия
	KIENZLE 1324	Continental Automotive GmbH, (Siemens VDO Automotive AG), Германия

Применение вышеуказанных приборов решает следующие задачи на транспорте:

Повышает безопасность дорожного движения путем соблюдения режимов труда и отдыха водителей.

Увеличивает ресурс двигателя, шин, тормозных механизмов и автомобиля в целом.

Исключает несанкционированные поездки, т.к. весь маршрут (скорость-пробег-время) непосредственно фиксируется на тахограмме или карточке водителя.

Объективная оценка профессиональных качеств водителя. Чем кривая ровнее, тем меньше водитель разгоняется и тормозит, реже переключает передачи, т.е. едет равномерно, меньше расходует топливо и экономит ресурс автомобиля.

Обеспечение социальной и правовой защиты водителей. Тахограмма является документом и может служить доказательством вины или не виновности в суде.

Введение на своем предприятии объективной системы подсчета заработной платы по фактическому объему выполненных работ, что достигается документированием на тахограммных дисках и картах водителей всего объема выполненных работ.

Объективный расчет с заказчиком за фактически выполненную работу по перевозке грузов и простоев по различным причинам.

На сегодняшний день, современный тахограф является цифровым электронным устройством, фиксирующим наличие перемещение транспортного средства с помощью определенного водителя. Уровень развития современных технологий позволил создать индивидуальные карты для водителя, где фиксируется информация о режиме труда и отдыха.

Вместе с тем процесс модернизации тахографа происходит и сегодня. Для повышения степени защищенности от манипуляций, в ЕС было принято решение фиксировать факт вождения из двух независимых источников информации, например датчик скорости и сигнал с АБС.

Российские производители тахографов применили кроме двух независимых сигналов систему криптографической записи данных в фискальный блок памяти тахографа, а второй дублирующий сигнал брать из данных полученных с помощью системы ГЛОНАСС. Кроме того, применение такой системы позволит в будущем усовершенствовать тахограф, и при наличии GPRS модема в онлайн режиме отправлять данные о перемещении транспортного средства и соблюдении режима труда и отдыха водителем непосредственно работодателю через сеть интернет. Такая система также позволит отслеживать расход топлива, массу перевозимого груза, температуру двигателя, температуру в рефрижераторе и т. д., при наличии соответствующих датчиков.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что будущее – за комплексными едиными приборами, обеспечивающими многозадачность высокую функциональность, надежность и защищенность от манипуляций. Их применение позволит не только повысить безопасность движения, но и существенно сэкономить ресурсы, выделяемые на перемещение грузов, что, в свою очередь, повысит энергоэффективность транспортной отрасли в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Преимущества использования тахографов [Электронный ресурс] / URL:<http://tahograf76.ru/index.php/likbez.html>.
2. Газизов, В. А. К вопросу о «черном ящике» на транспорте / В. А. Газизов. – С. 33-34.

Моисеев Юрий Игоревич –
кандидат технических наук, заведующий
кафедрой «Автомобильный транспорт»
Волжского Политехнического института
филиала Волгоградского государственного
технического университета

Yuri I. Moiseev –
PhD., head of the department
«Motor transport»
of the Volga Polytechnical institute
of branch Volgograd State
Technical Univesity

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.05

С.П. Озорнин, П.А. Ким

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕШЕХОДОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМОТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрены основные проблемы обеспечения безопасности пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах в условиях интенсивного движения, предложен ряд мероприятий для повышения безопасности пешеходов.

Пешеход, перекресток, нерегулируемый пешеходный переход, интенсивность движения, безопасность, комплексная дорожная разметка, управление рисками.

S.P. Ozornin, P.A. Kim

PROVIDING SAFETY OF PEDESTRIANS UNDER THE CONDITIONS FOR THE INTENSIVE URBAN MOTION OF THE AVTOMOTOTRANSPORT MEANS

The basic problems of providing safety of pedestrians on the uncontrolled pedestrian passages under the conditions for intensive motion are examined, a number of measures for increasing the safety of pedestrians is proposed.

Pedestrian, the cross-road, uncontrolled is pedestrian passage, traffic volume, safety, complex road marking, control of risks

Обеспечение безопасности дорожного движения является одной из важных социально-экономических и демографических задач Российской Федерации. Аварийность на автомобильном транспорте наносит огромный материальный и моральный ущерб как обществу в целом, так и отдельным гражданам. Дорожно-транспортный травматизм приводит к исключению из сферы производства людей трудоспособного возраста. Гибнут и становятся инвалидами дети. Ежегодно в Российской Федерации в результате дорожно-транспортных происшествий погибают и получают ранения свыше 270 тыс. человек. На дорогах за период с 2005 по 2012 гг. погибло 7900 детей в возрасте до 16 лет, были травмированы 166020 детей. Демографический ущерб от дорожно-транспортных происшествий и их последствий за эти годы составил 506246 человек, что в 2,3 раза больше, чем, например, численность российского населения, занятого в сельском хозяйстве. Размер социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий и их последствий за 2004 - 2010 годы оценивается в 7326,3 млрд. рублей, что можно сопоставить с расходами консолидированного бюджета Российской Федерации в 2011 году на финансирование социальной политики (7453,3 млрд. рублей). Несмотря на то, что в 2010 году социально-экономический ущерб от дорожно-транспортных происшествий и их последствий снизился до уровня в 867,7 млрд. рублей, его годовой размер все равно существенен и примерно равен расходам консолидированного бюджета Российской Федерации в 2011 году на денежное довольствие военнослужащих и сотрудников правоохранительных органов (837,8 млрд. рублей) или двукратным доходам от использования в 2010 году имущества, находящегося в государственной и муниципальной собственности (424,8 млрд. рублей). Обеспечение безопасно-

сти дорожного движения является составной частью национальных задач обеспечения личной безопасности, решения демографических, социальных и экономических проблем, повышения качества жизни, содействия региональному развитию.

Автомобилизация – одно из величайших порождений человечества, безусловно, оказала огромное положительное влияние на экономику государств, обеспечила удобства и комфорт для людей в городах. Но, вместе с тем, она вызвала целый ряд негативных явлений и последствий: человеческие жертвы, огромные материальные потери от дорожно-транспортных происшествий (ДТП), шум, загрязненность воздушных бассейнов городов, загромождение улиц стоящими автомобилями и, наконец, транспортные заторы и резкое снижение скорости автомобильного движения. В связи с ростом автомобильного парка и увеличением интенсивности движения автотранспортных средств в городах для повышения безопасности предусматривается совершенствование конструкций автомобилей и разработка мероприятий по внедрению технических средств регулирования уличного движения.

Безопасность современных автомобилей постоянно повышается, чему способствуют упрочнение кузовов, детальное продумывание интерьеров, установка ремней и подушек безопасности. Этим люди защищаются внутри салона, а вне него они, по сути, остаются беззащитными – когда автомобиль сбивает человека, без травм дело обходится редко и, к сожалению, часто заканчивается его гибелью.

Элементарные дорожные условия безопасности должны быть обеспечены внедрением мероприятий по совершенствованию организации дорожного движения (ОДД). Нарушение этого принципа приводит к дискредитации методов организации движения, так как невозможно обеспечить достаточную скорость и безопасность движения, например, из-за плохой видимости или неудовлетворительного состояния дорожного покрытия, и это не может быть отнесено на счет неэффективности методов организации движения.

Особенностью дорожного движения является решающее значение водителя, а также роль других участников движения, в частности, пешеходов. Наиболее часто причиной дорожно-транспортных происшествий являются именно неправильные действия людей. В этом отношении мероприятия по ОДД должны быть направлены на то, чтобы либо предотвратить такие действия людей, либо снизить тяжесть их последствий.

Элементарный анализ путей и способов, позволяющих уменьшить число жертв на автомобильных дорогах, показывает, что самым эффективным способом является такая организация дорожного движения, при которой пешеходы надежно изолируются от автомобильного потока устройством подземных переходов, пешеходных мостов, ограждений, тоннелей и т.п. Кроме того, во всех цивилизованных странах для автомобилистов действует железное правило: пропусти пешехода! Но даже на образцово-показательных европейских дорогах ежегодно гибнет более 8400 пешеходов, и еще около 17000 человек получают при наездах тяжелые травмы. Наезды происходят в жилых зонах, на загородных дорогах, на небольших городских перекрестках, где строительство подземных переходов нецелесообразно, или невозможно в принципе.

В результате анализа ДТП на территории г. Читы за три последних года (2010 – 2012 гг.) выявлено, что с участием пешеходов совершено 702 ДТП (43,9 % от общего количества ДТП (1598) по городу). Все они связаны с наездами на пешеходов, при этом погибло 12 пешеходов, ранено 226 пешеходов. По вине нетрезвых пешеходов совершено 23 ДТП, ранено 21, погибло – 2.

Водителями АТС совершено 219 наездов на пешеходов на пешеходных переходах, что составляет 31,2 % от общего количества зарегистрированных ДТП, связанных с наездами на пешеходов. Вне пешеходных переходов 475 ДТП (67,7 %).

За один только 2011 год более половины (142 из 247, или 57,4 %), всех рассматриваемых ДТП совершено по вине пешеходов. При этом погибло 9 человек, ранено 81. Основными видами нарушений ПДД пешеходами, послужившими причинами ДТП, являются: переход через проезжую часть в неустановленном месте – 97 (68,3 %); переход через улицу вне пешеходного перехода – 35 (24,6 %); нетрезвое состояние – 10 (7,1 %).

Наибольшее количество ДТП в г. Чите совершается в осенне-зимний период, наиболее аварийными месяцами (по зарегистрированным ДТП в 2011 году) являются: сентябрь, октябрь, ноябрь. Максимальное количество ДТП (31) зарегистрировано в ноябре 2011 года.

Пути решения проблемы обеспечения безопасности пешеходов намечаются разные. Уже давно поставлена задача сделать автомобиль более «дружественным» к пешеходу. Ныне действующее в Европе Правило 26 ЕЭК ООН гласит, что у автомобиля должны отсутствовать выступающие детали с

острыми гранями, которые могут поранить человека при наезде. Благодаря этому требованию автомобили практически избавились от накатных фигур, клыков на бамперах. Но не более того. Если в деле защиты водителя и пассажиров за последние десятилетия произошел качественный скачок (иллюстрация тому – прогресс в результатах краш-тестов EuroNCAP с 1997 по 2007 годы), то «пешеходная» безопасность фактически застыла на уровне начала 80-х годов прошлого века!

Важной основой всей деятельности по обеспечению безопасности движения является четкий учет ДТП и анализ их причин. Однако существенным недостатком выявления опасных мест на улично-дорожной сети городов является возможность делать выводы только по уже случившимся ДТП, в то время как главной задачей ОДД является их предупреждение.

Многочисленные исследования показали, что происшествия чаще всего происходят в так называемых «конфликтных точках», т.е. в местах, где имеет место специфическое взаимодействие между собой различных участников дорожного движения.

Особенно типичными в этом отношении являются пересечения дорог (перекрестки), где встречаются и пересекаются потоки транспортных средств и пешеходов. Поэтому, при совершенствовании организации дорожного движения, особое значение необходимо уделять перекресткам. Перекрестки являются местами, где, как правило, наиболее часто возникают дорожно-транспортные происшествия и задержки движения транспортных потоков.

При рассмотрении и анализе проблемы обеспечения безопасности пешеходов в условиях интенсивного городского движения современных АТС необходимо учитывать, что:

- пешеходы по сравнению с людьми, находящимися в АТС, практически незащищены;
- при отсутствии специальных ограждений пешеходы стремятся перейти улицу (дорогу) в любом удобном для них месте;
- обозначенный пешеходный переход не является существенной защитой от наезжающего на человека АТС;
- в роли пешеходов могут выступать разные по состоянию здоровья и физическому развитию люди (дети, люди пожилого возраста, инвалиды);
- АТС являются технически сложными подвижными объектами;
- интенсивность и скорость движения АТС в транспортных потоках постоянно возрастают;
- управление АТС осуществляют водители с различным уровнем подготовки и профессиональных навыков;
- психологическая нагрузка на водителей (особенно в условиях городского движения) постоянно увеличивается;
- в целом ряде случаев человек (водитель) не в состоянии сделать достоверный прогноз последствий принимаемых решений по управлению АТС, оценить их риск.

С целью ускоренного, хотя и частичного, решения проблемы необходимо выполнить ряд организационно-технических мероприятий по обеспечению безопасности, прежде всего, на нерегулируемых пешеходных переходах:

1) переоборудование нерегулируемых пешеходных переходов в подземные или надземные пешеходные переходы (данное мероприятие является самым эффективным по обеспечению безопасности, но и самым дорогостоящим, стоимость таких мероприятий в зависимости от проекта может составлять несколько миллионов рублей);

2) переоборудование нерегулируемых пешеходных переходов в регулируемые светофорными объектами переходы (данное мероприятие является наиболее эффективным по обеспечению безопасности, но и весьма дорогостоящим, т.к. стоимость одного регулируемого светофорными объектами пешеходного перехода составляет до 800 тыс. руб.);

3) дооборудование нерегулируемых пешеходных переходов искусственной неровностью («лежачим полицейским»), возвышение дорожной горизонтальной разметки 1.14.1 или 1.14.2. «Пешеходный переход (зебра)», над проезжей частью дороги;

4) традиционно распространенное и наименее затратное, оборудование и обозначение нерегулируемых пешеходных переходов дорожными знаками 5.19.1 и 5.19.2. «Пешеходный переход» с нанесением дорожной горизонтальной разметки 1.14.1 или 1.14.2. «Пешеходный переход (зебра)». В данном случае, в темное время суток, также дополнительно могут применяться различные световые эффекты, подсветка, мигающие светодиоды, светоотражающие и светонакопительные элементы знаков и разметки (рис. 1).



Рис. 1. Подсвеченный пешеходный переход. Фото Центра организации дорожного движения Москвы (<http://motor.ru/news/2012/12/03/walkerlane/>)

В настоящее время в городе Чите расположено 286 пешеходных переходов, 83 из которых оборудованы дорожными знаками 3.27 «Ограничение максимальной скорости» 40 км/ч. Эти дорожные знаки установлены на разных расстояниях от границы пешеходного перехода, а именно: до 50 метров – в 24 случаях; до 100 метров – в 31 случае и свыше 100 метров – в 28.

По данным отделения по расследованию дорожно-транспортных происшествий СЧ СУ УМВД России по г. Чите, после проведения автотехнических экспертиз в 70 % случаев выносятся постановления об отказе в возбуждении уголовных дел в связи с отсутствием у водителей технической возможности предотвратить ДТП.

Авторами предлагается использовать нанесение в каждой полосе движения на проезжей части дороги комплексной дорожной горизонтальной разметки 1.24.2 «Ограничение максимальной скорости 40 км/час» вместе с разметкой дублирующей дорожный знак 5.19.1. «Пешеходный переход» (см. рис. 2).

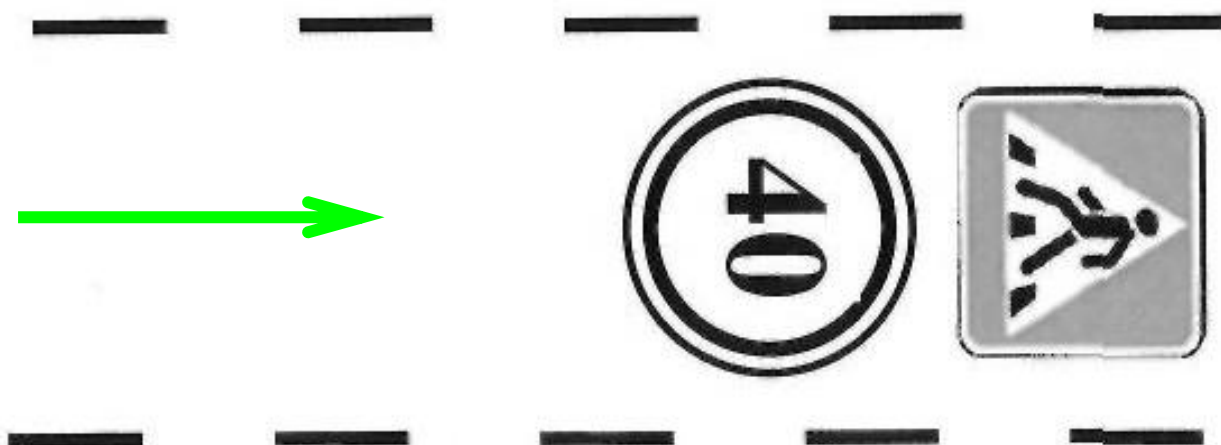


Рис. 2. Вариант комплексной дорожной горизонтальной разметки, наносимой на дорожное покрытие перед пешеходным переходом

В данном случае использование дорожной горизонтальной разметки, дублирующей дорожный знак 5.19.1. «Пешеходный переход», является нововведением, которое нуждается в широком об-

суждении с дальнейшим внесением дополнения (поправки) в ГОСТ Р 52289-2004 «Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» (глава 6. Правила применения дорожной разметки пункт 6.2.27).

Редакция поправки может быть изложена следующим образом: «Разметку 1.24.1 и 1.24.2; **1.24.3** допускается применять для дублирования дорожных знаков:

- 1.24.1 - для дублирования предупреждающих знаков;

- 1.24.2 - для дублирования запрещающих знаков;

дополнить фразой

- 1.24.3 – для дублирования знаков особых предписаний.

По мнению авторов, нанесение на проезжую часть дороги в каждой полосе движения комплексной дорожной горизонтальной разметки 1.24.3 «Ограничение максимальной скорости 40 км/час» вместе с разметкой дублирующей дорожный знак 5.19.1. «Пешеходный переход», на расстоянии около 40...50 м перед зоной «Пешеходного перехода», при минимальных финансовых затратах, даст водителям транспортных средств дополнительную возможность принятия своевременных мер, а в иных случаях будет являться единственным своевременно информирующим элементом визуального восприятия водителем информации о приближении к нерегулируемому пешеходному переходу.

Общее понятие безопасности сводится к отсутствию опасности. Сам термин «безопасный» – означает неопасный, не угрожающий, не могущий причинить вреда или зла. Соответственно, безопасность движения АТС – это свойство, заключающееся в возможности не создавать угрозы для здоровья и жизни пассажиров, водителей, населения (пешеходов), грузов, объектов внешней среды.

Под безопасностью на автомобильном транспорте следует понимать, прежде всего, соблюдение технических норм (техническое состояние АТС) и правил дорожного движения (ПДД). Их нарушение относится к дестабилизирующим факторам.

Расчет показателей безопасности АТС в настоящее время либо не выполняется вовсе, либо при расчетах не принимаются во внимание угрозы населению. Показатели безопасности АТС не включаются в состав общих показателей уровня безопасности и не измеряются соответствующим образом вред окружающей среде, угрозы здоровью и жизни пассажиров и пешеходов.

Основной акцент при проведении анализа и расследовании ДТП делается на технические причины и дорожные условия, и, частично, на человеческий фактор, в рамках которого крайне ограничено рассматриваются риски, создаваемые водителями и пешеходами при нарушении ПДД.

При анализе общей картины ДТП не применяются системные методы, используется упрощенная методика анализа – сопоставление количества нарушений в текущем и предыдущем периодах, при этом намечается «симптоматическое решение» проблемы. Фактически существующие и применяемые методы повышения безопасности пешеходов и движения АТС достигли насыщения и не дают качественного роста.

В настоящее время в ГИБДД и автотранспортном комплексе РФ модели риска и контроля движения пешеходов и АТС не используются в качестве инструмента для организации управления дорожным движением и, тем более, для оценки уровня безопасности, поэтому от внимания всех участников процесса ускользает важнейшая информация, необходимая для принятия адекватных управленческих решений.

Повышение качественного уровня управления безопасностью движения пешеходов и АТС может быть реализовано посредством использования новых концепций, программ, методов и средств, в том числе, с применением современных инструментов и систем, с учетом эффективного использования имеющихся ресурсов. Именно поэтому в основу современных систем управления безопасностью на автомобильном транспорте должна закладываться система управления рисками.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52289-2004 правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. Технические средства организации дорожного движения / Национальный стандарт Российской Федерации (ОКС 03.220.20; ОКП 52 1000). Дата введения 20012-12-01.

2. Правила дорожного движения Российской Федерации: утв. Постановлением Правительства РФ от 23 октября 1993 г. № 1090 (в ред. от 13 апреля 2012 г.). – М.: ООО «ИДТР», 2012. – 64 с.

Озорнин Сергей Петрович –
доктор технических наук, профессор кафедры
«Строительные и дорожные машины» факультета
технологии, транспорта и связи
Забайкальского государственного университета

Sergey P. Ozornin –
Dr. Sc., professor of the department “Construction
and road machines” of the department of technology,
transport and connection of Transbaikal
state university

Ким Павел Анатольевич –
начальник ОГИБДД УМВД России по г. Чите

Pavel A. Kim –
Chief OF [OGIBDD] [UMVD] of Russia at to Chita

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

Секция 1

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

УДК 629.113

И.Ф. Дьяков

**ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЯ
НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Рассматриваются вопросы математического моделирования технологических процессов при создании и доводке новых автомобилей. Приведены основные системы управления базы данных. Она позволяет сократить сроки конструкторских разработок, уменьшить трудоёмкость экспериментальных испытаний и затрат средств при создании новой конструкции.

Математическая модель, показатели эффективности, комфортность водителя, оптимальный процесс управления, виды кодирования

I.F. Dyakov

**THE MAIN PRINCIPLES OF FORMING OF THE MODEL
OF THE CAR AT THE DESIGN STAGE**

The problems of mathematical modeling of technological processes when creating and developing new cars are considered. The basic management systems of the database are presented. It allows to reduce the period of the design development, reduce the intensity of the pilot tests, and the costs of funds when creating a new design.

Mathematical model, parameters of efficiency, comfort of the driver, optimal control of the process, kinds of coding

Математическое моделирование – это описание основных свойств (параметров) и характеристик автомобиля при проектировании с учетом движения в различных дорожных условиях и решения с помощью ЭВМ системы дифференциальных, интегральных и алгебраических уравнений, составляющих математическую модель.

При определении основных параметров автомобиля используют различные методы моделирования. Различают физическое, математическое, имитационное и модульное моделирование. Физическое моделирование базируется на теории подобия. В то время как теория подобия изучает свойства систем, устанавливает требования, которым должна удовлетворять модель, чтобы процессы, происходящие в ней, были подобны процессам, протекающим в натурном образце (оригинале). Физическое моделирование заключается в исследовании моделируемой системы на сформированной модели, которая подобна оригиналу. Оно содержит следующие моменты: создание модели, изучение процессов на модели, перенос полученной информации на моделируемую систему (натуру).

Теория подобия дает возможность установить наличие подобия и способы его получения. Подобными являются такие физические системы, у которых все характеризующие их параметры (все векторные величины геометрически подобны, а все скалярные величины пропорциональны в соответствующих точках пространства и в соответствующие моменты времени) подобны. Физическое подобие рассматривают как совокупность подобия частных характеристик объекта: геометрических, кинематических, динамических и температурных. Теория подобия базируется на трех основных теоремах, содержание которых заключается в следующем.

1. Для подобных между собой явлений уравнения, описывающие эти явления для природы и

модели, должны иметь одинаковый вид.

2. Все уравнения могут быть преобразованы в выражения, демонстрирующие однозначную связь между критериями подобия.

3. Краевые условия в подобных явлениях должны быть одинаковы.

При физическом моделировании важным является выбор констант подобия, которые влияют на точность получения результатов.

Математическое моделирование включает совокупность математических выражений и связей между ними, отражающих основные свойства проектируемого объекта. К математическому моделированию предъявляют требования *универсальности, адекватности, точности и экономичности*.

Степень универсальности математической модели характеризуется числом и составом учитываемых в ней внутренних, внешних и выходных параметров. Чем их больше в модели, тем она универсальнее, однако при этом значительно возрастают затраты вычислительных ресурсов. Универсальность модели в первую очередь зависит от числа и состава учитываемых параметров.

Так как автомобиль характеризуется n выходных параметров, то относительная погрешность по каждому из них будет различна. В связи с этим для общей оценки погрешности модели ε_i по совокупности учитываемых выходных параметров используют одну из норм вектора

$$\varepsilon_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \varepsilon_j^2}.$$

Если задаться предельно допустимой погрешностью ε , то в пространстве внешних параметров можно выделить область, в которой выполняется условие $\varepsilon_i < \varepsilon$. Такую область называют областью адекватности модели. Адекватность отображает заданные свойства объекта с погрешностью, не выше заданной. Точность математической модели определяют степень совпадения значений параметров (натурного) объекта и значений тех же параметров, рассчитанных с помощью предполагаемой модели.

Обозначив истинное и рассчитанное с помощью математической модели значения j -го выходного параметра через $W_{j \text{ ист}}$ и $W_{j \text{ расч}}$, можно определить относительную погрешность

$$\delta_j = \frac{W_{j \text{ расч}} - W_{j \text{ ист}}}{W_{j \text{ ист}}},$$

которая является векторной оценкой, т. е. $\bar{\delta} = \delta_1, \delta_2, \dots, \delta_i$.

Экономичность математической модели характеризуется затратами машинного времени и памяти. Общие затраты на выполнение какой-либо задачи зависят как от особенности выбранных моделей, так и от методов решения. Математическая модель технического объекта обычно создается пользователем на основе разработанных и имеющихся в библиотеке модели элементов и соответствующего программного обеспечения. Поэтому моделирование элементов обычно выполняется специалистами конкретных технических областей с помощью экспериментальных исследований и средств САПР.

К математической модели относят структурные модели, отражающие свойства объекта и различают топологические и геометрические. Их применяют для описания большого числа элементов, при решении задач привязки конструктивных элементов к определенным пространственным позициям или относительным моментам времени, например, при разработке технологических процессов сборки или технического обслуживания и ремонта автомобиля. Топологические модели могут иметь форму графов, таблиц (матриц) и т. п. Существует несколько типов геометрических моделей (аналитические, алгебраические, каркасные и кинематические).

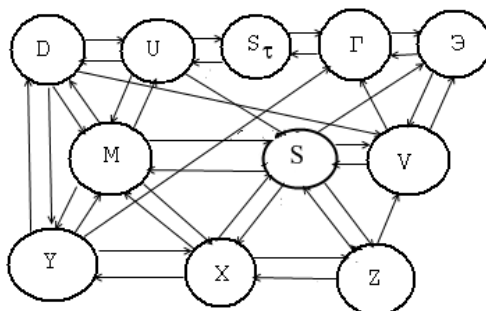
Для отображения физических или информационных процессов, протекающих в объекте при его функционировании или изготовлении используют функциональные модели. Как правило, это системы уравнений, связывающие фазовые переменные, внутренние, внешние и выходные параметры. В зависимости от уровня описания различают микро-, макро- и метауровневые математические модели [1]. Типичные математические модели этого уровня – дифференциальные

уравнения в частных производных. В них независимыми переменными являются пространственные координаты и время.

На макроуровне используют укрупненную дискретизацию пространства по функциональному признаку, что приводит к представлению таких моделей в виде обычных дифференциальных уравнений. В этих уравнениях независимой переменной является время, а вектор зависимых переменных содержит фазовые переменные, характеризующие состояние укрупненных элементов дискретизированного пространства. Такими переменными являются силы и скорости в механических системах. Для установившихся режимов модель может выглядеть как обычное дифференциальное уравнение, которое является универсальной моделью на макроуровне, пригодной для анализа динамических состояний объектов. Если порядок системы уравнений приближается к 10^3 , то переходят к математическим моделям на метауровне. На метауровне представляют также систему обычных дифференциальных уравнений. Исследование многомассовой динамической системы целесообразно проводить в несколько этапов, начиная с расчета свободных и вынужденных колебаний линейных моделей. При этом определение частот и форм свободных колебаний позволяет выявить структуру, связи и основные закономерности исследуемой системы. Анализ вынужденных колебаний дает возможность изучить влияние жесткостных и демпфирующих характеристик динамической системы на ее амплитудно- и фазово-частотные характеристики при гармонических колебаниях [2]. Среди алгоритмических моделей важный класс составляют имитационные модели, предназначенные для имитации физических или информационных процессов в объекте при задании различных зависимостей входных воздействий от времени. Имитацию названных процессов рассматривают имитационным моделированием. Примером имитационных моделей являются модели в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений или модели систем массового обслуживания, предназначенные для имитации процессов прохождения заявок через систему критериев. При этом задача проектирования не может в настоящее время рассматриваться как локальная, она должна решаться с учетом всех системных критериев. В качестве системных критериев при проектировании автомобиля используют такие показатели, как стоимость, эффективность, производительность и др. Использование системных критериев позволяет осуществлять комплексную оптимизацию параметров автомобиля. Для создания современных автомобилей, отвечающих мировым стандартам, целесообразно использовать методы расчета, основанные на особенностях системы «водитель-автомобиль-среда». Эта система предусматривает широкое использование ЭВМ, управляющей имитационным моделирующим комплексом, вероятностным методом расчета нагрузок и параметров надежности элементов. На стадии проектирования повышение качества автомобиля может быть достигнуто на основе разработки системных методов расчета. В результате применения этих методов возникают возможности обоснования выбора критерия оптимальности [2]. При исследовании и проектировании транспортных средств наиболее полно могут быть учтены все факторы с помощью обобщенной модели, построенной при единой функционально-аналитической трактовке, опирающейся на некоторые положения дискретной математики. Формирование основных параметров машины должно идти в соответствии с общественной потребностью и производством этих машин в необходимом количестве, что является важнейшим условием достижения эффективности. Эти необходимые данные получают в результате обследований, испытаний, имитационного моделирования и путем постепенных усовершенствований существующих моделей, имеющих в своей конструктивной основе традиционные, опробованные научно-технические принципы.

Исследования обобщенных моделей позволяют определить влияние конструктивных и технологических факторов, а также человека на процесс управления, случайных нагрузок на показатели эффективности и надежности эргатической системы. Обобщенная модель (см.рис.) представляет собой нейроподобные элементы, особым образом соединенные друг с другом и с внешней средой с помощью связей, определяемых весовыми коэффициентами.

Так, например, вершина U включает: условия изготовления; X – условия эксплуатации; M – особенности конструкции транспортного средства; Y – управляющие воздействия водителя и ремонтно-обслуживающего персонала автомобилей; Z – относительное перемещение подрессоренной массы при движении по неровностям дороги; $S\tau$ – тормозные свойства автомобиля; V – скоростные свойства автомобиля; Γ – эргономические показатели транспортного средства; \mathcal{E} – экологическая безопасность; S – дорожные условия; D – динамические характеристики автомобиля.



Структурная схема нейронной сети встречного множества параметров автомобиля

Объединение разнотипных нейронных структур в единую архитектуру приводит к свойствам, которых нет у них по отдельности, причем каскадные соединения нейронных структур позволяют решить проблему комплексно. Нейронные сети встречного распространения, состоящего из входного слоя нейронов и слоев нейронов Кохонена и Гроссберга по своим характеристикам существенно превосходят возможности сетей с одним скрытым слоем нейронов. Нейроны входного слоя служат для передачи входных сигналов на все нейроны слоя Кохонена с соответствующими весовыми коэффициентами [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование полноприводных колесных машин. Т. 1 / под ред. А.А. Полунгяна. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. 484 с.
2. Дьяков И. Ф. Основы оптимизации в автомобилестроении. М.: Машиностроение, 2012. 380 с.
3. Дьяков И. Ф. Использование нейронной технологии при моделировании работоспособности АТС // Автомобильная промышленность. 2012. № 8.

Дьяков Иван Федорович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основы проектирования машин» Ульяновского государственного технического университета

Ivan F. Dyakov – Dr. Sc, professor, head of Department «The fundamentals of the design of machines» Ulyanovsk State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.33: 621.43

Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко

КОНЦЕПЦИЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Представлены концепция и методология решения проблемы ресурсосбережения автомобильных двигателей, заключающаяся в повышении их долговечности в эксплуатации обеспечением малоизносных режимов работы двигателя на основе контроля смазочного процесса и оценки износостойкости в подшипниках коленчатого вала.

Подшипники коленчатого вала, смазочный процесс, износостойкость, ресурс двигателя

R.F. Kalimullin, S.Yu. Kovalenko

THE CONCEPT OF RESOURCE-SAVING OPERATION AUTOMOBILE ENGINES

The concept and methodology of a solution of the problem of resource-saving of the automobile engines, consisting in increase of their durability in operation by ensuring low the wear mode setting on the basis of control of lubricant process and a wear resistance assessment in bearings of a cranked shaft is submitted.

Bearings of a cranked shaft, lubricant process, wear resistance, engine resource

При эксплуатации автомобильного транспорта актуальным является решение научных и практических задач совершенствования методов и средств обеспечения работоспособности двигателей подвижного состава с целью повышения эффективности транспортного обслуживания и минимизации затрат.

Практика эксплуатации автотранспортных средств показывает, что одними из сопряжений, лимитирующих ресурс автомобильного двигателя, являются подшипники коленчатого вала. На долю подшипников коленчатого вала приходится 10-20 % отказов двигателя, для устранения которых требуется 50-70 % затрат на запасные части и 50-60 % трудовых затрат [1].

Основными причинами отказов подшипников являются разрушение и выплавление антифрикционного слоя вкладышей, их задир и проворачивание, чрезмерно увеличенный зазор вследствие изнашивания трущихся поверхностей вкладышей и шеек, интенсивность которого во многом зависит от характера смазочного процесса на различных режимах эксплуатации двигателей. Поэтому, от режимов пуска и нагружения автомобильного двигателя зависит интенсивность изнашивания, а, в конечном итоге, скорость расходования ресурса. Известно, что существуют такие режимы работы двигателя (малоизносные режимы), при которых интенсивность изнашивания деталей минимальна. Это позволяет предположить, что эксплуатация двигателя преимущественно в малоизносных режимах работы является одним из основных эффективных методов повышения долговечности, однако его применение сдерживается затрудненностью определения таких режимов известными методами.

В связи с вышесказанным развитие методов, средств и технологий ресурсосбережения автомобильных двигателей в эксплуатации является актуальным. Необходима новая научно - обоснованная концепция и методология решения проблемы ресурсосбережения автомобильных двигателей, заключающаяся в повышении их долговечности в эксплуатации обеспечением малоизносных режимов работы на основе контроля смазочного процесса и оценки износостойкости в подшипниках коленчатого вала.

Известно, что ресурс автомобильных двигателей в наибольшей степени ограничивается ресурсом подвижных сопряжений кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы. В таких сопряжениях изнашивание является наиболее значимым повреждающим процессом, расходующим их ресурс, интенсивность которого во многом зависит от свойств смазочного процесса в эксплуатации и который происходит как во время приработки при обкатке, так и во время штатной эксплуатации двигателя.

Эксплуатация автомобильного двигателя характеризуется широкой вариацией параметров теплового, нагрузочного и скоростного режимов работы. Принято считать, что при эксплуатации двигателя в подшипниках коленчатого вала преобладает режим жидкостной смазки. Однако в реальной эксплуатации происходит его нарушение в таких распространенных случаях, как: пуск двигателя, когда имеет место задержка поступления моторного масла к подшипникам, особенно при низких температурах, повышающих вязкость масла; работа двигателя с большими нагрузками при низкой частоте вращения коленчатого вала; пониженное давление масла в системе смазки, вызванное загрязнением фильтрующего элемента, снижением производительности масляного насоса, а также снижением вязкости масла за счет его перегрева или разжижения топливом; когда зазор в подшипниках превышает допустимую величину вследствие высокой степени изношенности.

Изменение технического состояния вследствие изнашивания приводит к увеличению диаметрального зазора, овальности и конусности, разрушению антифрикционного слоя подшипника, что способствует снижению несущей способности смазочного слоя, уменьшению его минимальной толщины, увеличению вероятности ее разрушения и, соответственно, увеличению продолжительности контактного взаимодействия трущихся поверхностей. Таким образом, нарушение режима жидкостной смазки интенсифицируют процесс изнашивания подшипников и, соответственно, скорость расходования их ресурса.

Известно, что различные режимы работы двигателя вносят разный вклад в эксплуатационный износ. Так, многочисленными исследованиями, в том числе авторами, установлено, что ускоренное изнашивание подшипников характерно при приработке и в условиях низкотемпературного пуска [3]. Однако вопрос о влиянии эксплуатационных режимов на изнашивание подвижных сопряжений решен не в полном объеме.

Для количественной оценки состояния смазочного процесса могут использоваться соответствующие показатели, характеризующие его состояние, которые могут являться критериями отказа

подшипников, т. е. признаками нарушения их состояния, при котором они способны выполнять заданные функции согласно требованиям проектной документации.

Повышение долговечности автомобильных двигателей возможно за счет минимизации скорости ухудшения технического состояния подшипников коленчатого вала на основе обеспечения режимов функционирования, обеспечивающих минимальную интенсивность изнашивания.

В связи с этим, реализация нового подхода к повышению эксплуатационной надежности двигателей возможна на основе развития методов и средств контроля смазочного процесса и оценки износостойкости в подшипниках коленчатого вала. Известные экспериментальные методы оценки износостойкости основаны на традиционных методах взвешивания, спектрального анализа, микрометрирования и т.п., что делает их использование для анализа широкого диапазона теплового, нагрузочного и скоростного режимов чрезвычайно трудоемкими и затратными.

Существующие методы и средства диагностирования подшипников коленчатых валов не позволяют достоверно и оперативно оценить смазочный процесс на всех этапах жизненного цикла в них. В связи с этим, совершенствование методов и средств диагностирования для более достоверного и оперативного определения и прогнозирования технического состояния подшипников коленчатых валов по показателям смазочного процесса является актуальной задачей повышения эффективности эксплуатации автомобильных двигателей.

Сформулирована новая концепция решения проблемы ресурсосбережения автомобильных двигателей, заключающаяся в *повышении долговечности автомобильных двигателей* в эксплуатации на основе:

- 1) *повышения* достоверности и оперативности контроля смазочного процесса и оценки износостойкости в подшипниках коленчатого вала;
- 2) *повышения качества приработки* на этапах стендовой и эксплуатационной обкаток автомобильных двигателей;
- 3) *снижения эксплуатационных износов* подшипников коленчатых валов на этапе подготовки двигателя к транспортному процессу за счет малоизносных режимов запуска и прогрева;
- 4) *снижения эксплуатационных износов* подшипников коленчатых валов на этапе осуществления двигателем транспортного процесса за счет малоизносных режимов нагружения;
- 5) *снижения количества внезапных аварийных отказов* автомобильных двигателей вследствие установления требуемой периодичности и содержания профилактических и ремонтных воздействий подшипников коленчатого вала, а также исключения пропуска обнаружения катастрофического состояния за счет совершенствования их диагностирования.

Предложенный подход к повышению эксплуатационной надежности двигателей на основе критериев износостойкости подшипников коленчатого вала позволяет учесть дополнительные факторы и отойти от обобщенных рекомендаций в сфере эксплуатации автотранспортных средств в сторону принятия более обоснованных организационно-технических решений.

Теоретической основой исследования являлись разработанные математические модели переходного смазочного процесса и износостойкости в гидродинамических подшипниках скольжения машин. Для обобщенной оценки смазочного процесса в системе шатунных и коренных подшипников введен параметр E_g «интегральная степень существования смазочного слоя» [7, 9, 11].

В условиях эксплуатации его значение обуславливается соотношением величин внешней нагрузки на подшипник и предельной несущей способности подшипника, и зависит от большого количества факторов:

$$E_g = E_g(M, n, l, d, \mu, t_m, h_{кр}, \Delta, \dots), \quad (1)$$

где M - крутящий момент на коленчатом валу, Н·м; n - частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; t_m - средняя температура масла в подшипнике, °С; μ - динамическая вязкость масла при температуре t_m , Па·с; $h_{кр}$ - критическая толщина смазочного слоя, мкм; Δ - диаметральный зазор в подшипнике, мкм.

Значение параметра E_g изменяется от максимального $(E_g)_{max} = 1$, характеризующего установившийся режим жидкостной смазки (бесконтактного взаимодействия) во всех без исключения подшипниках коленчатого вала, до минимального значения $(E_g)_{min} = 0$, при котором хотя бы один подшипник работает в режиме граничной смазки или сухого трения (контактного взаимодействия).

Промежуточные значения параметра $0 < E_g < 1$ имеют место в условиях переходного смазочного процесса при последовательном во времени чередовании жидкостной и граничной смазок.

Интегральная степень существования смазочного слоя в подшипнике коленчатого вала зависит как от температуры масла, так и нагрузочно-скоростного режима, и эти зависимости имеют свои особенности на этапах приработки, установившегося (нормального) и ускоренного изнашивания.

При работе автомобильного двигателя переменными являются крутящий момент M и частота вращения n . При одинаковом тепловом состоянии двигателя и свойствах моторного масла значения параметров t_m и μ в модели (1) являются неизменными, и появляется возможность определения значения параметра E_g в зависимости от параметров режима работы (M и n) и технического состояния (Δ и $h_{кр}$), используя модель $E_g = E_g(M, n, \Delta, h_{кр})$.

При одинаковом техническом и тепловом состоянии двигателя и свойствах моторного масла значения параметров Δ , t_m , $h_{кр}$ и μ в модели (1) являются неизменными, и появляется возможность определения значения параметра E_g в зависимости от параметров режима работы M и n , используя модель $E_g = E_g(M, n)$ [6].

При износе подшипников вследствие приработки или эксплуатационного изнашивания переменными являются параметры $h_{кр}$ и Δ . При одинаковых режимах работы, тепловом состоянии двигателя и свойствах моторного масла значения параметров M , n , t_m и μ в модели (1) являются неизменными, что позволяет определять значения параметра E_g в зависимости от параметров технического состояния подшипников, используя зависимость $E_g = E_g(h_{кр}, \Delta)$ [9, 10].

При прогреве двигателя при одинаковом техническом состоянии двигателя и свойствах моторного масла значения параметров $h_{кр}$, Δ и μ в модели (1) являются неизменными, что позволяет определять значения параметра E_g в зависимости от параметров режима работы (M и n) и температуры масла t_m , используя модель $E_g = E_g(M, n, t_m)$ [8].

Для обобщенной оценки износостойкости подшипников коленчатого вала предложен критерий «удельная интегральная износостойкость подшипников W_I », определяемый по формуле:

$$W_I = \frac{1}{1 - E_g} \frac{M_e n_e}{M n} = \frac{100}{(1 - E_g) N_1}, \quad (2)$$

где N_1 – процент использования мощности двигателя, %; M_e , n_e – крутящий момент и частота вращения коленчатого вала на номинальном режиме работы двигателя; M , n – крутящий момент и частота вращения коленчатого вала на текущем режиме работы двигателя.

Критерий W_I безразмерен и принимает значения от 1 до ∞ и зависит от режима взаимодействия трущихся поверхностей (E_g) и нагрузочно-скоростного режима работы двигателя (M и n). Физический смысл параметра заключается в том, что его значение показывает во сколько раз интегральная износостойкость подшипников коленчатого вала на текущем режиме работы двигателя больше интегральной износостойкости на режиме номинальной мощности при постоянном контактом взаимодействии подшипников.

Основываясь на моделях (1, 2), возможно определение значений параметра W_I на различных нагрузочно-скоростных режимах работы двигателя. Режим работы, при котором значение параметра $W_I \rightarrow W_I^{max}$, считается **малоизносным**.

Величину линейного износа трущихся поверхностей за заданную длительность работы двигателя можно косвенно оценить показателем $L_{к\Sigma}$ «суммарная протяженность контактов в подшипниках» [4, 5, 8], определяемого по формуле

$$L_{k\Sigma} = \sum_{i=1}^m \frac{(1 - E_{gi}) \pi d n_i}{60} \Delta T_i. \quad (3)$$

где m – количество интервалов времени установившегося режима работы двигателя; d – средний диаметр шатунной и коренной шеек коленчатого вала, мм;

n_i – частота вращения коленчатого вала на установившемся режиме работы двигателя, мин⁻¹;

ΔT_i – интервал времени установившегося режима работы двигателя, с.

Параметр $L_{k\Sigma}$ удобен для сравнительного анализа износостойкости подшипников коленчатого вала одного и того же двигателя при одинаковом скоростном режиме n на холостом ходу, но при различных условиях, например, начальной температуре двигателя, свойств моторных масел и присадок к ним, наличии предпусковой тепловой подготовки системы смазки

Использование параметра $L_{k\Sigma}$ расширяет возможности проведения анализа изменения технического состояния подшипников коленчатого вала вследствие износа при различных эксплуатационных условиях. При известных экспериментальных значениях параметра E_g возможно расчетным методом оценить величину износа в подшипниках коленчатого вала при различных эксплуатационных условиях и нагрузочно-скоростных режимах.

Представленная работа направлена на увеличение ресурса автомобильных двигателей вследствие снижения пусковых и эксплуатационных износов за счет обеспечения малоизносных режимов работы при эксплуатации двигателя, совершенствования методов и средств диагностирования, рациональной технологии стендовой и эксплуатационной обкаток, выбора оптимальных моторных масел и присадок к ним, выбора оптимальных средства предпусковой тепловой подготовки двигателей на основе разработанного комплекса теоретических, методических, технических и экспериментальных решений контроля смазочного процесса и оценки износостойкости подшипников коленчатого вала.

Обеспечение эксплуатации двигателей автотранспортных средств преимущественно в малоизносных режимах способствует повышению их долговечности и, как следствие, минимизации затрат и повышению эффективности транспортного обслуживания.

Полученные результаты экспериментальных исследований хорошо согласуются с данными других исследователей. Однако предлагаемые методы определения малоизносных режимов пуска и нагружения автомобильного двигателя на основе экспериментальной оценки интегральной износостойкости подшипников коленчатого вала требует существенно меньших трудовых и материальных ресурсов и имеет существенную практическую значимость.

Результаты работы рекомендуется использовать в автотранспортных предприятиях с целью обеспечения малоизносных режимов работы автомобилей и автобусов, например, за счет обучения водителей рациональным способам прогрева и вождения; оптимизации маршрутов движения, режимов движения, выбора систем улучшения пусковых качеств двигателя, моторных масел, режимов запуска и прогрева с учетом природно-климатических условий эксплуатации и технического состояния двигателя; на двигателестроительных и двигателеремонтных заводах в лабораториях испытаний и обкатки, например, при совершенствовании смазочных систем и подшипников коленчатого вала, для управления режимами обкатки новых и отремонтированных двигателей, а также в учебном процессе ВУЗов при подготовке студентов транспортных направлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации: монография / Ф.Н. Авдонькин. М.: Транспорт, 1993. 350 с.
2. Калимуллин Р.Ф. Разработка диагностического обеспечения подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей / Р.Ф. Калимуллин // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 5. С. 101-108.
3. Коваленко С.Ю. Методика оценки приспособленности автомобильных двигателей к режиму пуска / С.Ю. Коваленко, А.В. Казаков // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 10. С. 184-190.

4. Коваленко С.Ю. Функциональная диагностика подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей / С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 5. С. 158-163.
5. Коваленко С.Ю. Методика оценки приспособленности автомобильных двигателей к изменяющимся условиям эксплуатации / С.Ю. Коваленко, И.В. Тюняев, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 4. С. 165-170.
6. Тюняев И.В. Влияние скоростного режима движения автотранспортных средств на износостойкость подшипников коленчатых валов двигателей / И.В. Тюняев, В.А. Сологуб // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 10. С. 156-162.
7. Якунин Н.Н. Диагностирование подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей по параметрам смазочного процесса / Н.Н. Якунин, Р.Ф. Калимуллин, М.Р. Янучков // Автотранспортное предприятие. 2009. № 4. С. 47-50.
8. Якунин Н.Н. Оценка приспособленности автомобильных двигателей к режимам пуска и прогрева по параметрам смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала / Н.Н. Якунин, Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко // Транспорт Урала. 2008. № 2. С. 110-114.
9. Якунин Н.Н. Совершенствование методики оценки качества приработки подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей / Н.Н. Якунин, А.П. Фот, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 9. С. 335-342.
10. Якунин Н.Н. Типовой режим приработки не всегда эффективен / Н.Н. Якунин, Р.Ф. Калимуллин // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2007. № 2. С.57-61.
11. Янучков М.Р. Диагностирование подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей по состоянию смазочного слоя / М.Р. Янучков, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 10. С. 125-132.

Калимуллин Руслан Флюорович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета

Ruslan F. Kalimullin – Ph.D., Associate Professor of the Department of Automobile Transport Orenburg State University

Коваленко Сергей Юрьевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета

Sergey Y. Kovalenko – Ph.D., Senior Teacher of the Department of Automobile Transport Orenburg State University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.008

В.В. Савельев

АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ ПРИВОДА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЕЙ ВАЗ-21126

Представлены результаты анализа надёжности привода газораспределительного механизма (ГРМ) двигателей ВАЗ-21126 в период гарантии. Рассмотрены последствия эксплуатации двигателей ВАЗ-21126 с неисправным приводом ГРМ, а также рассчитана стоимость ремонта двигателя с различным объёмом работ.

Газораспределительный механизм, двигатель, надёжность, гарантия, ремонт, эксплуатационные затраты

V.V. Savelyev

ANALYSIS OF THE ENGINE DRIVE RELIABILITY IN GASREGULATOR MECHANISM VAZ-21126

Analysis of the results of the engine drive reliability in gasregulator mechanism are presented in the research in the quarantee period. Consequences of the VAZ-21126 engine operation with GRM drive disrepair are examined and the engine repair cost of various workvolumе is calculated.

Gasregulator mechanism, engine, reliability, quaration, repair, operation cost

Как свидетельствует ремонтная практика автомобилей LADA PRIORA в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации наиболее серьезные последствия для работоспособности двигателей VAZ-21126 наступают при несвоевременном устранении неисправностей привода газораспределительного механизма (ГРМ).

Согласно собранной статистике на долю ГРМ приходится около 13,3% ремонтов двигателей VAZ-21126 в период гарантии [1]. Распределение количества замен деталей-виновниц привода ГРМ следующее: ролик опорный (номер по каталогу 21126-1006135 [2]) - 65,6%, насос водяной (21126-1307010) - 28,1%, натяжитель ремня ГРМ автоматический (21126-1006238) - 6,3%. Отказы двигателей автомобилей семейства LADA PRIORA в гарантийный период эксплуатации по причине обрыва (расслоения) оригинального ремня ГРМ (21126-1006040) фирмы Gates не зафиксировано.

Основным признаком выхода из строя ролика опорного и водяного насоса является повышенный шум (гул) в районе привода ГРМ. Непосредственно на технических характеристиках двигателя и автомобиля данная неисправность не отражается.

Идеальный вариант в подобной ситуации – автовладелец при обнаружении постороннего шума в двигателе обращается на сервис, где производится замена неисправной детали. Однако в действительности редкий автолюбитель на слух, без стетоскопа, сможет услышать на автомобиле повышенный шум неисправного ролика (насоса), особенно если автомобиль оснащён кондиционером или гидроусилителем руля.

Поэтому чаще всего результатом работы неисправного ролика и водяного насоса являются следующие варианты:

1) Автовладелец не замечает разницы в работе двигателя или игнорирует появление повышенного шума в моторном отсеке и продолжает эксплуатировать автомобиль. Через некоторое время неисправный опорный ролик (водяного насос) разрушается, что приводит к перескакиванию ремня ГРМ и нарушению фаз газораспределения. Результатом данного процесса, как правило, является деформация стержней клапанов (рис. 1). Для устранения данной неисправности требуется демонтировать головку блока цилиндров (ГБЦ) с автомобиля для её последующего ремонта. Если ролик разрушился или заклинил на холостом ходу, потребуются замена от 2 до 8 клапанов (чаще выпускных), если ремень привода ГРМ перескочил на рабочих режимах двигателя, это может привести к замене всех 16 клапанов (8 выпускных, 8 впускных). При наличии «втыка» клапанов на днище поршня осуществляется обязательная замена четырёх поршней в сборе с шатунами.

Загиб клапанов на двигателях VAZ-21126 объясняется следующими конструктивными особенностями - поршень 21126-1004015 отличается от поршня 21124-1004015 (двигатели VAZ-21124 - 16-клапанные, рабочий объём – 1,6 л, мощность – 89 л.с.) наличием выборки (цековки) на днище под тарелку клапана глубиной всего 3,0 мм против 6,6 мм у поршня 21124. Поэтому при перескакивании ремня привода ГРМ на автомобилях PRIORA открытые при такте выпуска (впуска) клапана встречаются с перемещающимся поршнем в верхней мёртвой точке, в результате чего стержни клапанов деформируются.

2) Иногда при перескакивании ремня привода ГРМ после «встречи» клапана и поршня в верхней мёртвой точке происходит обрыв тарелки клапана. Результатом этого, как правило, является деформация камеры сгорания цилиндра (рис. 2), где произошёл обрыв клапана, либо разрушение самого поршня (рис. 3). Деформация камеры сгорания устраняется либо аргоновой сваркой с последующей механической обработкой, либо заменой ГБЦ. Если в цилиндре блока отсутствуют задиры, поршень в сборе с шатуном меняется из номенклатуры запасных частей. Если шатун разрушившего поршня всё же задрал зеркало цилиндров, в период гарантии осуществляется замена двигателя VAZ-21126 в сборе. За периодом гарантии повреждённый цилиндр обычно гильзуется либо растачивается по размер 82,4 мм с установкой цилиндропоршневой группы двигателя VAZ-21124.

3) Если в момент разрушения (заклинивания) ролика (водяного насоса) автомобиль двигался с высокой скоростью, например в загородных условиях, возможно и более серьёзное повреждение двигателя. Разрушившийся поршень, попадая под вращающийся коленвал, легко пробивает стенку блока цилиндров (рис. 4), что уже приводит к снятию двигателя в капитальный ремонт с последующей за-

меной блока цилиндров либо замене двигателя ВАЗ-21126 в сборе.



Рис. 1. Деформированные клапана двигателя ВАЗ-21126 в результате разрушения опорного ролика



Рис. 2. Деформация камеры сгорания головки двигателя ВАЗ-21126 в результате обрыва тарелки клапана

В гарантийный период эксплуатации работы по ремонту автомобиля осуществляются за счёт завода-изготовителя. ОАО «АВТОВАЗ», как производитель, предоставляет на автомобили «Приора» гарантию сроком 36 месяцев или 50 тыс. км пробега (что наступит ранее).

В послегарантийный период затраты владельца на ремонт двигателей ВАЗ-21126, вызванные неисправностями ГРМ весьма существенны и представлены в табл. 1. За основу расчёта сумм ремонта двигателей ВАЗ-21126 взяты стоимость работ (стоимость одного нормо-часа 390 руб.), а также запасных частей и материалов, действующих на одной из дилерских СТО г. Сызрани (код предприятия 44760, ЗАО «Сызранская СТО», г. Сызрань, ул. Мира 1-Б). Например, стоимость только головки блока 21126-1003011 составляет около 10 тыс. руб., блока цилиндров 21126-1002011 – около 12 тыс.руб., двигателя в сборе 21126-1000260 - около 90 тыс. руб.



Рис. 3. Разрушение поршня двигателя ВАЗ-21126 в результате обрыва тарелки клапана



Рис. 4. Пробитая разрушившимся поршнем стенка блока цилиндров двигателя ВАЗ-21126

Таблица 1

Стоимость работ и запасных частей при различных объёмах ремонта двигателя ВАЗ-21126

Перечень ремонтных работ	Стоимость, руб.		
	Работы, руб.	Запчасти и материалы, руб.	Сумма ремонта, руб.
Замена ролика опорного	117	1550	1667

Замена водяного насоса	565,5	805	1370,5
Ремонт ГБЦ (замена 16 клапанов)	2242,2	10055	12297,2
Замена 4 поршней с ремонтом ГБЦ	4348,2	16925	21453,2
Ремонт двигателя	9552,5	43749	53301,5
Замена двигателя в сборе	3568,5	94710	98278,5

Калькуляция на замену 4 поршней и ремонт головки блока цилиндров двигателя ВАЗ-21126 при разрушении опорного ролика представлена в табл. 2.

Таблица 2

Стоимость работ и запасных частей при ремонте двигателя ВАЗ-21126

№ поз.	Наименование работ	Трудоёмкость [3], нормо-час	Стоимость одного нормо-часа, руб.	Стоимость работ, руб.
Работы по ремонту автомобиля				
10031	Поршень – с/у на автомобиле	4,85	390	1891,5
10032	Поршень – с/у на автомобиле каждого последующего	0,45*3	390	526,5
10027	Головка блока – разборка снятой головки блока в сборе	2	390	780
10029	Головка цилиндров в сборе - ремонт	2,95	390	1150,2
Запасные части и расходные материалы				
№ п/п	Наименование запчасти (материала)	Номер по каталогу	Количество	Стоимость, руб.
1	Поршень с шатуном в сборе	21126-1004010	4 шт.	1700*4
2	Клапан выпускной	21120-1007012	8 шт.	180*8
3	Клапан впускной	21120-1007010	8 шт.	200*8
4	Ремень ГРМ + ролики (комплект)	21126-1006100	1 компл.	5300
5	Прокладка ГБЦ	21120-1003020	1 шт.	340
6	Прокладка коллектора	21124-1008089	1 шт.	180
7	Колпачки маслосъёмные (комп.)	21120-007026	1 компл.	210
8	Герметик «Локтайт»	9110600000001	0,025 кг	880
9	Прокладка масляного картера	21080-1009070	1 шт.	70
10	Жидкость охлаждающая	9040300000000	1 л.	105
ИТОГО:				21453,2

Автомобили семейства LADA PRIORA изготавливаются с 2007 года. Однако до настоящего момента, несмотря на ежегодные значительные затраты на гарантийный ремонт двигателей ВАЗ-21126, каких-либо конструктивных изменений в привод ГРМ заводом-изготовителем не произведено. Одним из наиболее дешёвых и менее трудозатратных вариантов решения данного вопроса является установка на штатное место опорного ролика 21120-1006135 с дистанционной шайбой 21010-1006036 стоимостью всего 310 руб. Данный ролик металлический, поэтому при выходе из строя не разрушается, что исключает возможность перескакивания ремня привода ГРМ, а следовательно, и последующего дорогостоящего ремонта двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дергачёв Д.А., Савельев В.В. Профилактика двигателей ВАЗ-21126 – условие производителя или реальная необходимость // Научно-техническое творчество: проблемы и перспективы: сб. статей V Юбилейной Всерос. науч.-техн. конф.-семинара / под общ. ред. канд. техн. наук Осипова А.П. Самара, 2010. С. 88-93.
2. Автомобили LADA PRIORA. Каталог деталей и сборочных единиц / Ю.В. Сабанов, Л.К. Караванова, Л.В. Чиндина, О.Е. Кашина, Г.А. Никитина, Г.А. Гасс, Н.И. Ставничая; Художники: В.К. Скребенков, В.Ф. Ермолин, В.Л. Карамаликов, Т.Г. Карамаликова. Тольятти, 2008.- 288 с.

3. Автомобили LADA PRIORA. Трудоёмкости работ (услуг) по техническому обслуживанию и ремонту / Куликов А.В., Христов П.Н., Климов В.Е., Рева В.В., Боюр В.С., Прудских Д.А., Шмелёва В.А., Зимин В.А. Тольятти, 2008. 155 с.

Савельев Владимир Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт транспортных средств» Сызранского филиала Самарского государственного технического университета

Vladimir V. Savelyev – Ph.D., reader in the chair «Technical exploitation and repair of transport means» Syzran branch Samara state technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113/.115(075.8)

Х.М. Тахтамышев, О.А.-Г. Этлухов

АНАЛИТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ УРОВНЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРЕГАТНОГО МЕТОДА РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТЬЮ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ

Приведены аналитические зависимости, которые позволяют количественно оценить влияние уровня использования агрегатного метода ремонта на показатели надежности отдельных автомобилей и основной показатель работы технической службы автотранспортных предприятий - коэффициент технической готовности парка автомобилей. Представлено условие целесообразности введения агрегатного метода ремонта в условиях автотранспортных предприятий.

Надежность, простой автомобилей, коэффициент технической готовности, восстановление агрегата, отказ

H.M. Tahtamyshev, O.A.-G. Etluhov

THE ANALYTICAL RELATION BETWEEN THE USAGE LEVEL OF AGGREGATE REPAIR METHOD AND TECHNICAL READINESS OF CAR PARK

The article identifies analytical dependences, which can quantify the influence of the level of aggregate repair method on reliability of individual vehicles and the main indicator of the technical service of transportation companies - the coefficient of technical readiness of the car park. The article identifies condition under which utilization of the aggregate repair method is appropriate.

Reliability, automobile downtime, the coefficient of technical readiness, recovery unit, rejection, failure

Целью обеспечения автомобилей запасными элементами является поддержание их работоспособного состояния для выполнения транспортной работы, которое количественно характеризуется показателями надежности.

Согласно ГОСТ по надежности технических систем наиболее комплексными показателями надежности ремонтируемых изделий являются коэффициент готовности и коэффициент технического использования:

$$K_z = \frac{T_o}{T_o + T_B} \quad (1)$$

$$K_u = \frac{t_{\text{сум}}}{t_{\text{сум}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{рем}}}, \quad (2)$$

где T_o – средняя наработка на отказ, дни; T_B – среднее время восстановления автомобиля.

На автомобильном транспорте принят показатель технической готовности одновременно эксплуатируемых автомобилей, описываемый уравнением:

$$\alpha_T = \frac{AD_u}{AD_\Gamma + AD_\Pi}, \quad (3)$$

где: AD_Γ – автомобиле-дни технически исправного состояния группы автомобилей за определенный промежуток времени; AD_Π – автомобиле-дни простоя группы автомобилей по причине технической неисправности.

Величина AD_Π зависит от качества и интенсивности организационно-технических мероприятий, осуществляемых автотранспортными предприятиями, а также от числа отказов элементов автомобилей, которые в зависимости от их вида и характера устраняются различными способами, из которых можно выделить два:

1. «Восстановление без замены». Соединение ремонтируется на месте его установки на автомобиле методом регулировки, чистки, сварки, подтяжки, замены детали (отказы первого рода).
2. «Замена с восстановлением». Ремонт соединения осуществляется после снятия с автомобиля (отказы второго рода).

Для выбора способа ремонта в каждом конкретном случае необходимо руководствоваться соображениями экономической целесообразности, в частности минимумом затрат времени и средств на устранение отказов.

Время простоя автомобиля при ремонте в общем случае складывается из суммы составляющих:

$$T_B = T_{om} + T_D + T_P + T_{MD} + T_{PEГ}, \quad (4)$$

где: T_{om} – время на отыскание места отказа; T_D – время на диагностику отказа; T_P – время на восстановление отказавшего узла (агрегата); T_{MD} – время на снятие и установку (замену) узла (агрегата); $T_{PEГ}$ – время на регулировку после замены.

Для случая ремонта агрегата на месте $T_{MD} = 0$, но для одного и того же отказа может оказаться, что время восстановления агрегата на автомобиле T_{PA} больше времени ремонта после снятия. Тогда главным условием выбора места ремонта будет:

$$T_{MD} + T_P > T_{PA}. \quad (5)$$

При равенстве обеих частей выражения (5) предпочтение отдается ремонту на специализированных постах, как наиболее качественному.

Во время выполнения ремонта неисправного элемента автомобиль простаивает длительное время на посту в ожидании исправного элемента, поэтому зачастую на практике применяется агрегатный метод ремонта. Сущность этого метода заключается в том, что ремонт машины сводится к замене изношенных агрегатов заранее отремонтированными.

Исходя из экономических соображений запишем условие целесообразности использования агрегатного метода ремонта:

$$T_o \cdot C_2 < T_B C_1, \quad (6)$$

где: C_2 – стоимость хранения исправного агрегата в единицу времени; C_1 – стоимость простоя автомобиля в единицу времени; T_o – время между очередными требованиями на замену агрегатов одномарочных автомобилей АТП.

Учитывая высокие издержки простоя автомобилей при отказах узлов и агрегатов, предполагающих их снятие и установку, а также большую концентрацию одномарочных автомобилей в АТП ($T_o \rightarrow 0$), экономически целесообразно при соблюдении условия (6) применять агрегатный метод ремонта почти для всех узлов и агрегатов автомобилей.

Данный вид ремонта применяется в двух вариантах: параллельно-агрегатный и последовательно-агрегатный.

Параллельно-агрегатный ремонт заключается в замене изношенных агрегатов (узлов) в рабочее время, причем машина останавливается для этой цели на относительно небольшой (по сравнению с обычными методами ремонта) срок.

Последовательно-агрегатный ремонт сводится к замене агрегатов (узлов) без остановки машины (автомобиля) в рабочее время, т.е. ремонт осуществляется в межсменное время.

Для условий эксплуатации автомобилей наиболее характерен параллельно-агрегатный метод ремонта, который по сравнению с обычными методами ремонта, обладает следующими преимуществами:

1. Ускорение выполнения ремонтных работ.
2. Повышение качества ремонтов, поскольку они могут выполняться на ремонтных участках с применением передовой технологии.
3. Улучшение экономических показателей работы участка, т.к. сокращаются простои ремонтного персонала из-за случайности потока отказов.
4. Повышение производительности автомобильного парка ввиду увеличения коэффициента технической готовности.

Итак, при агрегатном методе ремонта время на устранение одного отказа можно определить по выражению (4) при замене T_p средним временем вынужденного простоя T_{II} из-за отсутствия запасного элемента:

$$T_B = T_{cm} + T_{II} , \quad (7)$$

где: T_{cm} – среднее время вынужденного (обязательного) простоя автомобиля при замене элементов.

С учетом выше приведенных рассуждений относительно способов ремонта расчленим суммарное время простоев автомобилей по технической неисправности за период D дней и, подставив в выражение (3), получим:

$$\alpha_T = \frac{AD_z}{AD_{\Gamma} + AD_{TO} + AD_P + AD_{CM} + AD_{II_1} + AD_{II_2}} , \quad (8)$$

где: AD_{TO} – автомобиле-дни простоя при производстве профилактических работ; AD_P – автомобиле-дни простоя при ремонтах, не требующих замен узлов и агрегатов; AD_{CM} – автомобиле-дни простоя, связанные с заменами узлов и агрегатов; AD_{II_2} – автомобиле-дни простоя из-за отсутствия исправных узлов и агрегатов; AD_{II_1} – автомобиле-дни простоя в ожидании ремонта, поста, рабочего, детали.

Произведем простые преобразования выражения (8)

$$\frac{1}{\alpha_{\dot{\lambda}}} = \frac{AD_{\bar{A}} + AD_P + AD_{\dot{I}_1}}{AD_{\bar{a}}} + \frac{AD_{CM} + AD_{\dot{I}_2}}{AD_{\bar{a}}} = \frac{1}{\alpha_{\dot{\lambda}}} + \alpha_{\dot{\lambda}} , \quad (9)$$

где: $\alpha_{\partial A}$ – установленное значение α_T без учета отказов, требующих снятия неисправных узлов и агрегатов; α_A – коэффициент, устанавливающий долю простоя автомобилей при замене узлов и агрегатов.

Из уравнения (9) имеем

$$\alpha_T = \frac{\alpha_{TB}}{1 + \alpha_A \alpha_{TB}} \quad (10)$$

Таким образом, влияние размера обменного фонда узлов и агрегатов на коэффициент технической готовности α_T определяется коэффициентом α_A . Если разделить числитель и знаменатель коэффициента α_A на количество всех отказов автомобилей за период времени D , то получим:

$$\frac{(AD_{CM} + AD_{n_2}) : \sum_{i=1}^A n_i}{AD_{\Gamma} : \sum_{i=1}^A n_i} = \frac{T_{CM} + T_{\Pi}}{T_O} = \alpha_A \quad (11)$$

где T_{CM} – среднее время простоя автомобиля при смене элемента; T_{Π} – среднее время вынужденного простоя автомобиля из-за отсутствия запасного элемента; T_O – наработка на отказ автомобиля.

Необходимо отметить, что в данном случае наработка на отказ несколько отличается от таковой в теории надежности, т.к. включает автомобиле-дни готовности в выходные дни, однако наиболее точно связывает величину α_A с традиционным коэффициентом α_T .

В свою очередь, влияние обменного фонда узлов и агрегатов на α_A согласно выражению (11) осуществляется непосредственно через T_{Π} .

Таким образом, критериями достаточности обменного фонда узлов и агрегатов могут быть приняты среднее время вынужденного простоя автомобилей из-за отсутствия запасных элементов и коэффициент обеспеченности α_A . Как указано выше сумма величин T_{CM} и T_{Π} представляет собой среднее время восстановления автомобиля при отказе любого узла или агрегата T_B . Распределение этого времени по отдельным узлам и агрегатам может быть записано в виде

$$T_B = \sum_{i=1}^K t_{Bi} q_i = \sum_{i=1}^K (t_{CM_i} + t_{n_i}) q_i = \sum_{i=1}^K t_{CM_i} q_i + \sum_{i=1}^K t_{n_i} q_i \quad (12)$$

где: q_i – вероятность отказа i -го элемента; t_{CM_i} – среднее время замены i -го элемента; t_{n_i} – среднее время простоя из-за отсутствия необходимого i -го элемента. Т.е. допустимые простои из-за отсутствия узлов и агрегатов будут пропорциональны их отказности.

Влияние критериев достаточности запасных элементов на коэффициент готовности K_{Γ} идентично влиянию их на коэффициент технической готовности α_T при условии исключения из расчета автомобиле-дней простоя при проведении профилактических работ.

Произведя некоторые преобразования выражения (1) с учетом (4) и (7), получим:

$$K_{\Gamma} = \frac{K_{B\Gamma}}{1 + K_{A\Gamma} K_{B\Gamma}} \quad (13)$$

где: $K_{A\Gamma}$ – величина идентичная α_A без учета времени простоя T_{TO} при профилактике.

Для коэффициента технического использования имеем:

$$K_u = \frac{K_{B_{1u}}^u}{1 + K_{B_{1u}} K_{A_{1u}}} \quad (14)$$

Здесь вместо величины AD_{Γ} , использованной в предыдущих выражениях (10) и (13) коэффициенты K_B^u и K_A^u включают в себя AD_p – автомобиле-дни работы данной модели автомобилей АТП за D дней.

Таким образом, представляется возможным учесть влияние уровня использования агрегатного метода ремонта на основной показатель технической службы автотранспортных предприятий – коэффициент технической готовности парка автомобилей и показатели надежности автомобилей – коэффициент готовности и коэффициент технического использования автомобилей. При наличии информации о затратах времени на устранение отказов первого и второго рода можно с помощью приведенных выражений количественно оценить и прогнозировать указанные показатели для конкретных автотранспортных предприятий.

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113

В.П. Волков, Е.А. Комов, А.П. Комов

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассмотрены современные проблемы технической эксплуатации автомобилей и приведены пути их решения

Автомобиль, техническая эксплуатация автомобилей, коэффициент готовности, телематика, надежность.

V.P. Volkov, E.A. Komov, A.P. Komov

THE ORGANIZATIONAL CULTURE OF CARS TECHNICAL OPERATION

In article modern problems of technical operation of cars are considered and ways of their decision are given.

Automobile, Automobiles technical operation, availability factor, telematics, reliability

В период СССР в фундаментальных работах советских основоположников технической эксплуатации автомобилей (ТЕА) проф. Авдонькина Ф.Н. [1], Говорущенко Н.Я. [2], Крамаренко Г.В. [3], Кузнецова Е.С. [4] и др. учёных [5,6,7] определено, что ТЕА является важнейшей подсистемой автомобильного транспорта (АТ). Комплексный труд российских учёных [8], подвел итог всего, достаточно значимого для «ТЕА-науки» и «ТЕА-практики», советского периода развития АТ и выделил основную современную проблему ТЭА – утеря возможности определять техническую политику отрасли.

Анализ решений проблемы и постановка цели исследования. Проблеме «реанимации» ТЭА посвящено достаточно много работ учёных Украины и, прежде всего, это исследования учёных Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ), проведенные под руководством проф. Н.Я.Говорущенко [9-12]. Основной особенностью всех этих работ является, то, что они исходят из признания нового для традиционной ТЭА фактора воздействия на работоспособность автомобиля и, соответственно, нового термина «культура эксплуатации».

Культура эксплуатации – это дополнительная для АТ четвёртая составляющая спектра условий эксплуатации (условия дорожные; условия климатические; условия транспортные; условия культуры эксплуатации), которая в 1984г. впервые была предложена учёными ХНАДУ [2]. Культура эксплуатации – это те воздействия среды, которые даже специалисту трудно представить в виде физических

образов, но которые обязательно присутствуют и которые (например, хозрасчётные рыночные отношения) существенно влияют на развитие большинства сложных систем и, прежде всего, на развитие ТЭА и отрасли в целом.

Оценкой уровня культуры эксплуатации на АТ принято время автомобиля в наряде T_H , что, как показала история, явилось действительно достаточно точным параметром, который способен охарактеризовать те коренные и разрушительные для АТ изменения, что произошли за последние двадцать лет. Информация российских учёных в области логистики АТ свидетельствует, что именно параметр T_H резко выделяет на АТ исторические периоды существования социализма и капитализма. Это, соответственно, величины $T_{Hсоц.} = 14,79 \dots 4,93$ ч, $T_{Hкан.} = 5,91 \dots 1,97$ ч [13].

Однако появление рыночных отношений не является в современной ТЭА единственным фактором и причиной изменения культуры эксплуатации АТ и, соответственно, параметра $T_{Hкан.}$. Существенными и не менее значимыми, на наш взгляд, являются изменения, которые на рубеже XX ... XXI в.в. обусловлены на АТ:

во-первых, революцией терциарной, которая в развитых странах превратила сектор услуг в ведущую составную часть экономики;

во-вторых, революцией информационной, из-за которой информация превратилась в важнейший вид ресурсов, используемый человеком, а современное общество стали называть информационным.

Итогом терциарной революции на АТ явилось развитие нового направления подготовки специалистов в сфере услуг.

Основным итогом современного этапа информационной революции для АТ мира явилось формирование в отрасли интеллектуальных транспортных систем (*ITS – Intelligent Transport Systems*). Сегодня *ITS* следует признать определяющим фактором в развитии ТЕА, который требуют не только уточнения уже существующих представлений об эксплуатации автомобилей, но и, по мнению украинских исследователей [14], даже смены её парадигмы.

Цель исследования: раскрыть современные составляющие культуры эксплуатации АТ и сформировать основные направления развития ТЭА в условиях *ITS*.

Методика исследования. Информационная революция, олицетворением которой, например на АТ, является создание *ITS* – это, прежде всего, «информационный взрыв», который в целом характеризует культуру современного общества, так как коснулся буквально каждого человека на Земле. Для исследователей этот, достаточно бурный, процесс породил общий для всех вопрос: «Способен ли современный человек овладеть огромным объёмом информации для осуществления верных научных выводов?», что в целом относится к проблеме субъективизации науки, где наиболее эффективным методом решения различных научных проблем является, как показал анализ, тезаурусный подход.

Тезаурусный подход – это (в широком смысле) морфологический метод (метод Ф. Цвикки) или метод языка систем. Это один из подходов к исследованию сложных систем, где познание таких систем начинается как бы «снизу», т.е. не с определения целей и структуризации систем (подход «сверху»), а с перечисления их элементов и установления связей между ними [15].

Тезаурус является начальной точкой при постановке и решении научных проблем, а в целом тем, с помощью чего исследователи фиксируют те или иные феномены [16]. Установлено, что изучение тезауруса позволяет человеку лучше понять существо и динамику именно переходных эпох, особенно важных для человечества, так как они являются сгустком социокультурных процессов, где:

во-первых, перемешиваются различные, более-менее, стойкие пласты тезауруса;

во-вторых, возникает «эффект мигания», который означает, что смыслы слов, которые отражают, создают и организуют жизнь человека (отрасли), не исчезают, а лишь удаляются от актуальной ситуации в «исторические запасники», откуда в определённых случаях снова появляются, становятся легитимными, а иногда и единственно верными.

В современном обществе такая модель познания сложных систем относится к методу изобретательства, согласно которому любые стихийные идеи для решения тех или иных задач, являются в целом обязательным результатом скрытых операций мышления человека, которые предсказаны заранее готовой структурой его знаний. Именно поэтому большинство идей человека являются шаблонными.

Для того чтобы иметь абсолютно новую идею решения (решить задачу на новом уровне), необходимо наличие осмысленных формулировок цели, базирующихся на общих понятиях, которые являются узлами тезауруса. В целом, это вещество, поле, информация. Активация именно этих, общих для любого исследователя понятий, позволяет перейти к понятиям более конкретным и сформулировать новое видение цели той или иной системы.

Результаты исследования. Традиционные центры активации, т.е. направления усовершенствования ТЭА – это факторы и подфакторы дерева систем проф. Кузнецова Е.С. [17], т.е. сильные ассоциативные связи типа:

- «С⁰» - «С¹₀₂» - «С²₀₂₅» («ТЭА» - «система и организация ТО и Р» - «компьютеризация и индивидуализация процессов учёта и отчётности»);

- ... ;
- «С⁰» - «С¹₀₄» - «С²₀₄₁» («ТЭА» - «персонал» - «квалификация»);

- ... ;
- «С⁰» - «С¹₀₇» - «С²₀₇₁» («ТЭА» - «условия эксплуатации» - «условия природно-климатические»);

- другое.

Новым образованием для АТ является ассоциативная связь «ТЭА» – «*ITS*», которая, для её качественного понимания требует модели осмысления, где словами активаторами, согласно методу изобретательства, являются, как показал анализ, «история» и «специалист», которые позволяют увидеть главное:

- коренное изменение подготовки ведущих специалистов отрасли;

- закономерность *ITS* в развитии АТ;

- культуру эксплуатацию как предмет исследования теории организации.

Установлено, что согласно теории организации, поведение каждого работника, т.е. социальная направленность личности обязана соответствовать «запросам» того времени, в котором находится человек. Это функция Курта-Левина, которая указывает на две важные «составляющие» (параметры *L* и *C*) поведения работника [18]:

$$Ч = f(L, C) \quad (1)$$

где *L* – характеристики личности; *C* – условия внешней среды (культура социальная, которая существует в обществе).

Водитель – ведущий специалист отрасли, который в XXI веке призван стать обычным пассажиром. На это указывает, во-первых, процесс развития автомобиля в структуре *ITS* [19], а, во-вторых, соответствующая этому процессу, тенденция «технической» подготовки водителей в автошколах. Например, если в 70-х годах XX века объём часов дисциплины «Устройство и ТО автомобиля» составлял для будущего водителя 304 часа, то сегодня всего лишь 10 часов. Это определено, например, постановлением КМУ Украины №229 от 2.03.2010 г., которое в целом соответствует международным требованиям.

Однако, например, инженер в XXI веке обязан расширить свои знания. Этот специалист АТ должен изучить и знать *ITS*, объяснением чему является, во-первых, общий закон поступательного (согласно спирали) развития общества, и, во-вторых, термин «навигация», который является исходной точкой этой спирали в историческом перечне дисциплин мирового инженерного образования [20]. Сегодня этот термин снова «возродился», но на качественно ином уровне в виде основополагающего структурного элемента *ITS*.

В соответствие с чем, слова «история» и «специалист» обращают внимание исследователей АТ на совокупность знаний специалистов отрасли, а в целом, согласно основополагающим положениям теории организации [21], на тезаурус организационной системы АТ, который определяет степень организованности структурных элементов системы, их важнейшие свойства, состояние и способность реагировать на внешние воздействия.

Тезаурус в теории организации – это полезная внутренняя информация о себе и среде, определяющая способность системы распознать ситуацию и управлять собой. Тезаурус не имеет простого и, соответственно, доступного метода измерения. В целом он измеряется в единицах информации. Однако не всякий бит становится его элементом, так как тезаурус – это определённым образом организованная, структурно отображаемая информация [21]. Тезаурус обеспечивает формирование целенаправленной организации, что (организация) является 3-м обязательным свойством любой системы, которое определяет её энтропию [22]. Поэтому, как отмечает проф. Баранников А.Ф. [21], можно допустить, что тезаурус определяет закон изменения энтропии той или иной системы.

Наличие закона является достаточно важным для описания и понимания конкретного состояния той или иной организации, например уровня развития ТЭА. В соответствие с чем, нами сделан вывод о целесообразности понимания культуры эксплуатации АТ как состояния тезауруса АТ, что

предложено в теории организации. При этом мы предлагаем конкретизировать определение понятия «культура эксплуатации» и представить его как синоним термина «организационная культура», который является основополагающим понятием современной теории организации.

Организационная культура – это предмет исследования теории организации. Здесь она представляет общепринятую в той или иной организации (например, отрасли АТ) систему представлений и подходов к постановке дела, к формам отношений и к достижению результатов деятельности, что отличает данную организацию от других [21]. (Например, АТ периода СССР от АТ Украины в XXI веке или АТ современной Украины от АТ других стран).

Существуют культуры сильные и слабые. Культуры сильные характеризуются наличием в организациях главных (стержневых) ценностей, которые интенсивно поддерживаются, чётко определены и широко распространяются, что в целом является более эффективным, чем любой формальный контроль. Однако для этого необходимо, чтобы культура, стратегия, окружение (среда внешняя) и технологии (среда внутренняя) были приведены в соответствие, т.е. культура организации должна быть приемлемой для определённого периода времени и условий [21].

Культуры слабые – это организации молодые, где присутствует процесс ротации понятий (мнений) [21], что, прежде всего, характерно для современного АТ и других отраслей народного хозяйства Украины. Именно «процесс мнений» вызывает смену организационной культуры организаций и сегодня он обусловлен объективными причинами – коренными изменениями в Украине государственного регулирования, стремительными экономическими переменами, а также внедрением абсолютно новых технологий во многих отраслях народного хозяйства и, прежде всего, на АТ.

Для ТЭА это системы сквозной поддержки изделий на протяжении их жизненного цикла (ЖЦ) [23,24] или *CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support)* – технологии, т.е. технологии непрерывной информационной поддержки поставок и ЖЦ продукта (ИПИ–технологии), которые основаны на программно-целевом методе управления процессами создания и использования систем.

На основе этого метода специалисты разрабатывают для каждой сложной системы свои программы обеспечения надёжности (ПОН) [25], которые известны как, например, «Системы уведомления об отказах, анализа и управления корректирующими мероприятиями». В авиации это «Системы сбора и анализа эксплуатационных данных» [26], которые представляют прогрессивную методологию *FRACAS (Failure Reporting Analysis and Corrective Action System)*. ПОН/*FRACAS* разрабатываются на ранних стадиях проектирования сложных систем и реализуются на всех этапах их ЖЦ. В целом, это новая методология управления процессами контроля качества и обеспечения высокого уровня надёжности серийных изделий предприятий тяжёлой промышленности, машиностроения, военно-промышленного комплекса, транспорта, т.е. ПОН/*FRACAS* – это новая организационная культура эксплуатации для АТ, полномасштабная и качественная реализация которой, возможна лишь на базе создания *ITS*.

Следует подчеркнуть, что большинство специалистов АТ связывают методологию ПОН/*FRACAS*, т.е. новую организационную культуру (культуру эксплуатации) ТЭА лишь с развитием на АТ фирменного сервиса. Однако, как показали результаты исследований, проведенных в ХНАДУ [25], сегодня ТЭА уже имеет абсолютно все возможности для массового перехода АТ к новой организационной культуре эксплуатации. Это, например, теоретическая база ХНАДУ [9,10,11,12,28], которая позволяет в автоматическом режиме определять условия эксплуатации и, соответственно, корректировать основополагающие нормативы ТЭА. Это также дополнительные технические средства автомобиля (трекеры). Однако для решения большинства задач ТЭА трекер на автомобиле может быть эффективно заменён сотовым телефоном либо планшетом водителя. При этом данные гаджеты оказываются для водителя экономически более оправданными, так как одновременно могут выполнять роль навигатора, видео регистратора, монитора диагностического сканера и, например, кассового аппарата для автомобилей такси. Существует также возможность не только регистрации, но и «стирания ошибок» в бортовой системе современных автомобилей, имеющих *K -*, *L -*, либо *CAN* – линию диагностики, при широком спектре имеющихся диагностических разъёмов и разнообразии передаваемых через них протоколов информации.

Однако основное для ТЭА, на наш взгляд, состоит в возможности передачи в режиме «*on line*» абсолютно всей приведенной выше информации о каждом автомобиле (например, 32 диагностических параметров) в любую географическую точку Земли, что фактически позволяет говорить о рождении ТЭА на основе:

во-первых, организации виртуальных технических отделов по управлению работоспособностью автомобилей;

во-вторых, систем технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автомобилей по состоянию.

Выводы. Основным итогом, приведенных выше исследований, выполненных в ХНАДУ, состоит в следующем:

- обоснована необходимость наличия единого определения тех кардинальных перемен, которые постоянно происходят на современном АТ;
- применён тезаурусный подход к пониманию сложных явлений и процессов АТ и установлено, что тезаурус способен определить закон изменения энтропии систем, т.е. закон уровня её организованности;
- предложен термин «организационная культура» для формулировки происходящих на АТ изменений;
- раскрыта методология ПОН/*FRACAS*, как новая организационная культура эксплуатации АТ;
- приведен краткий обзор экспериментальных разработок ХНАДУ, направленных на реализацию новой организационной культуры эксплуатации в условиях построения *ITS*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. 288 с.
2. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей. Х.: Вища школа, 1984. 312 с.
3. Эксплуатация автомобильного транспорта: учеб. для вузов / Г.В.Крамаренко, Л.Л.Афанасьев. М. Машгиз, 1949. 376 с.
4. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. М.: Транспорт, 1990. 272 с.
5. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / под ред. Г.В.Крамаренко. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1983. 488 с.
6. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С.Кузнецова, В.П.Воронов, А.П.Болдин и др. Н.: Транспорт, 1991 413 с.
7. Кузнецов Е.С., Курников И.П. Производственная база автомобильного транспорта: Состояние и перспективы. М.: Транспорт, 1988. 231 с.
8. Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Т. 3. М: РООИП «За социальную защиту и справедливое налогообложение», 2000. 456 с.
9. Говорущенко Н.Я., Туренко А. Н. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта): в 2 ч. Ч. 1. Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. 255 с.
10. Говорущенко Н.Я., Варфоломеев В.Н. Экономическая кибернетика транспорта. Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. 218 с.
11. Говорущенко Н.Я., Волков В.П., Шаша И.К. Обеспечение безопасности движен на автомобильном транспорте. Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2007. 361 с.
12. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчётные методы исследований): монография / Н.Я.Говорущенко. Харьков: ХНАДУ, 2011. 292 с.
13. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели / В.С.Лукинский, В.И.Бережной, Е.В.Бережная и др. М.: Финансы и статистика, 2000. 280 с.
14. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б. Ретроспективный анализ, состояние и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей // Вісник Севастопольського національного технічного університету. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування. Севастополь: СевНТУ, 2012. №135. С. 164-168.
15. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: учеб. пособие / под ред. В.Н.Волковой и А.А.Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2006. 848 с.
16. Баскаков А.Я., Туленков Н.В. Методология научного исследования: учеб. пособие. К.: МАУП, 2002. 216 с.:
17. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: учебное пособие / МАДИ (ТУ). М., 2003. 247 с.
18. Ньюстром Дж.В., Дэвис К. Организационное поведение / пер. с англ. под ред. Ю.Н. Каптуревского. СПб: Питер, 2000. 448 с.
19. Гусаров А.П. Тенденции регламентации требований к бортовым интеллектуальным транспортным системам в комитете по внутреннему транспорту ЕЭК ООН // Журнал автомобильных инженеров. 2011. №3(68). С.4-8.

20. Ременцов А.Н. Автомобили и автомобильное хозяйство: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 192 с.
21. Баранников А.Ф. Теория организации: учеб. для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 700 с.
22. Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние., 1985. 199 с.
23. Постиндустриальная хозяйственная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.europestory.ru/foras-79-1.html>.
24. Техническое обслуживание машин, оборудования и приборов зарубежными фирмами: сб. статей / под ред. Н.Н. Смелякова. 2-е изд., испр. и доп. В/О Внешторгреклама, 1978. 408 с.
25. Александровская Л.Н. Афанасьев А.П., Лисов А.А. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем: учебник. М.: Логос, 2001. 20 с.
26. В ЗАО «Гражданские самолёты Сухого» начата эксплуатация системы «Оповещение об отказах, анализе и корректирующих действиях» (FRACAS) самолёта SUKHOI SUPERJET 100. Компания “Pba Consul”. www.aviaport.ru/2011/06/14/217102.html
27. Вовк Л.П., Македонская Л.А., Волков В.П., Комов Е.А. Организация технической эксплуатации автобусов на основе интеллектуальных транспортных систем // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. Науково-виробничий збірник. Горлівка: АДДонНТУ. 2012. №1(14). С. 5-10.
28. Положение о профилактическом обслуживании и ремонте транспортных машин (Методические рекомендации). Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. 39 с.

Волков Владимир Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической эксплуатации и сервиса автомобилей Харьковского национального автомобильно-дорожного университета

Vladimir P. Volkov – Dr. Sc., Professor, Head of Chair Automobiles technical operation and service, Kharkiv National Automobile and Highway University

Комов Евгений Александрович – ассистент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей Харьковского национального автомобильно-дорожного университета

Evgenii A. Komov – Graduate assistant of chair Automobiles technical operation and service, Kharkiv National Automobile and Highway University

Комов Андрей Петрович – аспирант кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей Харьковского национального автомобильно-дорожного университета

Andrey P. Komov – Postgraduate assistant of chair Automobiles technical operation and service, Kharkiv National Automobile and Highway University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

Секция 2

**НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

УДК 629.113.004.67

А.В. Марусин, А.М. Сычѳв, И.К. Данилов**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ В ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЕ
ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЯ**

По математической модели в форме нелинейного дифференциального уравнения исследуется влияние коэффициентов сжимаемости и динамической вязкости дизельного топлива на изменения давления в надплунжерной области плунжерной пары топливного насоса высокого давления с замкнутым выходом от угла поворота распределительного вала.

Плунжерная пара; коэффициент сжимаемости; коэффициент динамической вязкости; топливный насос высокого давления; дизель; моделирование процессов

A.V. Marusin, A.M. Sychev, I.K. Danilov**MATHEMATICAL MODEL OF PROCESSES IN RAM-TYPE PAIR OF THE FUEL PUMP
OF THE HIGH PRESSURE OF THE DIESEL ENGINE**

On mathematical model in the form of the nonlinear differential equation agency of compressibility factors and a diesel fuel dynamic viscosity on pressure modifications in field over a plunger of a plunger pair of a fuel pump of a high pressure with the closed exit from a cam shaft angle of rotation is examined.

Plunger pair; a compressibility factor; dynamic viscosity coefficient; a high pressure fuel pump; the diesel engine; model operation of processes

Анализ материалов известной многочисленной отечественной и зарубежной научно-технической литературы по математическому моделированию процессов в системе топливоподачи дизелей с электронным управлением [1-5] показал, что в дифференциальных уравнениях, описывающих процессы каждого из элементов математической модели системы топливоподачи, используется большое количество параметров, существенно влияющих на качественную динамику изменения мгновенных значений давлений дизельного топлива.

В материалах статей не рассматриваются вопросы оценки степени количественного влияния параметров математических моделей, показатели и функции чувствительности изменения параметров математических моделей на результаты моделирования, отсутствуют четкие рекомендации по оценкам степени чувствительности и значимости каждого из параметров математических моделей элементов топливной аппаратуры в отдельности.

В математических моделях процессов плунжерного топливного насоса высокого давления (ТНВД), также имеется много параметров, существенно и взаимно влияющих на результаты моделирования.

Наши предварительные исследования математических моделей процессов в плунжерной паре ТНВД показали очень высокое влияние на результаты моделирования давления надплунжерного пространства следующих параметров модели ТНВД: коэффициента сжимаемости дизельного топлива; коэффициента кинематической вязкости дизельного топлива; величины зазора в плунжерной паре; скорости движения плунжера; изменения объема над плунжером и пр.

В этой связи были сформулированы следующие задачи теоретического исследования: разработать математическую модель процессов в плунжерной паре ТНВД дизеля; количественно оценить влияние значений следующих параметров математической модели плунжерной пары ТНВД: коэффи-

циента сжимаемости, коэффициента кинематической вязкости дизельного топлива, величины зазора в плунжерной паре, изменения скорости движения плунжера, изменения объёма над плунжером на результаты моделирования процессов в ТНВД.

Для исключения влияния процессов протекающих в других элементах системы топливоподачи дизеля целесообразно рассматривать процессы плунжерной пары ТНВД в отдельности. Поэтому на первом этапе исследования рассматривается только один из элементов математической модели системы топливоподачи дизеля: собственно математическая модель процессов в одной плунжерной паре ТНВД дизеля, выход которой закрыт. При закрытом выходе ТНВД развиваемая производительность плунжерной пары – подача дизельного топлива переходит в утечки по щели между втулкой и плунжером.

При моделировании процессов использовались следующие допущения в отдельно взятой плунжерной паре с закрытым выходом ТНВД: вся подача плунжерной пары соответствовала утечкам по зазору между плунжером и втулкой; значения коэффициента динамической вязкости и сжимаемости изменяются с ростом давления топлива над плунжером; не учитывается перепад давлений в нагнетательном клапане насоса, вследствие малости его по сравнению с давлениями, создающимися в системе топливоподачи при впрыске.

Учитывая коэффициент сжимаемости топлива дифференциальное уравнение, описывающее процесс изменения давления над плунжером насоса высокого давления, имеет вид [1]

$$\alpha_m(\mathbf{p}) \cdot V_p(\varphi) \cdot d\mathbf{p}/dt = \mathbf{f}_p \cdot \mathbf{c}_p + Q_{pH}, \quad (1)$$

где $\alpha_m(\mathbf{p})$ – коэффициент сжимаемости топлива; $V_p(\varphi)$ – объём полости над плунжером; \mathbf{f}_p и \mathbf{c}_p – площадь сечения и мгновенная скорость плунжера насоса; \mathbf{p} – давление топлива над плунжером; t – время; Q_{pH} – объёмный расход утечек через щель плунжер–втулка ТНВД φ – частота вращения распределительного вала дизеля.

В исследовании использовалась табличная экспериментальная зависимость истинного и среднего значений коэффициентов сжимаемости топлива от начального давления \mathbf{p} [1], которая в форме графиков приведена на рис. 1.

По табличным данным [1,2] построены следующие регрессионные математические зависимости:

значений среднего коэффициента сжимаемости дизельного топлива ($\alpha_{ср}$) от начального давления (\mathbf{p}_p) в форме многочлена четвёртого порядка:

$$\alpha_{ср} = \mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{p}^4 + \mathbf{a}_2 \cdot \mathbf{p}^3 + \mathbf{a}_3 \cdot \mathbf{p}^2 + \mathbf{a}_4 \cdot \mathbf{p} + \mathbf{a}_5, \quad (2)$$

где $\mathbf{a}_1 = 5.1569 \cdot 10^{-6}$; $\mathbf{a}_2 = -8.3799 \cdot 10^{-4}$; $\mathbf{a}_3 = 0.0531$; $\mathbf{a}_4 = -1.9148$; $\mathbf{a}_5 = 100.06$;

значений истинного коэффициента сжимаемости дизельного топлива ($\alpha_{ист}$) от начального давления над плунжером (\mathbf{p}_p) в форме многочлена пятого порядка:

$$\alpha_{ист} = \mathbf{a}_1 \cdot \mathbf{p}^5 + \mathbf{a}_2 \cdot \mathbf{p}^4 + \mathbf{a}_3 \cdot \mathbf{p}^3 + \mathbf{a}_4 \cdot \mathbf{p}^2 + \mathbf{a}_5 \cdot \mathbf{p} + \mathbf{a}_6, \quad (3)$$

где $\mathbf{a}_1 = -7.5712 \cdot 10^{-8}$; $\mathbf{a}_2 = 1.4734 \cdot 10^{-5}$; $\mathbf{a}_3 = -0.0014$; $\mathbf{a}_4 = -2.9671$; $\mathbf{a}_5 = 0.0825$; $\mathbf{a}_6 = 99.997$.

При расчетах процесса подачи в дифференциальное уравнение математической модели процессов обычно вводится истинный коэффициент сжимаемости дизельного топлива.

Исследования по моделированию процессов в плунжерной паре с закрытым выходом ТНВД проводились, для конструкции дизельного плунжерного топливного насоса высокого давления с электромагнитным клапаном производства ООО «ППП Дизельавтоматика».

При моделировании процессов в ТНВД использовалась экспериментальная табличная зависимость значений перемещения плунжера (\mathbf{h}_p) ТНВД от угла поворота (φ) распределительного вала дизеля 16ЧН26/26, которая для относительных значений перемещения плунжера приведена в форме графика на рис. 2. Интерполяция табличной зависимости перемещения плунжера от угла поворота распределительного вала (φ) была получена с использованием численного метода вычислительной математики - кубической сплайн интерполяции.

При моделировании процессов в ТНВД использовалась экспериментальная табличная зависимость значений перемещения плунжера (\mathbf{h}_p) ТНВД от угла поворота (φ) распределительного вала дизеля 16ЧН26/26, которая для относительных значений перемещения плунжера приведена в форме графика на рис. 2. Интерполяция табличной зависимости перемещения плунжера от угла поворота распределительного вала (φ) была получена с использованием численного метода вычислительной математики - кубической сплайн интерполяции.

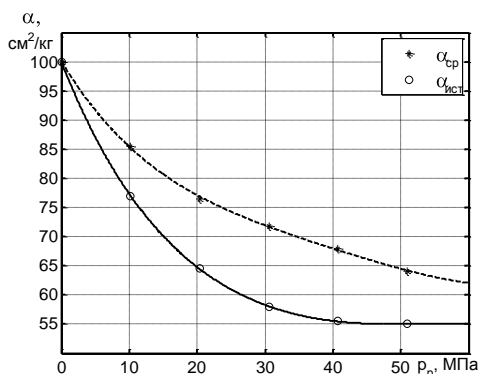


Рис. 1. Зависимость коэффициента сжимаемости дизельного топлива от начального давления \mathbf{p} . $\alpha_{ист}$ – значения истинного коэффициента сжимаемости $\alpha_{ср}$ – средние значения коэффициента сжимаемости

Значения скорости (v_p) и ускорения (a_p) плунжера рассчитывались численным дифференцированием интерполяционной табличной зависимости перемещения плунжера (h_p) по углу поворота (φ) распределительного валика ТНВД.

При расчёте относительных значений перемещения (h_p), скорости (v_p) и ускорения (a_p) плунжера, были использованы их максимальные значения соответственно $h_{pmax} = 0,022$ м. при $\varphi = 56^\circ$ п.р.в.; $v_{pmax} = 2,017$ м/с при $\varphi = 23^\circ$ п.р.в.; $a_{pmax} = 0,383$ м/с² при $\varphi = 19^\circ$ п.р.в.

Уравнение объёмного расхода топлива в зазоре по сопряжению плунжер-втулка ТНВД имеет следующий вид [1]

$$Q_{pH} = \pi \cdot \beta \cdot \Delta p^2 \cdot \delta^3 \cdot d \cdot \ln(c_\mu) / (12 p_0 \cdot \delta \cdot \mu_{то} \cdot l \cdot (c_\mu^{\Delta p/p_0} - 1)) \pm (\pi \cdot u \cdot d \cdot \delta / 2), \quad (4)$$

где δ – величина кольцевого зазора; u – скорость плунжера ТНВД; d и l – соответственно, диаметр и длина втулки; β , – поправочный коэффициент на эксцентricность сопряжения (от 1,15 до 1,4); $\Delta p = p_p - p_0$ – перепад давлений в уплотнении; $c_\mu = 1,0025$ – коэффициент с постоянным значением; $\mu_{то}$ – динамическая вязкость топлива при атмосферном давлении $p_0 = 0,1$ МПа.

В уравнении (4) учитывается уравнение изменение коэффициента динамической вязкости $\mu_{тр}$ от давления p_p над плунжером ТНВД [1]:

$$\mu_{тр} = \mu_{то} \cdot c_\mu^{p/p_0} \quad (5)$$

Известны различные зависимости коэффициента кинематической вязкости топлива от температуры. Коэффициенты динамической ($\mu_{тр}$) и кинематической (ν) вязкости дизельного топлива связаны между собой по следующему выражению:

$$\nu = \mu_{тр} / \rho_T, \quad (6)$$

где ρ_T – плотность дизельного топлива.

По табличным данным экспериментальной зависимости кинематической вязкости (ν) дизельного топлива от его температуры (T_T) [3], построена соответствующая ей регрессионная зависимость, которая имеет следующий вид:

$$\nu_p = a + c \cdot \log(T_T) + d \cdot \log(T_T)^2, \quad (7)$$

где $a = 0.76149543$; $c = -0.36487040$; $d = 0.043988593$; ν_p – расчётная кинематическая вязкость дизельного топлива.

Регрессионная зависимости (7) кинематической вязкости (ν) дизельного топлива от его температуры (T_T) в форме графика приведена на рис. 3.

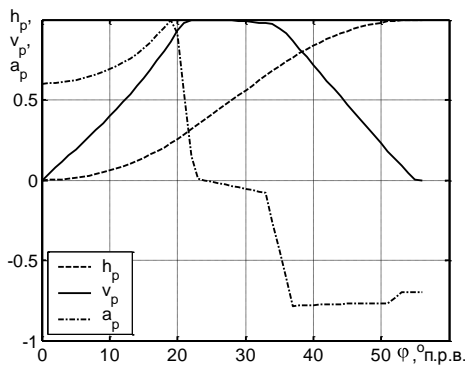


Рис. 2. Зависимость относительных экспериментальных значений перемещения (h_p) и расчётных значений скорости (v_p) и ускорения (a_p) плунжера ТНВД от угла поворота кулачкового вала дизеля 16ЧН26/26

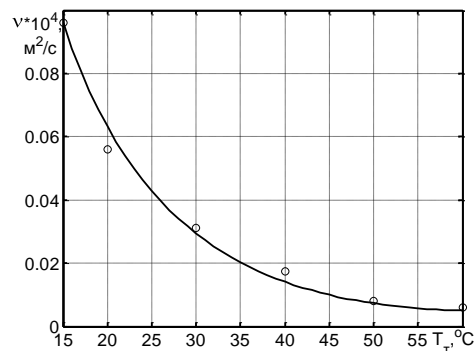


Рис. 3. Зависимость кинематической вязкости (ν) дизельного топлива от его температуры (T_T): \circ – данные эксперимента; — – расчёт по регрессионной модели

По представленным уравнениям процессов в плунжерной паре ТНВД с закрытым выходом построена структурная схема её обобщенной математической модели в форме элементов среды визуального графического программирования Simulink., которая отражена на рис. 4

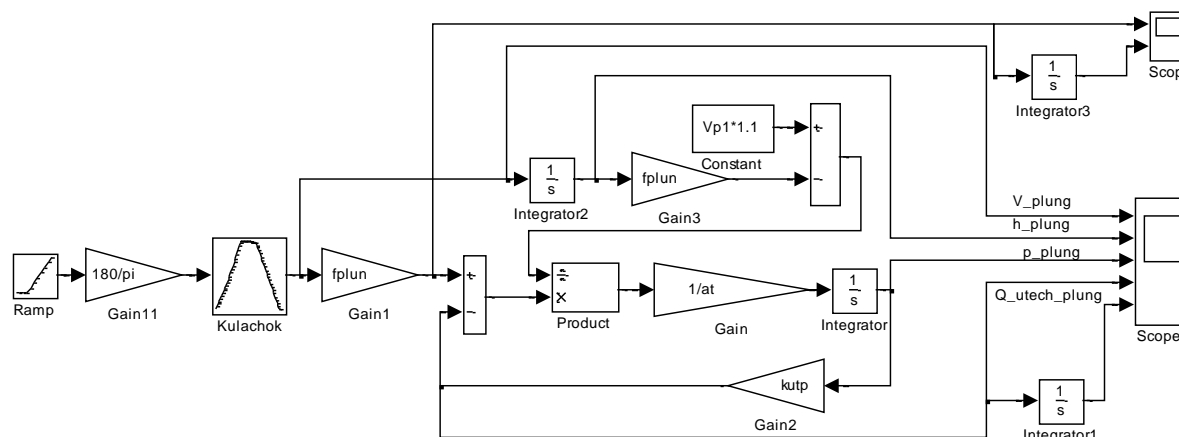


Рис. 4. Структурная схема математической модели ТНВД с замкнутым выходом (прикладная программа Simulink).

Интегрирование рассматриваемой математической модели процессов в плунжерной паре ТНВД дизеля производилось численным методом вычислительной математики – математическим методом численного интегрирования «жёстких» дифференциальных уравнений с обыкновенными производными третьего порядка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Двигатели внутреннего сгорания: Системы двигателей внутреннего сгорания / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко и др.; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. 4-е изд. М. Машиностроение, 1983. – 372 с.
2. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов. М.: Легион-Автодата, 2004. 344 с.
3. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник. Л.: Машиностроение. 1990. 352 с.
4. Kristina Ahlin. Modelling of pressure waves in the Common Rail Diesel Injection System. LinkAoping, December 11, 2000. 57 p.
5. Xuan Theien Tran. Modelling and simulation of electronically controlled diesel injectors. Sydney, Australia 2003. 155 p.

Марусин Александр Вячеславович – аспирант кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Aleksander V. Marusin – Post-graduate student of Department «Cars and engines» Gagarin Saratov State Technical University

Сычёв Александр Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander M. Sychev – Ph.D., the senior lecturer of Department «Cars and engines» Gagarin Saratov State Technical University

Данилов Игорь Кеворкович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Igor K. Danilov – Dr. Sc., professor, head of Department «Cars and engines» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.004.67

А.В. Марусин, А.М. Сычёв, И.К. Данилов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВСТРОЕННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Методом математического моделирования исследуется новый алгоритм встроенной системы технической диагностики отказов систем дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей: собственно дизеля; турбины; компрессора; регулятора частоты вращения коленчатого вала и тягового электрического генератора, с использованием их математических диагностических идентификационных моделей в среде визуального графического программирования Simulink, с целью проверки работоспособности главной подсистемы алгоритма системы технической диагностики.

Встроенная система технической диагностики; дизель; алгоритмы диагностирования; математическое моделирование

Marusin A.V., Sychev A.M., Danilov I.K.

MODEL OPERATION OF PROCESSES OF FIRMWARE SYSTEM OF ENGINEERING PRELIMINARY TREATMENT OF TRANSPORT FACILITIES

The method of mathematical model operation examines new algorithm of firmware system of an engineering problem diagnostics of systems of the diesel engine of transport facilities with an electrical power transmission: naturally diesel engine; turbines; the compressor; a frequency regulator of twirl of a bent shaft and the tractive electrical oscillator, with use of their mathematical diagnostic identification models in the environment of visual graphical programming Simulink, for the purpose of a functional test of a principal subsystem of algorithm of system of engineering preliminary treatment.

Firmware system of engineering preliminary treatment; the diesel engine; algorithms of diagnosing; mathematical model operation

В настоящее время отечественным двигателестроением ставится вопрос о создании и совершенствовании встроенной отечественной системы электронной технической диагностики (СТД) транспортного средства с силовой электрической передачей, интеграции её с электронной системой автоматического регулирования и управления (САУ) дизеля. Совершенствование конструкций современных СТД дизелей осуществляется, как правило, на основе их усложнения, увеличения количества диагностируемых переменных и параметров, внедрения новых дополнительных функций (оптимизации статических режимов работы дизеля, адаптации к изменению параметров подсистем дизеля и пр.), при повышении степени автоматизации, требований к информативности и точности, эффективности взаимного функционирования САУ и СТД.

Предлагаемая конструкция встроенной СТД в режиме реального времени обеспечивает повышение информативности и точности контроля технического состояния дизеля транспортного средства с электрической силовой передачей. Она содержит три диагностических алгоритма, которые в совокупности осуществляют оценку отказов подсистем дизеля по статическим контролируемым показателям и показателям, измеряемым в переходных процессах, осуществляют накопление выборок контролируемых данных, которые позволяют провести прогноз изменения технического состояния систем дизель-генератора.

Особенность проблем эффективности и надежности САУ и СТД дизелей определяется всеми этапами проектирования, изготовления и эксплуатации. Поэтому необходимо выявление связей между показателями эффективности и надежности САУ и СТД дизелей и возможностями их повышения на каждом из указанных этапов.

Состояние элементов дизель-генератора оценивалось во времени переходных процессов с шагом 0,1 с по следующим показателям (измеряемым переменным): частота вращения коленчатого вала дизеля; перемещение рейки топливного насоса высокого давления; ток и напряжение генератора;

частота вращения ротора турбокомпрессора; давление наддува турбокомпрессора; изменение положения ограничителя (упора) перемещения рейки топливного насоса.

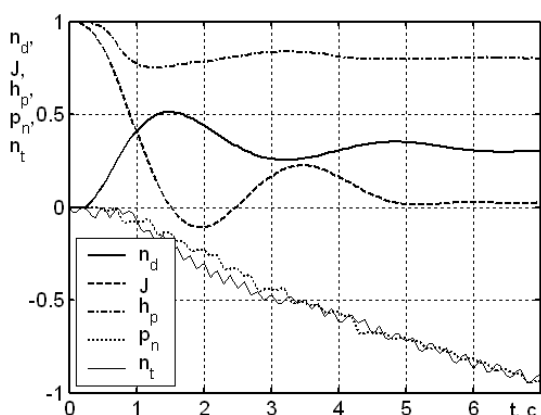


Рис. 1. Графики переходного процесса опытной САУ модифицированного дизель-генератора при сбросе частичной нагрузки: n_d - частота вращения коленчатого вала дизеля; n_t - частота вращения ротора турбокомпрессора; h_p - перемещение рейки топливного насоса высокого давления; J - ток генератора; p_n - давление наддува от турбокомпрессора

ских методов идентификации [3]. Для разработанного диагностического алгоритма СТД сформирована структурная схема алгоритма оценки неисправностей каждого из перечисленных элементов дизеля. Структурная схема этой модели СТДсЭП в среде визуального графического программирования Simulink, которая приведена на рис. 2.

Структурная схема (рис. 2) математической модели СТДсЭП воспроизводит с помощью функциональных блоков Look-up Table сигналы с датчиков: момента сопротивления нагрузки на коленчатом валу дизеля (ток якоря генератора, M_c), перемещение рейки топливного насоса (h_p), давления надувочного воздуха (p_n), частоту вращения коленчатого вала (nd) и ротора турбины (nt). Аргумент таблично задаваемых функций этих блоков формируются генератором Ramp. На схеме модели дизеля, турбины, компрессора (турбокомпрессора) и РЧВ сформированы в виде функциональных блоков Subsystem, соответственно: Model Diesel OU, Model Turbina, Model Kompr, Model Regulajtor. Выходы этих блоков (выходные переменные, рассчитанные по диагностическим идентификационным моделям) подаются на соответствующие сумматоры, где производится сравнение значений моделируемых переменных (nd) со значениями данных, являющихся выходами моделей (nd_m) соответствующих датчиков. Разницы (например, $nd_m - nd$) моделируемых и наблюдаемых с датчиков значений переменных подаются на функциональные блоки типа Look-up Table 1...3 реализующие, так называемые, щелевые функции со значениями ноль и единица. Ширина этих щелевых функции задается эталонными значениями отклонений каждой из соответствующих значений переменных и определяет допустимые диапазоны коридоров, в которых величины изменения отклонений переменных допустимы, и не определяют отказ диагностируемых элементов двигателя. Выходы функциональных блоков Look-up Table 1...3 подаются на соответствующие строки дисплея Display1 и одновременно на интеграторы, где производится интегрирование во времени этих сигналов – отклонений от эталонных значений переменных.

Ограничение величин этих сигналов осуществляется функциональными блоками, реализующими ступенчатые функции с нулем и единицей ($Mc1...3$).

Для переходных режимов при сбросе и набросе частичной электрической нагрузки дизель-генератора изменение во времени t измеряемых переменных состояния дизеля приведено на рис. 1 (графики сглажены). На рис. 1 все графики переменных имеют нормированные значения.

Используя материалы по алгоритмам СТД силовых установок с двигателями внутреннего сгорания [1], были разработаны диагностические алгоритмы оценки отказов элементов дизеля в режиме переходного процесса при сбросе нагрузки на тяговом электрическом генераторе транспортного средства с электрической силовой передачей. В диагностических алгоритмах использовались ранее разработанные его диагностические математические модели в форме передаточных функций: собственно дизеля, турбины, компрессора и регулятора частоты вращения (РЧВ) [2]. Эти модели сформированы на основе авторегрессионных математических

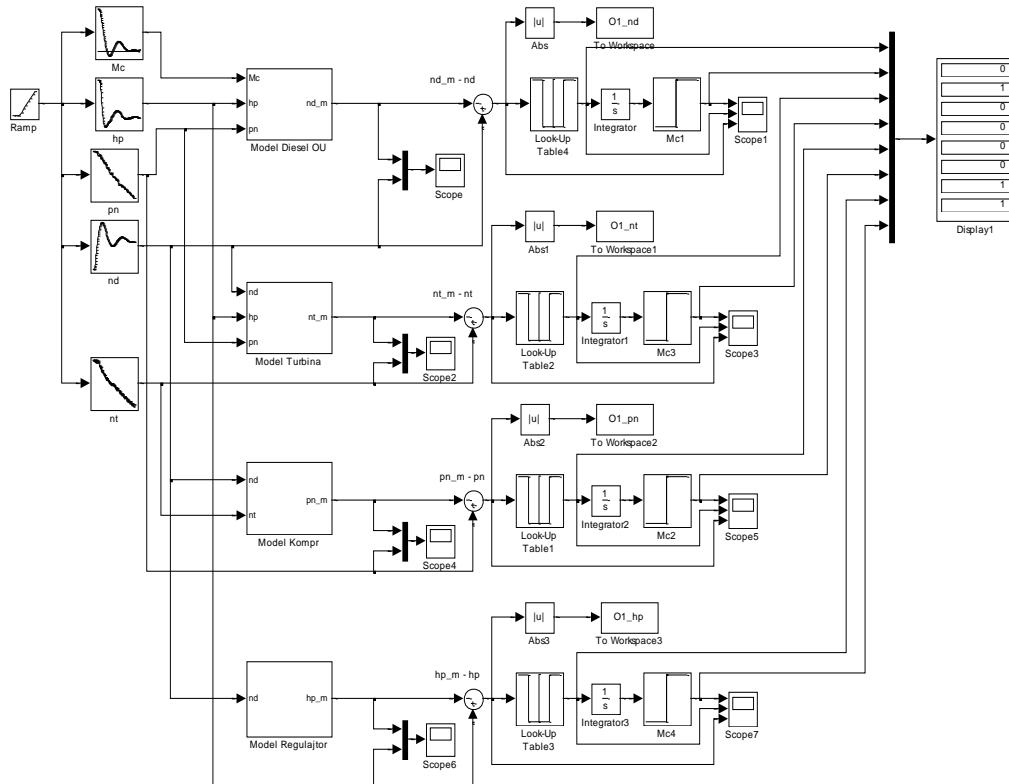


Рис. 2. Структурная схема модели СТдсЭП, представленная в среде визуального графического программирования Simulink

Для решения задач прогнозирования разницы (например, $nd_m - nd$) моделируемых и наблюдаемых с датчиков значений переменных подаются на функциональные блоки типа Abs...3, где исключаются отрицательные знаки, затем записываются в оперативную память программы с помощью функциональных блоков типа To Workespas1...4. Эти переменные имеют следующие имена: O1_nd, O1_nt, O1_pn, O1_hr и используются другой программой Matlab, где накапливаются (запоминаются) после каждого тестирующего воздействия. При каждом новом запуске программы прогнозирования эти данные отображаются в форме графиков, позволяющих судить о тенденциях изменения будущих отклонений значений диагностируемых переменных от заданных эталонных значений.

Результаты моделирования двух каналов по прикладной программе Simulink, реализующей рассматриваемую структурную схему модели СТдсЭП (рис. 2), в форме графиков переходных процессов приведены на рис. 3, 4, при отсутствии отказов диагностируемых элементов дизеля: компрессора и РЧВ.

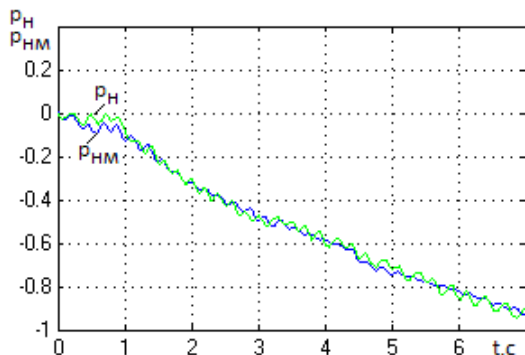


Рис. 3. Зависимость относительного изменения давления p_n , p_{nm} надвучного воздуха турбокомпрессора дизеля от времени t : p_n – измерено в эксперименте; p_{nm} – результат моделирования

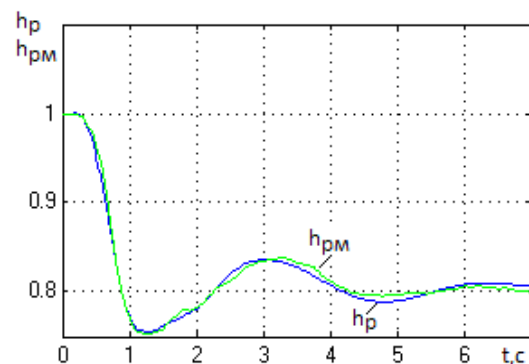


Рис. 4. Зависимость относительного изменения рейки ТНВД дизеля h_p , h_{pm} от времени t : h_p – измерено в эксперименте; h_{pm} – результат моделирования

При анализе графиков относительного изменения давления надувочного воздуха турбокомпрессора и перемещения рейки топливного высокого давления дизеля от времени t , представленных на рис. 3, 4, видно, что в отсутствии отказов диагностируемых элементов двигателя, кривые графиков моделируемых переменных с датчиков и выходов диагностических моделей рассматриваемых систем дизеля практически совпадают.

Моделирование отказа системы двигателя производилось посредством формирования тестирующего импульса – наброса нагрузки на дизель, при заданном моделируемом искусственно искажённом сигнале с датчика. Результаты моделирования отказа РЧВ дизеля по прикладной программе Simulink, реализующей рассматриваемую структурную схему модели СТДсЭП (рис. 2), в форме графиков переходных процессов приведены на рис. 5.

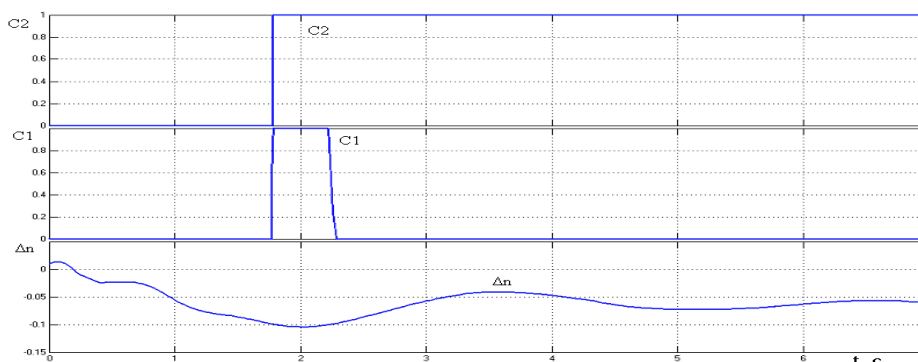


Рис. 5. Изменение во времени t разницы $\Delta n = n_{d_m} - n_d$ относительных отклонений измеряемой n_d и моделируемой n_{d_m} частот вращения дизеля, сигнала C1 от Δn на выходе щелевой функции и сигнала C2 с щелевой функции после интегрирования

Теоретическое обоснование разработанных алгоритмов встроенной СТД дизеля, проведённое посредством математического моделирования в среде Simulink, показало работоспособность разработанных алгоритмов СТДсЭП и достаточную для практики точность разработанных диагностических математических моделей диагностического алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов / И. Васильев, Ю. М. Гусев, А. И. Иванов и др. М.: Машиностроение, 1989. 240 с.
2. Сычёв А.М., Брагин Т.М., Степанов М.Ф., Степанов А.М. Построение математической модели дизель-генератора по данным эксперимента // Сб. трудов XXI Междунар. науч. конф.: в 10 т. Т. 6 / под общ. ред. В.С. Балакирева. Саратов: СГТУ, 2008. С. 323-326.
3. Льюинг Л. Идентификация систем. Теория пользователя: пер. с англ. / под ред. Я.З. Цыпкина. М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1991. 432 с.

Марусин Александр Вячеславович – аспирант кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Aleksander V. Marusin – Post-graduate student of Department «Cars and engines» Gagarin Saratov State Technical University

Сычёв Александр Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander M. Sychev – Ph.D., the senior lecturer of Department «Cars and engines» Gagarin Saratov State Technical University

Данилов Игорь Кеворкович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Igor K. Danilov – Dr. Sc., professor, head of Department «Cars and engines» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 62-57:621.892.096.1:62-233.132

С.Ю. Коваленко, И.Т. Ковриков, В.А. Сологуб**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПУСКОВЫХ ИЗНОСОВ
ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА**

Рассмотрены условия работы подшипников коленчатого вала двигателя в условиях низкотемпературного режима пуска, проведен анализ влияния факторов на интенсивность изнашивания пар трения двигателя при прогреве. Представлены результаты исследований по оценке влияния свойств моторного масла на износостойкость подшипников коленчатого вала на режиме пуска.

Подшипники коленчатого вала, режим пуска, изнашивание, моторное масло, вязкость

S. Kovalenko, I. Kovrikov, V. Sologub**SETTLEMENT EXPERIMENTAL ASSESSMENT STARTING WEAR OF BEARINGS OF
THE CRANKED SHAFT**

Operating conditions of bearings of a cranked shaft of the engine in the conditions of a low-temperature mode of start-up are considered, the analysis of influence of factors on intensity of wear of couples of friction of the engine is carried out at warming up. Results of researches on an assessment of influence of properties of engine oil on wear resistance of bearings of a cranked shaft on a start-up mode are presented.

Bearings of a cranked shaft, start-up mode, wear, engine oil, viscosity

Приоритетным направлением развития экономики автотранспортной отрасли является повышение эффективности эксплуатации транспортных средств, одним из путей достижения которого является разработка и совершенствование средств и методов обеспечения работоспособности двигателей подвижного состава.

Ресурс двигателя определяется в большей степени режимами и условиями эксплуатации, наиболее негативное влияние из которых оказывают климатические условия и переходные режимы работы двигателя. Одним из таких режимов, считающийся наиболее неблагоприятным с точки зрения протекания рабочих процессов, особенно в низкотемпературных условиях эксплуатации, является режим пуска, включающий стадии запуска и прогрева двигателя.

Среди пар трения, определяющими ресурс двигателя и, вместе с тем, наиболее подверженные пусковым износам, являются подшипники коленчатого вала ввиду их конструктивных особенностей, которые подразумевают работу подшипников в режиме жидкостного трения. На режиме пуска, особенно в низкотемпературных условиях, фактором, влияющим в большей степени на интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала, является скоростной режим работы двигателя [1, 2].

Вместе с тем, немалозначимую роль в интенсивности изнашивания подшипников на режиме пуска в низкотемпературных условиях играют вязкостно-температурные свойства моторного масла. Так, при понижении температуры окружающей среды вязкость масла резко возрастает, что ведет к повышению сопротивления проворачиванию коленчатого вала и снижению эффективности запуска двигателя, а также к несвоевременной и в недостаточном количестве подаче масла к парам трения, что ведет к работе подшипников коленчатого вала в режиме граничной смазки и сухого трения, тем самым резко повышая интенсивность их изнашивания.

Основным назначением моторных масел является снижение трения и износа трущихся деталей двигателя при обеспечении ряда функций, таких как отвод теплоты от трущихся деталей, удаление из зон трения продуктов изнашивания, защита рабочих поверхностей от коррозионного воздействия, сохранение вязкостных характеристик в широком температурном диапазоне и др. Причем, сохранение номинальных значений вязкости при отрицательных температурах является особенно акту-

альным для условий эксплуатации, присущих Российской Федерации, более 80 % территории которой расположено в зонах с умеренным и суровым климатом.

Таким образом, представляет практический интерес оценка влияния вязкостно-температурных свойств масла на протекание смазочных процессов в подшипниках коленчатого вала и их изнашивание на режиме пуска.

Анализ известных методов определения пусковых износов подвижных сопряжений двигателя показал, что основными их недостатками являются большие трудовые и материальные затраты при подготовке двигателей и проведении исследований. В связи с этим, целесообразнее использовать для определения изнашивания двигателя на режиме пуска методику безразборной оценки параметров смазочного процесса в системе подшипников коленчатого вала, в основе которой лежит расчетно-экспериментальное определение параметра E_g «интегральная степень существования смазочного слоя» [3-5]. Для замера данного параметра используется автоматизированная система оценки смазочного процесса, разработанная на кафедре автомобильного транспорта «Оренбургский государственный университет» [6].

Интенсивность процессов изнашивания наибольшая при контактном взаимодействии поверхностей, относительная продолжительность которых равна $E_k = 1 - E_g$.

Математическая модель изменения технического состояния подшипников коленчатого вала вследствие изнашивания при переходном смазочном процессе имеет вид [2]:

$$I_{ncn} = \sum_{i=1}^m I_{ncni} = k \left(\frac{N}{ld} \right)^x \sum_{i=1}^m \frac{\pi d n_i}{60} (1 - E_{gi}), \quad (1)$$

где I_{ncn} – величина линейного износа поверхностей трения, мкм; d – диаметр шейки вала, мм; l – опорная длина подшипника, мм; x – показатель степени, зависящий от вида фрикционных связей, $x \geq 1$; m – количество интервалов времени; N_i – внешняя нагрузка, действующая на подшипник на i -м интервале времени, Н; k – коэффициент пропорциональности между интенсивностью изнашивания с механическими фрикционными связями и нагрузкой N , приходящей на единицу площади скользящей поверхности ($l d$); n_i – частота вращения вала на i -м интервале времени, мин^{-1} .

Анализ модели (1) показывает, что величина линейного износа I_{ncn} пропорциональна значению параметра $L_{k\Sigma}$ «суммарная протяженность контактов», определяемого по формуле

$$L_{k\Sigma} = \sum_{i=1}^m \frac{(1 - E_{gi}) \pi d n_i}{60}. \quad (2)$$

Сделан вывод, что для сравнительного анализа смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала на режиме пуска достаточно использовать значение параметра $L_{k\Sigma}$, полученное за базовое

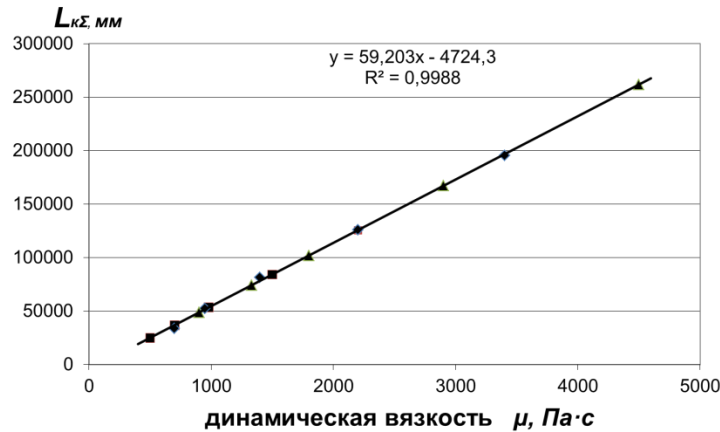
время с начала прогрева. С учетом множителя $k \left(\frac{N}{ld} \right)^x$ появляется возможность для сравнительной оценки изменения величин линейного износа подшипников при различных условиях пуска.

В основу экспериментальной методики оценки параметров смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала при прогреве положена укрупненная модель, содержащая входные (начальная температура двигателя $t_{\text{об}}$ и частота вращения коленчатого вала n) и выходные (параметр E_g и определяемая зависимость $L_{k\Sigma} = f(t_{\text{об}}, n)$) переменные.

При оценке влияния вязкостно-температурных свойств масел на интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала были выбраны для сравнения моторные масла одной фирмы с различными вязкостными характеристиками 5W40, 10W40 и 15W40. Масло класса вязкости 10W40 является наиболее востребованным, и было выбрано базовым. Базовым скоростным режимом прогрева был выбран $n=1500 \text{ мин}^{-1}$, т.к. он является наиболее рациональным исходя из ранее приведенных исследований [1, 2].

Анализ полученных экспериментальных результатов и известных кривых характеристик вязкости исследуемых масел указывает на линейную зависимость между $L_{k\Sigma}$ и динамической вязкостью рассматриваемых масел ν (рисунок 1):

$$L_{\kappa\Sigma} = 59,203\nu - 4724,3. \quad (3)$$

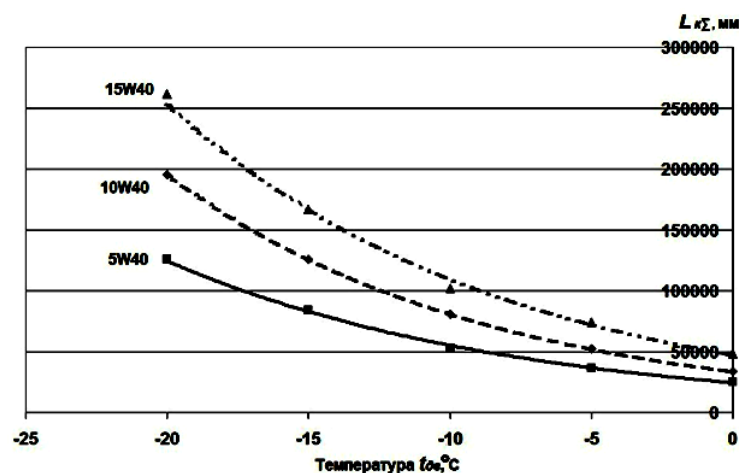
Рис. 1. Зависимость параметра $L_{\kappa\Sigma}$ от динамической вязкости масел μ

Определены значения суммарной протяженности контактов $L_{\kappa\Sigma}$ для каждого класса вязкости на рассматриваемом температурно-скоростном режиме пуска, результаты которого представлены на рисунке 2.

Математические модели параметра $L_{\kappa\Sigma}$ от начальной температуры двигателя для каждого класса вязкости имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} L_{\kappa\Sigma 5W40} &= 24492e^{-0.0813t_{\text{де}}}; \\ L_{\kappa\Sigma 10W40} &= 33664e^{-0.088t_{\text{де}}}; \\ L_{\kappa\Sigma 15W40} &= 47590e^{-0.0836t_{\text{де}}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Анализ полученных зависимостей (4) для исследуемых масел позволяет утверждать, что при использовании масла класса вязкости 5W40 величина суммарной протяженности контактов $L_{\kappa\Sigma}$ между трущимися поверхностями, а, следовательно, пускового износа подшипников коленчатого вала на всем рассмотренном температурном диапазоне в 1,4...1,6 раза меньше по сравнению с маслом 10W40, а для масла 15W40 $L_{\kappa\Sigma}$ по сравнению с 10W40 в 1,3...1,4 раза выше.

Рис. 2. Зависимость $L_{\kappa\Sigma}$ от класса вязкости при различных начальных температурах двигателя $t_{\text{де}}$

Таким образом, на основе предлагаемой методики было экспериментально подтверждено, что интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала на режимах низкотемпературного пуска значительно зависит от вязкостно-температурных свойств масла.

По модели (1) получен относительный износ подшипников коленчатого вала на режиме пуска двигателя в условиях Оренбургской области на рассматриваемых маслах за весь срок службы двигателя. Для определения количества дней с отрицательными температурами был проведен анализ зимних периодов с 2007 по 2012 годы, в результате которого была получена выборка количества дней с температурами, присущими исследуемым температурным диапазонам каждого рассматриваемого зимнего периода. Из анализа полученных результатов было установлено, что доля износов подшипников коленчатого вала на режиме пуска в низкотемпературных условиях в общем эксплуатационном износе составила: для масла 5W40 – 7 %, для масла 10W40 – 11 % и для масла 15W40 – 15 %. Полученные результаты указывают на значительное влияние вязкостно-температурных свойств моторного масла на интенсивность изнашивания пар трения двигателя на режиме пуска.

Во многих источниках долю пусковых износов представляют не в процентах от общего ресурса двигателя, а в эквивалентном пробеге автомобиля $L_a^{\text{экв}}$ при нормальном температурном режиме двигателя. На основе представленных выше результатов с учетом данных, полученных при проведении дополнительных исследований, появляется возможность выявить соотношение доли пусковых износов за один прогрев двигателя, приведенной к эксплуатационному пробегу. Для этого были экспериментально получены значения параметра L_{Σ} при движении автомобиля ВАЗ-2107 на прямой передаче со скоростью 90 км/ч по ровной горизонтальной дороге в сухую безветренную погоду при температуре воздуха 20 °С.

Сравнение проводилось для ранее выбранных классов вязкости масла на режиме прогрева 1500 мин⁻¹. Результаты сравнительной оценки соответствия пусковых износов для масел различного класса вязкости с эксплуатационными износами в движении представлены на рисунке 3.

Математические модели соотношения пусковых износов от начальной температуры двигателя для каждого класса вязкости эквивалентному эксплуатационному пробегу автомобиля $L_a^{\text{экв}}$ имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} L_a^{\text{экв}}_{5W40} &= 53,2251e^{-0,0814t_{\text{дв}}} ; \\ L_a^{\text{экв}}_{10W40} &= 73,793e^{-0,0876t_{\text{дв}}} ; \\ L_a^{\text{экв}}_{15W40} &= 103,17e^{-0,0839t_{\text{дв}}} . \end{aligned} \quad (5)$$

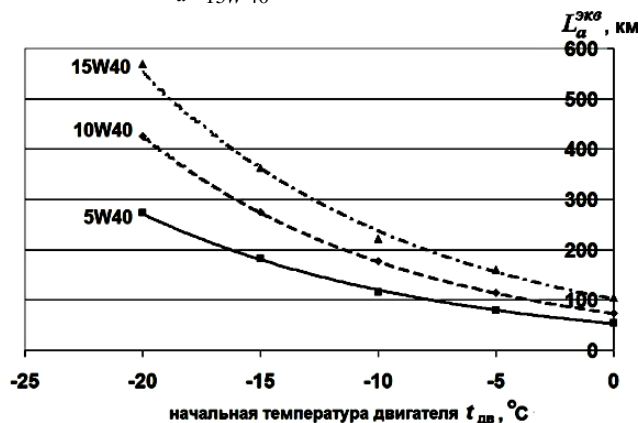


Рис. 3. Зависимость эксплуатационного пробега автомобиля $L_a^{\text{экв}}$,

эквивалентного пусковым износам в зависимости от начальной температуры двигателя $t_{\text{дв}}$

Анализ полученных результатов показал, что величина износа за разовый запуск и прогрев двигателя эквивалентна износу при эксплуатационном пробеге автомобиля от 54 до 273 км для масла 5W40, от 74 до 426 км – для 10W40 и от 105 до 570 км для 15W40 при температурах окружающей среды от 0 до -20 °С.

С учетом полученных результатов проведен ориентировочный расчет затрат на эксплуатацию до капитального ремонта двигателя, включающих в себя степень изменения ресурса и затраты на масло для каждого класса вязкости. Полученные результаты технико-экономической оценки указывают, что для условий эксплуатации Оренбургской области наиболее эффективным с точки зрения

экономии средств при обеспечении нормативного ресурса двигателя является использование масла класса вязкости 10W40 (ориентировочные общие затраты на эксплуатацию 4261,25, руб./год по ценам на 2012 год).

Исходя из полученных экспериментальных данных представляет практический интерес в получении модели для определения пусковых износов для различных климатических условий эксплуатации. Например, зная количество дней, попадающих в соответствующий рассматриваемый диапазон температур, можно определить общую суммарную протяженность контактов $L_{\kappa\Sigma}$ при прогреве двигателя в интересующем временном интервале. С учетом поставленной задачи для рассматриваемых сортов масел значения параметра $L_{\kappa\Sigma}$ примут следующий вид:

$$\begin{aligned} L_{\kappa\Sigma 5W40} &= \sum_{i=1}^{i=m} n_i \cdot 24492 e^{-0,0813t_{\text{оэи}}}, \\ L_{\kappa\Sigma 10W40} &= \sum_{i=1}^{i=m} n_i \cdot 33664 e^{-0,088t_{\text{оэи}}}, \\ L_{\kappa\Sigma 15W40} &= \sum_{i=1}^{i=m} n_i \cdot 47590 e^{-0,0836t_{\text{оэи}}}, \end{aligned} \quad (6)$$

где i – количество диапазонов температур; n_i – количество дней в году в каждом температурном диапазоне.

После преобразований зависимость линейного износа подшипников коленчатого вала на пусковых режимах в рассматриваемых климатических условиях эксплуатации для исследуемого двигателя примет следующий вид:

$$I_{ncn} = \sum_{i=1}^m I_{ncni} = k \left(\frac{N}{ld} \right)^x \sum_{i=1}^{i=m} n_i \cdot a \cdot e^{bt_{\text{оэи}}}, \quad (7)$$

где a, b – коэффициенты, соответствующие вязкостным характеристикам масла.

Таким образом, применение полученных результатов на практике позволит решить ряд вопросов эксплуатации автомобильного транспорта, в частности в низкотемпературных условиях, связанных с обоснованием выбора моторных масел в зависимости от условий эксплуатации и технического состояния двигателя. Также, используемая методика проведения исследований может применяться, например, при производстве для оптимизации физико-химических свойств масел для различных двигателей и условий эксплуатации, при эксплуатации – для оценки эффективности применения присадок к моторным маслам, оценки износостойкости подвижных сопряжений двигателя от свойств масла и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко, С.Ю. Эксплуатация автомобильных двигателей. Обеспечение долговечности на режиме пуска: монография / С.Ю. Коваленко, Р.Ф. Калимуллин. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 115 с.
2. Якунин, Н.Н. Оценка приспособленности автомобильных двигателей к режимам пуска и прогрева по параметрам смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала / Н.Н. Якунин, Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко // Транспорт Урала. 2008. № 2. С. 110-114.
3. Калимуллин Р.Ф. Разработка диагностического обеспечения подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 5. С. 101-108.
4. Калимуллин Р.Ф. Теоретическое обоснование нового диагностического параметра двигателя внутреннего сгорания // Вестник Оренбургского государственного университета. Приложение «Автотранспортные системы». 2004. С.44-48.
5. Коваленко, С.Ю. Функциональная диагностика подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей / С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 5. С. 158-163.

6. Пат. RU№66046 U1, МПК G 01 M 13/04. Устройство для контроля состояния подшипников / Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, М.Р. Янучков (РФ). №2007112656/22. Заявлено 04.04.2007. Решение о выдаче патента от 04.04.2007 г. Оpubл. 27.08.2007. Бюл. №24. 3 с.

Коваленко Сергей Юрьевич –
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета

Sergey Y. Kovalenko –
Ph.D., senior teacher of chair of the motor transport of the Orenburg state university

Ковриков Иван Тимофеевич –
доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов химических и пищевых производств Оренбургского государственного университета

Ivan T. Kovrikov –
Dr. Sc., professor of chair of cars and devices of chemical and food productions of the Orenburg state university

Сологуб Владимир Арсентьевич –
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и безопасности движения Оренбургского государственного университета

Vladimir A. Sologub –
Ph.D., associate professor of cars and traffic safety of the Orenburg state university

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 69.002.51.192:621.225.2

Д.Ю. Кобзов, С.П. Ереско, А.Ю. Кулаков, В.И. Липецкий, Д. Лхананг

БОРТОВАЯ ДИАГНОСТИКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГИДРОЦИЛИНДРОВ МАШИН

Увеличение мощностей машин сопровождается повышением уровня давления рабочей жидкости гидросистем, увеличением скорости перемещения штока гидроцилиндра и его хода, а также размеров гидроцилиндров. Негативным проявлением этого, является резкое увеличение эксплуатационных нагрузок, ухудшение условий и режима функционирования гидроцилиндров, а вслед за этим неизбежное снижение их надежности. В этих условиях становится ясно, что диагностирование гидроцилиндров должно проводиться не только по параметрам герметизации, но и по параметрам их несущей способности.

Гидроцилиндр, деформация, диагностика, напряжения, несущая способность, прогиб

D.Yu. Kobzov, S.P.Eresko, A.Yu. Kulakov, V.I. Lipetskiy, D. Lhanag

ON-BOARD DIAGNOSTICS OF THE BEARING CAPACITY HYDRAULIC CYLINDERS IN CARS

Increase of capacities of machinery is accompanied by increase of level of pressure of a working liquid of hydrosystems, increase in speed of moving of a rod of the hydrocylinder and its rod moving, and also the sizes of hydrocylinders. Negative display of it, the sharp increase in operational loadings, deterioration of conditions and a mode of functioning of hydrocylinders, and after this, inevitable decrease in their reliability is. In these conditions it becomes clear that diagnosing of hydrocylinders should be spent not only on hermetic sealing parameters, but also on parameters of their load-carrying ability.

Hydrocylinder, deformation, diagnostics, stress, load-carrying ability, deflection

Очевидно, что уровень эксплуатационной надёжности во многом определяется качеством мероприятий технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), имеющих своей целью поддержание и, при необходимости, восстановление работоспособности ДСМ [1, 2].

Используемая в настоящее время система планово-предупредительных ремонтов ДСМ, основанная на установлении целесообразности проведения ТО и Р и назначении требуемого объёма ремонтных воздействий, к сожалению, обладает рядом недостатков, к числу которых, в первую очередь, следует отнести возможность отправки в ремонт ДСМ, не выработавших свой ресурс, и, следовательно, в таковом не нуждающихся. Отсюда, возникновение дополнительных простоев ДСМ, снижение их производительности, увеличение стоимости, трудоёмкости и продолжительности ТО и Р, перерасход запчастей и горюче-смазочных материалов и многое другое, а в целом, снижение эффективности эксплуатации ДСМ [2, 3].

Альтернативой существующей системе планово-предупредительных ремонтов справедливо считается система ТО и Р ДСМ «по-потребности», то есть установление необходимости и назначение требуемого объёма ремонтных воздействий в зависимости от действительного технического состояния технического объекта, определённого в процессе оперативного диагностирования. Такая система, основанная на принудительном контроле технического состояния в процессе эксплуатации, позволяет, кроме всего прочего, в перспективе отказаться от целого ряда обязательных регламентных работ, заменив их требуемыми ремонтными мероприятиями [3-5].

Как отмечалось ранее, увеличение единичных мощностей машин подразумевает, применительно к гидроцилиндрам привода рабочего оборудования, повышение уровня давления рабочей жидкости гидросистем, увеличение скорости перемещения штока, и его хода, а также размеров гидроцилиндров и, зачастую, интенсивности использования их во времени [6, 7]. Негативным проявлением этого, является резкое увеличение эксплуатационных нагрузок, ухудшение условий и режима функционирования гидроцилиндров, а вслед за этим, неизбежное снижение их надёжности, в частности из-за потери прочности длинномерными элементами гидроцилиндра [6, 8]. В этих условиях становится ясно, что диагностирование гидроцилиндров должно проводиться не только по параметрам герметизирующей способности их уплотнительных сопряжений [2, 3, 5, 8-10], в том числе и с использованием нетрадиционных сред [11, 12], но и по параметрам их несущей (нагрузочной) способности [8, 9, 13-16] и желателен непосредственно в условиях эксплуатации.

В процессе эксплуатации вследствие накопления элементами гидроцилиндра повреждений [16] происходит увеличение его поперечной деформации, что приводит к росту напряжений $\sigma(x)$, которые должны контролироваться в процессе проведения диагностирования и ограничиваться условием не превышения [17] с целью исключения отказа из-за искривления штока гидроцилиндра и последующего его заклинивания в гильзе [8, 9, 14-16].

С учётом параметров наибольшего (критического) нагружения гидроцилиндра в процессе функционирования условие прочности принимает вид

$$\sigma_i(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k) \leq \left[\sigma_{\sigma, z^k, \Theta^k, p^k} \right]^k,$$

где $\sigma_i(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ - накапливаемые текущие (переменные) напряжения.

После ряда несложных преобразований это же условие с учётом вышесказанного по отношению к текущему и предельному значениям полного прогиба гидроцилиндра записывается следующим образом [9]

$$y_i(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k) \leq \left[y_{T, \sigma, z^k, \Theta^k, p^k} \right]^k.$$

В обеих записях: x_σ - координата опасного сечения; z^k, Θ^k, p^k - параметры критического нагружения гидроцилиндра, а именно: z^k - выдвигание штока; Θ^k - угол наклона гидроцилиндра к горизонту и p^k - давление жидкости в поршневой полости ДСМ.

В неравенстве $y_i(x_\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ - накапливаемый текущий (переменный) прогиб, который справедливо полагается диагностическим параметром несущей (нагрузочной) способности гидроцилиндра [8, 9]. При этом его контролируемой составляющей является угол несоосности штока и гильзы (корпуса) гидроцилиндра [18].

Характеризуя с позиций диагностики [2, 3, 5, 9, 19, 20] технические возможности последнего, отметим следующее. Во-первых, параметр $y_i \left[\sigma_{\sigma, z^k, \Theta^k, p^k} \right]^k$ является однозначным, так как ни он сам, ни описываемые им напряжения $\sigma \left[\sigma_{\sigma, z^k, \Theta^k, p^k} \right]^k$ не имеют экстремумов на пути их эволюции от

начальных значений до предельных. Во-вторых, он стабилен, то есть может быть неоднократно воспроизведен с минимальным рассеиванием при неизменных условиях измерения. В-третьих, параметр $y_i(\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ является незатухающим, так как его связь со структурными параметрами и критерием состояния $\sigma(\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ не нарушается с течением времени. Наконец, названный диагностический параметр удовлетворяет требованию чувствительности с достаточно высоким уровнем [8, 9].

Отметим, что диагностирование гидроцилиндров ДСМ по параметру $y_i(\sigma, z^k, \Theta^k, p^k)$ возможно лишь при наличии в машине встроенной диагностической системы [21, 22].

Структурно такая гидросистема выглядит следующим образом (Рис. 1). Полости гидроцилиндра 1 через гидрораспределитель 2 подключены к источнику питания 3 и сливу 4. Гидросистема от перегрузки защищена предохранительным клапаном 5. Поршневая полость гидроцилиндра 1 соединена с гидрораспределителем 2 через штатный манометр 6 и двухпозиционный гидрозолотник 7. Гидроагрегаты системы соединены гидромагистралями 8. Датчики осевого перемещения штока 9 и угловой несоосности длинномерных элементов 10 гидроцилиндра 1 подключены через усилитель 11 к электропреобразователю 12, управляющий и контролирующий сигналы с которого одновременно поступают соответственно на золотник 7 и индикатор 13. Таким образом, при крайнем правом положении золотника гидрораспределителя 2 рабочая жидкость от источника 3 поступает через гидрозолотник 7 в поршневую полость гидроцилиндра 1, выдвигая шток и нагружая гидроцилиндр эксплуатационной продольно-поперечной нагрузкой. В случае значительной деформации штока гидрозолотник 7, управляемый электропреобразователем 12 в соответствии с данными датчиков 9 и 10, кратковременно соединяет гидроцилиндр 1 и источник питания 3 со сливом 4, тем самым, разгружая силовой элемент 1.

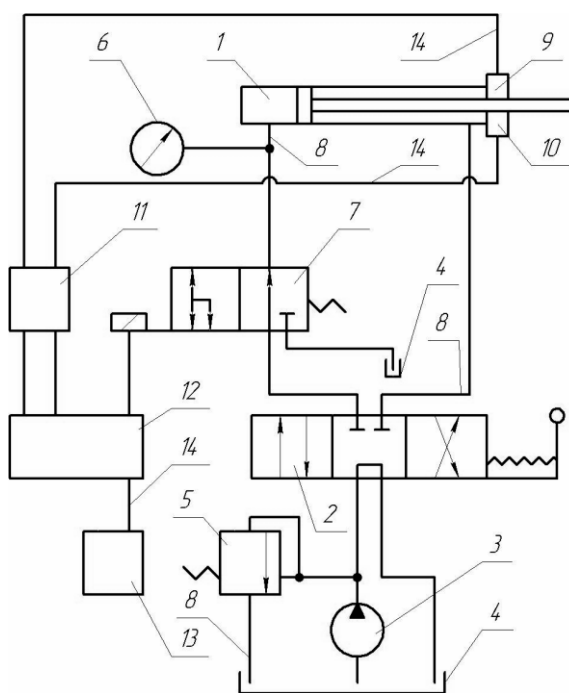


Рис. 1. Принципиальная схема бортового контроля несущей способности гидроцилиндра по двум параметрам

Для гидропривода возвратно-поступательного перемещения, в котором возможны значительные по величине пульсации давления рабочей жидкости, целесообразно использовать систему бортового диагностирования гидроцилиндра по трём параметрам с контролем давления (рис. 2).

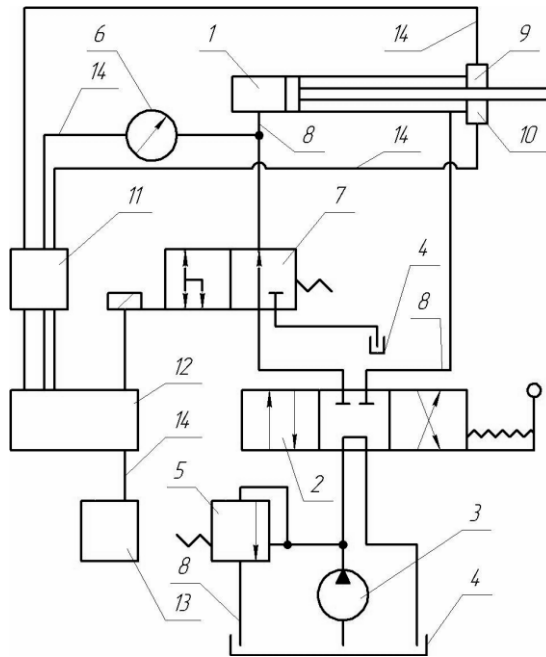


Рис. 2. Принципиальная схема бортового диагностирования несущей способности гидроцилиндра по трём параметрам

В такой системе вместо штатного манометра 6 устанавливается электрический манометр 6, показания с которого через усилитель 11 поступают на электропреобразователь 12. В этом случае при критических нагрузках и /или деформациях гидрозолотник 7, управляемый преобразователем 12 согласно данных датчиков 6, 9 и 10, кратковременно (до сброса пика давления в нагруженной магистрали) соединяет исполнительный гидроцилиндр 1 и источник питания 3 со сливом 4, тем самым, мгновенно сбрасывая излишнее давление в гидросистеме и разгружая основные элементы 1 и 3.

Между тем, в большинстве гидроприводов возвратно-поступательного действия дорожных и строительных машин наряду с пульсациями давления в полости нагнетания, зачастую, имеют место значительные пространственные перемещения исполнительного гидроцилиндра [1, 4, 9, 10]. В этом случае целесообразно применять систему встроенного диагностирования гидроцилиндра по четырём параметрам с контролем угла наклона гидроцилиндра к поверхности тяготения. В такой системе (Рис. 3) дополнительно устанавливается датчик горизонта 15, показания с которого через усилитель 11 поступают на электропреобразователь 12.

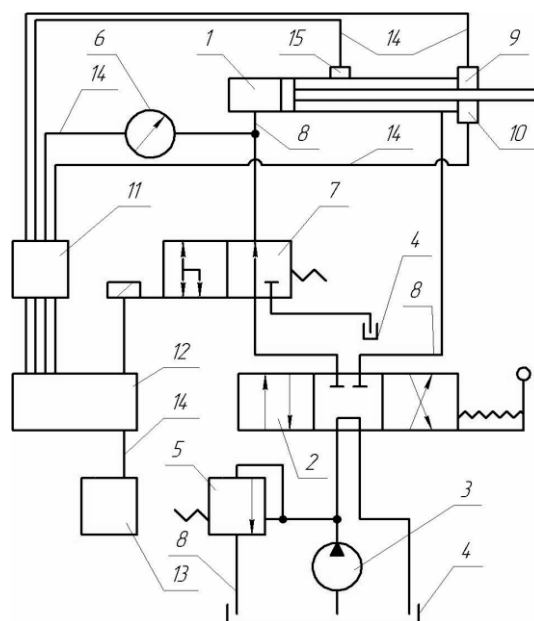


Рис. 3. Принципиальная схема бортового диагностирования несущей способности гидроцилиндра по четырём параметрам

В предложенном виде гидросистема работает следующим образом.

В среднем положении золотника гидрораспределителя 2 рабочая жидкость от источника питания 3 поступает через предохранительный клапан 5 по магистрали 8 на слив 4. Однако, если в этом случае на силовой гидроцилиндр 1 действует нагрузка (случай нагружения гидроцилиндра ковша экскаватора при копании рукоятью), электрические сигналы с манометра 6, а также с датчиков: положения штока 9, угловой несоосности 10 и пространственного положения гидроцилиндра 15 поступают на усилитель 11 и далее на электропреобразователь 12, где окончательно формируется результирующий импульс диагностического состояния. В случае критического нагружения управляющий электросигнал поступает с электропреобразователя 12 на гидрозолотник 7, переводя его в позицию соединения гидроцилиндра 1 и источника питания 3 со сливом 4, тем самым, разгружая эти гидроагрегаты и предотвращая возможный отказ. В случае удовлетворительной несущей гидроцилиндра способности сигнал с преобразователя 12 поступает на индикатор 13, по которому оператор имеет возможность прогнозировать наступление ожидаемого отказа.

В крайнем правом положении золотника гидрораспределителя 2 рабочая жидкость от источника питания 3 поступает через гидрораспределитель 2, манометр 6 и гидрозолотник 7 в поршневую полость силового гидроцилиндра 1, выдвигая шток и нагружая гидроцилиндр эксплуатационной продольно-поперечной нагрузкой. В случае критических нагрузок гидрозолотник 7, управляемый электропреобразователем 12 в соответствии с показаниями измерителей 6, 9, 10 и 15, кратковременно (до сброса пика давления в питающей магистрали) соединяет гидроцилиндр 1 и источник питания 3 со сливом 4. Одновременно скачкообразное превышение допустимых значений диагностического параметра фиксируется на индикаторе 13, частота которых дополнительно свидетельствует о приближении отказа для данных эксплуатационных условий.

В крайнем левом положении золотника гидрораспределителя 2 рабочая жидкость от источника питания 3 поступает в штоковую полость силового гидроцилиндра 1, нагружая его растягивающим продольным усилием. В этом случае поршень совершает насосный ход. Давление в поршневой полости гидроцилиндра 1 минимально, так как она уже соединена через гидрораспределитель 2 со сливом 4. То же следует сказать о деформациях и общей нагруженности гидроцилиндра, что регистрируется индикатором 13.

Таким образом, применение предлагаемых гидросистем позволяет осуществлять непрерывный контроль и управление надёжностью силового гидроцилиндра в процессе эксплуатации в зависимости от схемы его подключения, действующих нагрузок и алгоритма функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калявин В.П., Мозгалецкий А.В. Технические средства диагностирования. Л.: Судостроение, 1984. 208 с.
2. Макаров Р.А., Соколов А.В. Диагностика строительных машин. М.: Стройиздат, 1984. 335 с.
3. Харазов А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.
4. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
5. Технические средства диагностирования: справочник / Клюев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. и др.; под общ. ред. В.В.Клюева. М.: Машиностроение, 1989. 672 с.
6. Кобзов Д.Ю. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 1. Конструкция. Надёжность. Перспективы развития. / Братск. индустр. ин-т. Братск, 1998. 59 с., ил., библиогр. 246 назв. Рус. Деп. в МАШМИР 13.08.1998, № 2-сд1998.
7. Кобзов Д.Ю., Тарасов В.А., Трофимов А.А. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 2. Условия эксплуатации, рабочий процесс, режим работы и параметры нагружения / Братск. гос. техн. ун-т. Братск, 1999. 108 с., ил., библиогр. 179 назв. Рус. Деп. в ВИНТИ 01.12.1999, № 3552-В1999.
8. Кобзов Д.Ю., Усова С.В. Экспресс-диагностика несущей способности гидроцилиндров машин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2009. №3(23). С. 174-179.
9. Кобзов Д.Ю., Ереско С.П., Трофимов А.А., Кулаков А.Ю., Жмуров В.В. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Ч. 5. Техническое диагностирование / Братск. гос. ун-т. Братск, 2011. - 119 с., ил., библ. 130 назв. Рус. Деп. в ВИНТИ РАН 21.07.2011. №360-В2011.
10. Сергеев А.П., Кобзов Д.Ю., Лханаг Д. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 4. Герметизирующая способность. / Братск. гос. техн. ун-т. Братск, 2003. 44 с., ил., библиогр. 116 назв. Рус. Деп. в ВИНТИ 14.07.2003, № 1376-В2003.

11. Пат. №2139510 РФ, МКИ G01M3/00. Способ испытания гидроцилиндров на герметичность / Кобзов Д.Ю., Трофимов А.А. (РФ). №97121659; заявл. 22.12.97; опубл. 10.10.99, Бюл. №28.
12. Dmitriy Yu. Kobzov, Alexei A. Trofimov, D. Lkhanag. Hydraulic cylinder troubleshooting by the air // Механики – XXI веку: сб. докл. Межрегион. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Братск: БрГУ, 2005. 316 с.
13. Kobzov D., Kobzova I., Lkhanag D. Hydrocylinder diagnostic parameters // Системы. Методы. Технологии. 2009. №3. С. 21-25.
14. Кобзов Д.Ю., Усова С.В., Фурзанов С.Ю. О диагностическом параметре несущей способности гидроцилиндров машин // Системы. Методы. Технологии. 2009. №2. С. 29-32.
15. Кобзов Д.Ю., Кобзов А.Ю., Лханаг Д. Несущая способность и ресурс гидроцилиндров машин // Системы. Методы. Технологии. 2009. №2. С. 24-28.
16. Кобзов Д.Ю., Лапшин В.Л., Тарасов В.А., Жмуров В.В. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Ч. 3. Несущая способность / Братск. гос. ун-т. Братск, 2011. 88 с., ил., библиогр. 93 назв. Рус. Деп. в ВИНТИ РАН 27.01.2011, № 27-B2011.
17. Сырицын Т.А. Надёжность гидро- и пневмопривода. М.: Машиностроение, 1981. 216 с.
18. Кобзов Д.Ю. Диагностирование гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов: дис. ... канд. техн. наук / ЛИСИ. Л., 1987. 345 с.
19. Kobzov D.Y., Kobzova S.V. Some aspects of dialectical approach to the insight into engineering objects evolution. Proceeding of the International Conference on Advanced Technology and Equipment of Materials Handling. October 25-27, 1994. Shanghai, P.R.China, pp. 724-730.
20. Kobzov D.Y., Martynenko O.P., Gubanov V.G. There must be no alternative to the right choice of diagnostic parameters. Proceedings of 2nd International Machinery Monitoring & Diagnostics Conference & Exhibit. October 22-25, 1990. Los Angeles, CA, USA, pp. 374-380.
21. А. с. № 1735620 СССР, МКИ F15B15/04. Гидросистема / Кобзов Д.Ю., Хютте В.И., Губанов В.Г., Калашников Л.А., Тарасов В.А., Крохичев А.С. (СССР). №4776659/29; заявл. 02.01.90; опубл. 23.05.92, Бюл. №19.
22. Пат. №2471091 РФ, МКИ F15B3/00. Гидросистема / Кобзов Д.Ю., Кулаков А.Ю., Кобзова И.О. (РФ). №2011124270/06; заявл. 15.06.2011; опубл. 27.12.2012, Бюл. №36.

Кобзов Дмитрий Юрьевич –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные
машины и оборудование» Братского
государственного университета

Dmitriy Yu. Kobzov –
Ph.D., associate professor
of Department “Handling, building,
road machinery and equipment”
Bratsk State University

Ереско Сергей Павлович –
доктор технических наук, профессор кафедры
«Основы конструирования машин» Сибирского
государственного аэрокосмического университета

Sergey P. Eresco –
D.Sc., Professor, of Department «Bases
of designing of machinery» Siberian State
Airspace University

Кулаков Андрей Юрьевич –
аспирант Братского государственного университета

Andrey Yu. Kulakov –
Post-graduate student Bratsk State University

Липецкий Владимир Игоревич –
аспирант Братского государственного университета

Vladimir I. Lipetskiy –
Post-graduate student Bratsk State University

Лханаг Дорлигсурэн –
кандидат технических наук, профессор, директор
Дарханского технологического института
Монгольского университета науки и технологии

Dorligsuren Lkhanag –
Ph.D., professor, head of Darkhan Technological
Institute of Mongolian University of Science and
Technology

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.89: 621.822: 621.824.33

Р.Ф. Калимуллин, М.Р. Янучков

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Разработано новое диагностическое обеспечение подшипников коленчатых валов автомобильного двигателя, включающее диагностический параметр «интегральная степень разрушения смазочного слоя» и его нормативные значения для тестового режима диагностирования (на примере двигателя ЗМЗ-5234.10), метод и средство диагностирования – автоматизированную систему оценки смазочного процесса «Комплекс трибодиагностики» на всех этапах жизненного цикла, повышающее достоверность и оперативность определения и прогнозирования технического состояния.

Подшипники коленчатого вала; диагностирование; смазочный слой

R.F. Kalimullin, M.R. Yanuchkov

DIAGNOSTIC SOFTWARE FOR MOTOR VEHICLE ENGINE CRANKSHAFT BEARINGS

The author developed a new diagnostic software for motor vehicle engine crankshaft bearings, including a diagnostic parameter the «integral degree of lubricant layer destruction» and its normative values for the test mode of diagnosis (on example of the engine ЗМЗ-5234.10), the method and the diagnostic software that is an automated system for evaluating the lubricating process the «Tribodiagnosis Complex» at all stages of the life cycle, which increases the reliability and efficiency of detection and prediction of technical condition.

Crankshaft bearings; diagnosis; lubricating layer

Подшипники коленчатого вала являются одними из сопряжений, лимитирующих ресурс автомобильного двигателя. Основными причинами отказов подшипников являются разрушение антифрикционного слоя вкладышей, выплавление, задир вкладышей и проворачивание вкладышей, увеличенный зазор вследствие изнашивания трущихся поверхностей вкладышей и шеек, интенсивность которого в эксплуатации во многом зависит от характера смазочного процесса. Показатели смазочного процесса, например, характеристики состояния смазочного слоя, могут являться техническими критериями отказа подшипников, т.е. признаками нарушения их состояния, при котором они способны выполнять заданные функции согласно требованиям конструкторской (проектной) документации.

Существующее диагностическое обеспечение подшипников коленчатого вала, включающее комплекс взаимосвязанных диагностических параметров, методов и средств диагностирования на всех этапах жизненного цикла не позволяет достоверно и оперативно оценить смазочный процесс в них ввиду отсутствия соответствующих показателей и методов. Следствием этого является затрудненность в установлении требуемой периодичности и содержания профилактических и ремонтных воздействий для поддержания работоспособного состояния подшипников, а так же в обнаружении их катастрофического состояния нередко приводит к аварийным остановкам двигателей, преждевременному ремонту и, как следствие, к дополнительным затратам.

В связи с этим, совершенствование диагностического обеспечения для более достоверного и оперативного определения и прогнозирования технического состояния подшипников коленчатого вала по показателям смазочного процесса является актуальной задачей повышения эффективности эксплуатации автомобильных двигателей.

Объектом данного исследования являлся процесс изменения технического состояния подшипников коленчатого вала автомобильных двигателей в эксплуатации; предметом исследования – закономерности смазочного процесса в подшипниках в зависимости от их технического состояния.

Цель работы состояла в повышении эффективности эксплуатации автомобилей за счет совершенствования методов и средств обеспечения работоспособности автомобильных двигателей на основе диагностирования подшипников коленчатого вала по интегральному показателю смазочного процесса [5-7].

Построена и теоретически исследована диагностическая модель подшипников коленчатого вала автомобильного двигателя. В основу разрабатываемой диагностической модели положена модель смазочного процесса в «эквивалентном подшипнике коленчатого вала автомобильного двигателя» [1-3]. В этой модели свойства смазочного процесса в отдельных шатунных и коренных подшипниках коленчатого вала эквиваленты интегральному свойству в одном подшипнике на общем коленчатом валу, описывающему вероятностью разрушения смазочного слоя. Для количественной оценки смазочного процесса в «эквивалентном подшипнике коленчатого вала» предлагается использовать показатель E_f – «интегральная степень разрушения смазочного слоя».

В условиях эксплуатации значение параметра E_f зависит от большого количества факторов, основными из которых являются крутящий момент на коленчатом валу M , частота вращения коленчатого вала n , температура масла в подшипнике t_m , вязкостно-температурная характеристика (вязкость масла при температуре t_m) μ ; микрогеометрические отклонения поверхности трения $h_{кр}$; диаметральный зазор в подшипнике Δ :

$$E_f(M, n, l, d, \mu, t_m, h_{кр}, \Delta, \dots), \quad (1)$$

Значение параметра E_f изменяется от 0 до 1, при этом 0 свидетельствует о том, что во всех без исключения подшипниках коленчатого вала существует установившегося режима жидкостной смазки (бесконтактного взаимодействия), значение 1 – когда хотя бы один подшипник работает в режиме граничной смазки или сухого трения (контактного взаимодействия). Промежуточные значения параметра $0 < E_f < 1$ имеют место в условиях переходного смазочного процесса в подшипниках при последовательном во времени чередовании жидкостной и граничной смазок.

При изменении технического состояния подшипников (износе вследствие приработки или эксплуатационного изнашивания либо их восстановлении, например, при применении безразборных ремонтно-восстановительных триботехнологий) переменным являются параметры $h_{кр}$ и Δ . При одинаковых режимах работы, тепловом состоянии двигателя и свойствах моторного масла значения параметров M , n , t_m и μ в модели (1) являются неизменными, что позволяет оценивать техническое состояние подшипников, используя, например, установленную зависимость $\Delta = \Delta(E_f)$.

Для проверки обоснованности теоретических положений проведены экспериментальные исследования, в основу которых положена укрупненная модель, содержащая входные (пробег автомобиля L , диаметральный зазор Δ , частота вращения вала на холостом ходу n) и выходной (показатель E_f) переменные. Объектом экспериментальных исследований являлись подшипники коленчатого вала автомобильных двигателей ЗМЗ-5234.10 автобусов ПАЗ-3205. Для получения искомой зависимости $\Delta = \Delta(E_f)$ проведены две серии экспериментальных исследований по определению закономерностей $\Delta = \Delta(L)$ и $E_f = E_f(L)$.

В первой серии получен массив данных о диаметральных зазорах в подшипниках в зависимости от пробега автобусов по результатам микрометрирования шатунных и коренных шеек и подшипников коленчатых валов 22 двигателей, поступивших в ремонт.

Во второй серии получены значения показателя E_f в зависимости от пробега автобусов по результатам испытаний двигателей на холостом ходу. Опыты проводились после смены моторного масла при ГО-2 на установившихся частотах вращения коленчатого вала $n = 1000, 1500, 2000 \text{ мин}^{-1}$, согласно разработанному плану эксперимента. Количество исследованных состояний двигателей (пробегов автобуса) составило 20.

Для измерения параметра E_f использовалось разработанное средство диагностирования подшипников коленчатого вала – измерительно-вычислительный комплекс «Автоматизированная система оценки смазочного процесса (АСОСП)». АСОСП включает устройство для контроля состояния подшипника, токосъемное устройство, информационные шины, программное обеспечение и компьютер [4].

К испытываемому двигателю подключается АСОСП следующим образом: на носке коленчатого вала крепится токосъемное устройство (на храповик, гайку, либо шкив через специально

изготовленный переходник), к которому подсоединяется одна информационная шина, а к блоку цилиндров (на «массу») – вторая. Шины соединены с устройством для контроля состояния подшипников, которое, в свою очередь, через шину соединяется с компьютером.

По измеренным значениям диаметральных зазоров в подшипниках были определены средние значения диаметральных зазоров «эквивалентного подшипника коленчатого вала» (далее диаметральных зазоров Δ) на текущих пробегах автобуса L . Опытные данные аппроксимированы экспоненциальной моделью вида:

$$\Delta = \Delta_0 e^{cL}, \quad (2)$$

где Δ – текущий диаметральный зазор, мкм; Δ_0 – начальный диаметральный зазор, мкм, $\Delta_0 = 78$; c – коэффициент интенсивности износа, 1/тыс.км, $c = 0,0053$; L – пробег автобуса, тыс. км.

На рисунке 1 представлена экспериментальная зависимость диаметрального зазора Δ от пробега автобуса L . Полученный вид модели (2) и значения коэффициента c согласуются с данными других авторов [1].

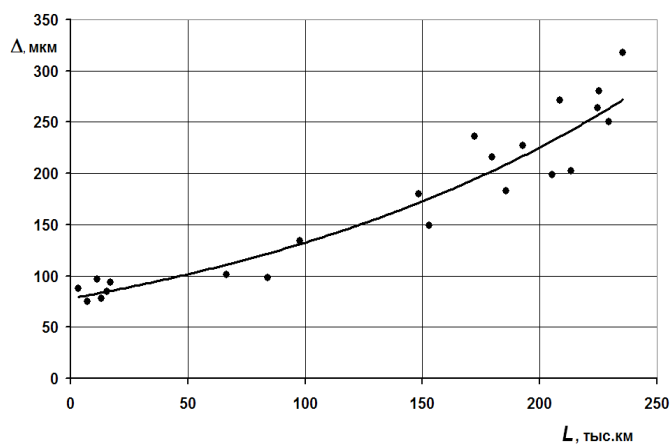


Рис. 1. Опытная зависимость диаметрального зазора Δ в подшипниках коленчатого вала от пробега автобуса L

По полученным при текущем пробеге на каждой частоте вращения коленчатого вала средним значениям показателя E_f установлены функциональные зависимости экспоненциального вида (рис. 2):

$$E_f = a e^{bL}, \quad (3)$$

где a – коэффициент, показывающий значение показателя, приведенное на момент окончания приработки; b – коэффициент интенсивности изменения показателя от пробега, 1/тыс. км; L – пробег автобуса, тыс. км.

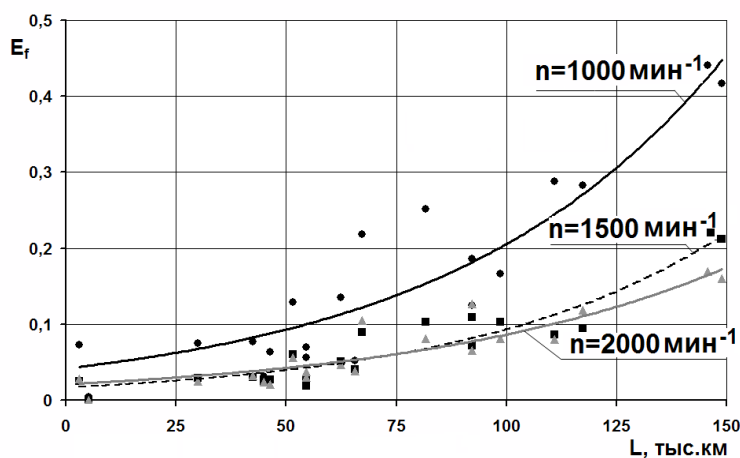


Рис. 2. Зависимость параметра E_f от пробега автобуса L при разных частотах вращения коленчатого вала n на холостом ходу

Значения коэффициентов модели (3) составили:

- для $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$: $a = 0,042$; $b = 0,0159$;
- для $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$: $a = 0,0166$; $b = 0,0172$;
- для $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$: $a = 0,0211$; $b = 0,0141$.

Установленная тесная корреляционная связь ($R = 0,936 \dots 0,956$) между значениями показателя E_f на исследуемых частотах вращения вала свидетельствует о достаточности измерения его при одной рациональной тестовой частоте вращения вала, для установления которой разработана методика, основанная на анализе результатов расчета показателей точности и эффективности диагностирования.

Критерием выбора рационального тестового режима диагностирования являлось выполнение условия наилучшего сочетания показателей стабильности (средней относительной ошибки измерения \bar{S}_{E_f}), информативности (коэффициента тесноты связи между диагностическим и структурным параметрами по пробегу K_m^L) и чувствительности (коэффициента чувствительности диагностического параметра по частоте вращения K_u^n) диагностического параметра, т.е.:

$$[(\bar{S}_{E_f} \rightarrow \min) \cup (K_m^L \rightarrow \max) \cup (K_u^n \rightarrow \min)] . \quad (4)$$

Установлено, что рациональным по критериям точности и эффективности диагностирования является режим $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ($\bar{S}_{E_f} = 20 \%$, $K_m^L = 0,3089 \text{ тыс. км}^{-1}$ и $K_u^n = 1,501 \cdot 10^{-4} \text{ мин}$).

Для тестового режима диагностирования получена модель вида:

$$\Delta = dE_f^g, \quad (5)$$

где d – коэффициент, $d = 300 \text{ мкм}$; g – показатель степени, $g = 0,33842$.

Полученная модель может использоваться для определения и прогнозирования технического состояния подшипников коленчатого вала двигателей типа 8Ч9,2/8,0.

Из модели (5) получена зависимость показателя E_f от диаметрального зазора Δ следующего вида:

$$E_f = \sqrt[g]{\frac{\Delta}{d}} = 0,33842 \sqrt[0,33842]{\frac{\Delta}{300}} = 4,8 \cdot 10^{-8} \Delta^{2,955}. \quad (6)$$

Согласно нормативно-технической документации для двигателя ЗМЗ-5234.10 средние значения диаметрального зазора в шатунных и коренных подшипниках составили: начальный $\Delta^n = 80 \text{ мкм}$, допускаемый $\Delta^o = 140 \text{ мкм}$ и предельный $\Delta^n = 230 \text{ мкм}$. По модели (6) рассчитаны нормативные значения диагностического параметра: начальное $E_f^n = 0,02$; допускаемое $E_f^o = 0,105$; предельное $E_f^n = 0,46$.

Установлено соответствие диагностического параметра E_f основным требованиям, предъявляемым к подобным параметрам:

- чувствительности – значение коэффициента чувствительности $2,89 \text{ мм}^{-1}$, что свидетельствует о высокой чувствительности диагностического параметра;
- однозначности – отсутствует экстремум функции $E_f = E_f(\Delta)$ в диапазоне $\Delta^n \dots \Delta^n$;
- стабильности – значение относительной ошибки составляет 20% ;
- информативности – коэффициент тесноты связи между диагностическим и структурным параметрами 237 мм^{-1} ;
- широты изменения – диапазон изменения параметра теоретически составляет $0 \dots 1$.

На основе экспериментально установленного вида зависимости между значениями диагностического параметра и пробега автобуса, значений диагностических нормативов, измеренной величины диагностического параметра и текущего пробега разработана модель прогнозирования остаточного ресурса подшипников L_o (тыс. км) вида

$$L_o = L_m \log_{\frac{E_f^m}{E_f^n}} \left(\frac{E_f^n}{E_f^m} \right), \quad (7)$$

где L_m – текущий пробег, тыс. км.

Разработан метод диагностирования подшипников коленчатого вала, состоящий из алгоритма и правил. В алгоритме диагностирования установлен состав и порядок проведения проверок и правила анализа их результатов. Правила диагностирования включают: последовательность и технические требования к выполнению операций диагностирования; указания по применяемому средству диагностирования АСОСП «Комплекс трибодиагностики», по режиму работы двигателя при диагностировании, по регистрации и обработке результатов диагностирования и выдаче диагноза; требования безопасности при проведении диагностирования.

Разработанное диагностическое обеспечение подшипников коленчатого вала автомобильных двигателей внедрено в ЗАО «Автоколонна 1825» (г. Оренбург). Техничко-экономические показатели диагностирования автомобильных двигателей ЗМЗ-5234.10 автобусов ПА3-3205 составили: периодичность 52 тыс. км (через каждые четыре ТО-2); средние удельные затраты 360 руб./час; средняя оперативная трудоемкость 0,5 чел. – ч.

Предложенный метод диагностирования подшипников коленчатого вала применим на всех этапах эксплуатации различных двигателей, характеризуется незначительными удельными затратами и трудоемкостью. Практическое использование разработанного метода диагностирования способствует повышению долговечности и снижению количества внезапных аварийных отказов автомобильных двигателей, что дает автотранспортному предприятию экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф.Н. Авдонькин. М.: Транспорт, 1993. 350 с.
2. Пат. RU№66046 U1, МПК G 01 M 13/04. Устройство для контроля состояния подшипников / Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, М.Р. Янучков (РФ). №2007112656/22. Заявлено 04.04.2007 – Решение о выдаче патента от 04.04.2007 г. Оpubл. 27.08.2007. Бюл. №24. 3 с.
3. Пат. RU№70414 U1, МПК H 01 R 39/64. Ртутный токосъемник / Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, М.Р. Янучков (РФ). –№2007136773/22. Заявлено 03.10.2007 Решение о выдаче патента от 03.10.2007 г. Оpubл. 20.01.2008 г., Бюл. № 2. 2 с.: ил.
4. Свид. об отрасл. рег. разработки № 7845 «Программное обеспечение для автоматизированной системы оценки смазочного процесса» / Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибизов, М.Р. Янучков.; заявитель и обладатель ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». №50200700519; зарегист. 12.03.2007. 3 с.
5. Якунин Н.Н. Диагностирование подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей по параметрам смазочного процесса / Н.Н. Якунин, Р.Ф. Калимуллин, М.Р. Янучков // Автотранспортное предприятие. 2009. № 4. С. 47-50.
6. Янучков М.Р. Диагностирование подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей по состоянию смазочного слоя / М.Р. Янучков, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 10. С. 125-132.
7. Янучков М.Р. Совершенствование диагностического обеспечения подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей / М.Р. Янучков // Молодой ученый. 2011. №8(31). Т. I. С. 92-99.

Калимуллин Руслан Флюрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета

Ruslan F. Kalimullin – PhD., Associate Professor of the Department of Automobile Transport Orenburg State University

Янучков Михаил Романович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета

Mikhail R. Yanuchkov – PhD., Senior Teacher of the Department of Automobile Transport Orenburg State University

УДК 621.43

И.К. Данилов, К.Л. Слитников, Ю.И. Данилов

ОЦЕНКА ТРУДОЕМКОСТИ РЕМОНТА ДВС СЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

Для оперативного планирования ремонта сложно точно определить трудоемкость работ. На примере двигателя внутреннего сгорания рассматривается возможность планирования трудоемкости ремонта на основе теории многоуровневых иерархических систем и сетей Петри. Обоснована экспоненциальная зависимость доли восстановления ДВС различных групп от трудоемкости работ, которая учитывает, что часть работ по восстановлению может идти одновременно.

Двигатель, система, планирование, диаграмма Ганта, сеть Петри, экспоненциальная зависимость

I.K. Danilov, K.L. Slitnikov, Y.I. Danilov

EVALUATION OF LABOR-THE REPAIR OF ENGINES OF INTERNAL COMBUSTION WITH NETWORK METHODS

For operational planning repairs difficult to accurately determine the volume of work involved. On the example of an internal combustion engine is considered able to plan maintenance based on the complexity of the theory of multilevel hierarchical systems and Petri nets. Proved the exponential dependence of the fraction recovery engine different groups of labor work, which takes into account that part of the remediation can take place simultaneously.

Engine, system planning, Gantt charts, Petri nets, the exponential dependence

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) можно рассматривать как систему, состоящую из цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного механизма, системы питания, смазки (компонентов). Взаимодействие компонентов системы можно описывать в непрерывном времени - дифференциальными уравнениями, в дискретном – уравнениями в конечных разностях и нерегулярном (событийном) времени, когда время отсчитывается лишь в моменты происхождения событий, изменяющих состояние. Последний способ характерен для процесса восстановления работоспособности ДВС, как наиболее экономичный, но и непростой с точки зрения аналитического описания.

В процессе восстановления моделируемая система представляется совокупностью компонентов, обладающих собственными состояниями. Смена состояний может осуществляться заменой деталей, регулировками или другим изменением внутреннего состояния системы. С точки зрения взаимодействия элементов системы не все их состояния равноправны. Целесообразно выделить среди них три класса состояний: системные, сопряженные, внутренние. Состояния первого класса существенны для планирования ремонтных циклов ДВС. Это некоторая совокупность сопряженных состояний систем и механизмов ДВС, находящихся под воздействием внешних факторов – производственных условий восстановления работоспособности. Изменение внутренних состояний системы или механизма ДВС отражается непосредственно на функционировании других систем, эти состояния важны лишь с точки зрения исследования их технического состояния. Исследуемая система представляет собой совокупность процессов, которая в терминах динамического моделирования может быть описана в виде последовательностей взаимодействия с элементами смежных объектов системы.

Для аналитического описания параллельных процессов восстановления систем ДВС и оценки трудоемкости ремонта введем понятие дискретной диаграммы Ганта. Для этого проведем хронометраж времени, в котором рассматривается трудоемкость при обработке j -й детали компонента ДВС, полагая $t^j = 0, \Delta^j, 2\Delta^j, \dots$. Определим шаг Δ^j как наибольший общий делитель

(НОД) целых чисел $T_i^j, i = 1, \dots, r_j$, где r – число единиц оборудования, на которых обрабатывается j -я деталь:

$$\Delta_i^j = \text{НОД}(T_1^j, \dots, T_{r_j}^j). \quad (1)$$

Тогда m_i^j – время обработки j -й детали на i -й единице оборудования, выраженное в единицах $\bar{m}_i^j = T_i^j / \Delta_i^j$.

Для связи временных шкал t_j определим шаг дискретизации Δ , общий для всех r деталей:

$$\Delta_j^j = \text{НОД}(\Delta^1, \dots, \Delta^r). \quad (2)$$

Соответственно $m_i^j = T_i^j / \Delta \Delta_j^j$ есть длительность обработки j -й детали на i -й единице оборудования, выраженная в реальном времени системы. В каждый момент времени k компонент ДВС по отношению к j -й детали находится в некотором состоянии $x^j(n)$. Это состояние для всех компонент ДВС в k -й момент времени всех единиц оборудования системы, участвующих в восстановлении ДВС:

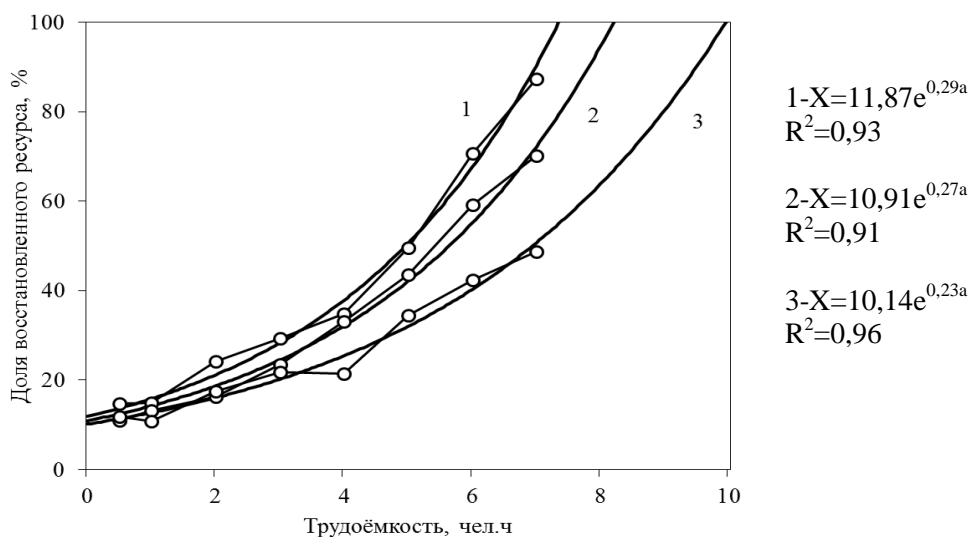
$$x^j(n) = \{x_1^j(n), \dots, x_r^j(n)\}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

Для моделирования необходимо осуществить «развертку» во времени векторов y_i^j , используя $x_i^j(n)$ в качестве внутренних состояний системы. Используя динамические циклические модели для генерации последовательности состояний представим состояние элемента системы в момент времени n в виде:

$$x_i^j(n) = \exp(\pi i / 2), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad \text{где } i = \sqrt{-1}. \quad (4)$$

С учетом обработки на i -й единице оборудования j -й детали компонента ДВС с помощью введенного выше числа m_i^j и времени ожидания a_i^j состояние $x_i^j(n)$ можно представить в виде:

$$x_i^j(n) = c_i^j \exp(2\pi i(n - a_i^j) / m_i^j) + a_i^j, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$



Зависимость доли восстановления ресурса ДВС при ПР от трудоёмкости:
1 – ДВС «новые» - 25 ед.; 2 – ДВС после ПР – 22 ед.; 3 – ДВС после КР – 21 ед.

Учет параллельности процесса ремонта позволили обосновать экспоненциальный характер зависимости доли восстановления ДВС от трудоёмкости технических воздействий:

$$X_i^j(n) = C_i^j e^{\frac{(2\pi i(n - a_i^j) + a_i^j)}{m_i^j}}, \quad (6)$$

где $X_i^j(n)$ – доля восстановления конкретного ДВС в момент времени n ; C_i^j – остаточный ресурс ДВС перед ПР; m_i^j – время восстановления j -й детали на i -й единице оборудования; a_i^j – время ожидания обработки j -й детали на i -й единице оборудования; i – число единиц оборудования для восстановления конкретного ДВС.

Для двигателей трех групп, приведенных на рис. 1, определены коэффициенты и параметры экспоненциальных зависимостей. При ремонте систем ДВС трудоемкость должна определяться не алгебраической суммой трудоемкостей каждой из них, а экспоненциальной зависимостью.

Таким образом, недостаточное исследование вопросов, связанных с системным представлением проблемы технологического обеспечения ремонтно-производственных систем явилось причиной имеющихся в настоящий момент сложностей в оценке трудоемкости.

Данилов Игорь Кеворкович – доктор технических наук, зав. кафедрой «Автомобили и двигатели», декан автомеханического факультета Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Igor K. Danilov – doctor of Engineering, department chair «Cars and engines», dean of automotive faculty the Gagarin Saratov State Technical University

Слитников Константин Леонидович – аспирант автомеханического факультета Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Konstantin L. Slitnikov – graduate student of automotive faculty Gagarin Saratov State Technical University

Данилов Юрий Игоревич – аспирант автомеханического факультета Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Yury I. Danilov – graduate student of automotive faculty Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113

С.А. Гребенников

СНИЖЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Проведен анализ конструкций и работы самой современной на настоящий момент системы питания дизельного двигателя аккумуляторного типа «Common rail», выявлены причины, вызывающие неравномерность подачи топлива по цилиндрам дизеля, установлены зависимости для математического моделирования пульсаций давления топлива, на основе уравнений сжимаемости топлива и деформации деталей топливной системы.

Неравномерность работы, шум и вибрация, техническое состояние, ресурс, система «Common rail», пульсации давления

S.A. Grebennikov

DROP OF UNEVENNESS OF OPERATION OF DIESEL ENGINES

The analysis of designs and work of the most modern currently feed systems of the diesel engine of the storage type «Common rail» is carried out, the reasons causing unevenness of fuel

delivery on cylinders of the diesel are established, dependences for mathematical modeling of pulsations of pressure of fuel, on the basis of the equations of compressibility of fuel and deformation of details of a fuel system are established.

Unevenness of work, noise and vibration, technical condition, resource, Common rail system, pressure pulsations

Система «Common rail» (в переводе с английского - общая магистраль) находится на вершине эволюции систем впрыска топлива дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Ее характерной особенностью является наличие аккумулятора давления топлива (рис. 1), что фактически разделяет функции нагнетания и распределения топлива. Основными преимуществами системы над предшественниками, являются независимость закона подачи топлива форсункой с электромагнитным или пьезоэлектрическим запирающим элементом от работы насоса высокого давления (ТНВД), возможность электронного управления моментом начала подачи и количеством впрыскиваемого топлива, осуществления нескольких впрыскиваний топлива за один рабочий цикл в один цилиндр. В совокупности с высоким давлением топлива, создаваемым системой «Common rail» на уровне 150-200 МПа, данные преимущества обеспечили настоящий прорыв в технико-экономических и экологических характеристиках дизельных ДВС, увеличив их долю на мировом рынке автомобилей до 40-60%.

Разделение функций нагнетания давления и распределения топлива позволило исключить влияние технического состояния ТНВД на закон подачи топлива форсункой, что в предыдущих системах обуславливало высокую неравномерность топливоподачи, а соответственно и неравномерность работы ДВС. Неравномерная работа цилиндров обуславливает повышенные шум и вибрацию ДВС, снижение его технико-экономических показателей и ресурса, в связи с чем, в процессе разработки и эксплуатации ДВС ее значение стремятся минимизировать.

Например, с целью уменьшения неравномерности подачи топлива системой «Common rail» каждая ее форсунка имеет 9-значный корректировочный код, характеризующий ее производительность, значение которого необходимо занести в память блока управления системой для корректировки им управляющего форсункой сигнала.

Возможность осуществления нескольких впрыскиваний топлива за один цикл одной и той же форсункой обусловило применение предварительного впрыска небольшой порции топлива, в результате сгорания которой, температура в камере сгорания значительно повышается, что создает лучшие условия для испарения и сгорания основной порции топлива. (рис. 2) Эффект от предварительного впрыска сопоставим со значительным повышением степени сжатия и цетанового числа топлива, поскольку резко сокращает период задержки воспламенения топлива, а соответственно жесткость работы и неравномерность вращения коленчатого вала дизеля δ

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega}, \quad (1)$$

где ω_{\max} и ω_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значения угловой скорости коленчатого вала за рабочий цикл;

ω – среднее значение угловой скорости коленчатого вала за рабочий цикл.

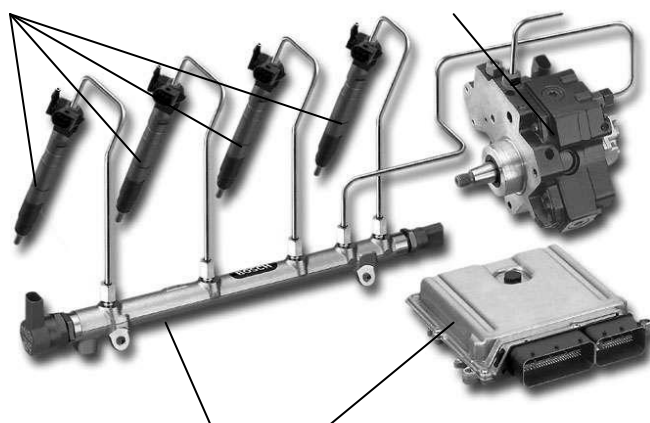


Рис. 1. Устройство системы питания дизеля с аккумулятором давления «Common rail»: 1 - форсунки; 2 - топливная рампа (аккумулятор давления); 3 - ТНВД, 4 - блок управления

Момент предварительного впрыска, как и количество впрыскиваемого топлива по отдельным цилиндрам, не являются фиксированной величиной, а изменяются с учетом неравномерности изменения технического состояния цилиндров и форсунок. Оценивая ускорения, сообщаемые каждым поршнем коленчатому валу, по сигналу датчика частоты вращения коленчатого вала система управления изменяет указанные параметры впрыска в отдельных цилиндрах.

Существенным фактором понижения шума и вибрации дизельного ДВС стало применение на нем «двух массового» маховика, суть которого заключается в упругом взаимодействии двух частей маховика, образующих его массу (плоскости, контактирующей с фрикционным диском сцепления и плоскости, соединенной с фланцем коленчатого вала.). Причем основной эффект достигается не для агрегатов трансмиссии, а для самого ДВС, за счет уменьшения сопротивления движению поршня в «рабочем ходе» (сжатие упругих элементов) и возврата энергии упругих элементов на такте «сжатие». Благодаря упругой связи маховика с коленчатым валом, снижается неравномерность вращения коленчатого вала и частота его вращения на холостом ходу, уменьшаются нагрузки на детали ДВС, уменьшается воздействие двигателя на свои опоры в кузове автомобиля (реактивный момент), создающий ощущение вибрации у водителя.

При всем совершенстве системы «Common rail» в ней остается значительный резерв повышения ее технико-экономических свойств, признанный всеми производителями данной системы – устранение пульсаций давления в топливной рампе (аккумуляторе давления). Сжимаемость топлива и упругость стенок топливной аппаратуры под воздействием высокого давления, оказывают существенное влияние на процесс топливоподачи пульсациями, обусловленными падением давления топлива в рампе в процессе впрыска топлива, и его повышения от нагнетания плунжерами топливного насоса. Давление топлива - основной параметр для расчета продолжительности впрыска, и его колебания приводят к погрешностям в определении действительной цикловой подачи, что в свою очередь является причиной неравномерной работы ДВС.

Колебания давления можно снизить за счет увеличения объема топливной рампы, что в свою очередь отрицательно сказывается на процессе запуска, когда необходимо быстро создать необходимое давление.

Тип ТНВД и его передаточное отношение относительно коленчатого вала определяют количество, амплитуду и фазовые сдвиги пульсаций давления в топливной системе. В настоящий момент имеется тенденция к уменьшению количества плунжерных пар насоса. Если начало эпохи системы «Common rail» фирмы Bosch ознаменовали трехплунжерные ТНВД, то в настоящий момент ее насосы с 1 плунжером. Суть этого перехода – уменьшение количества пульсаций давления и устранение неравномерности подачи секциями ТНВД, обусловленной неизбежными различиями характеристик плунжерных пар. Например, насос модели CP1 фирмы Bosch с тремя плунжерами, приводимый от распределительного вала ДВС с передаточным числом относительно коленчатого вала 1:2, за рабочий цикл ДВС совершает три насосных хода (рис. 3). Причем как минимум один из них, обязательно совпадает с моментом подачи топлива в цилиндр (на рис. 3 – со II цилиндром), что значительно ус-

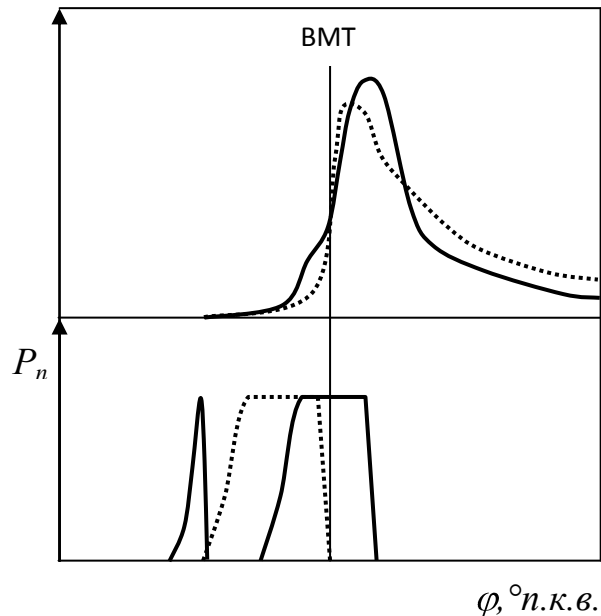


Рис. 2. Зависимость давления сгорания P_i от угла поворота коленчатого вала φ (п.к.в.):
 — с предварительным впрыском;
 при однофазном впрыске;
 P_n – давление впрыска

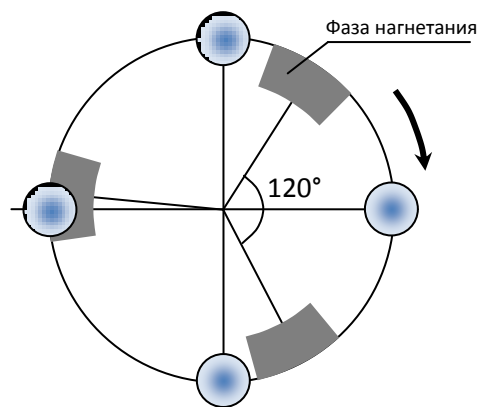


Рис. 3. Диаграмма фаз топливоподачи трехплунжерного ТНВД с углом развала плунжеров 120° :
 I-IV – номера цилиндров, в которых осуществляется впрыск

ложняет задачу расчета параметров впрыска в нем. Насос СР4.1 – одноплунжерный, двухкулачковый с передаточным числом относительно коленчатого вала 1:1 (рис. 4). При данной схеме, насосные ходы плунжера никогда не совпадут с моментом подачи топлива в цилиндр, каждой подаче топлива в цилиндр предшествует фаза нагнетания топлива в рампу, а неравномерность количества нагнетаемого топлива сведена к минимуму, поскольку определяется только погрешностью изготовления кулачка. Технологическая трудность перехода на одноплунжерный насос заключается в обеспечении требуемого ресурса ТНВД в условиях повышенной механической и тепловой нагруженности плунжерной пары из-за неизбежного нагрева топлива при его сжатии.

Еще более усложняют определение параметров впрыска пульсации, вызванные сжимаемостью топлива и упругой деформацией деталей топливной системы (нагнетательного трубопровода, топливной рампы и трубопроводов, соединяющих топливную рампу и форсунки). При этом необходимо учитывать:

- изменение физико-химических свойств топлива от его нагрева в результате сжатия;
- широкий диапазон изменения частоты колебаний топлива в рампе в зависимости от скоростного режима работы дизеля;
- оптимизацию давления в системе «Common rail» на каждом режиме работы ДВС для исключения перегрева топливной аппаратуры и снижения механических потерь на привод ТНВД.

В общем случае сжимаемость топлива характеризуется коэффициентом сжимаемости β_m , который отражает изменение объема dV топлива под воздействием давления p

$$\beta_m = - \left(\frac{1}{V} \right) \left(\frac{dV}{dp} \right) \text{ [МПа}^{-1}\text{]}. \quad (2)$$

По данным [1] при изменении давления от атмосферного значения до 40 МПа, коэффициент β_m изменяется от 10,5 до 6 МПа⁻¹, что и способствует образованию волны давления в трубопроводе, распространяющуюся от форсунки в момент ее закрытия до топливной рампы. При изменении температуры топлива с 20°С до 70°С коэффициент сжимаемости изменяется с 6,3 до 7,7 МПа⁻¹ [1].

Упругую деформацию трубопроводов и рампы β_s рассчитаем, используя формулу Ламе для определения деформации оболочки цилиндра под действием распределенной нагрузки с учетом сжимаемости топлива

$$\beta_s = \beta_m + \left(\frac{1}{V_{mp}} \right) \cdot \left(\frac{dV_{mp}}{dp} \right) = \beta_m + \left(\frac{1}{E} \right) \left[\frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} \right] \mu_n, \quad (3)$$

где V_{mp} – объем трубопровода; R и r – соответственно внешний и внутренний радиусы трубопровода (рампы); E и μ_n – соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона материала трубопроводов (рампы).

Переменной является и скорость звука a в топливе, с которой движутся пульсации давления по трубопроводам и рампе, поскольку она зависит от температуры и плотности ρ топлива. Согласно определению β_m имеем

$$a = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}} = \sqrt{\frac{1}{\beta_m \cdot \rho}}, \text{ [м/с]}. \quad (4)$$

С учетом податливости трубопроводов и рампы

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \cdot \left\{ \beta_m + \left(\frac{1}{E} \right) \left[\frac{R^2 + r^2}{R^2 - r^2} \right] \mu_n \right\}}}, \text{ [м/с]}. \quad (5)$$

Математическое моделирование колебательных процессов в топливной системе позволит уточнить методику расчета параметров впрыска, сформулировать рекомендации по рациональной

организации контура высокого давления системы питания «Common rail», что в итоге снизит негативное влияние пульсаций давления на рабочие процессы дизельного ДВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов С.И. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей: учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985.-456 с.

Гребенников Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Sergey A. Grebennikov – Ph.D., associate professor «Cars and engines» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.119

А.С. Гребенников, С.А. Гребенников, Д.В. Федоров

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВС ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Приведен анализ неисправностей и отказов ДВС в связи с переводом двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на газовые топлива, рассмотрены положительные и отрицательные стороны влияния газового топлива на технико-экономические показатели его работы в сравнении с топливами нефтяного происхождения.

Эксплуатация, газобаллонные автомобили, надежность

A.S. Grebennikov, S.A. Grebennikov, D.V. Fedorov

FEATURES OF OPERATION OF DVS OF GAS CYLINDER CARS

The analysis of malfunctions and DVS refusals in connection with transfer of the internal combustion engines to gas fuels is provided, positive and negative sides of influence of gas fuel on technical and economic indicators of its work in comparison with fuels of an oil origin are considered.

Operation, gas cylinder cars, reliability

Газовые углеводородные топлива на сегодняшний день наиболее весомая альтернатива топливам нефтяного происхождения. На мировом и отечественном рынке номенклатуры газовых топлив, используемого в качестве моторного топлива автотракторной техники, значительно расширилась. Помимо традиционных топлив – природного (метана) и сжиженного нефтяного (СНГ - смесь с основными компонентами пропана, бутана и изобутана) газов – предложены для использования попутный нефтяной газ, биогаз (из продуктов и отходов сельского хозяйства), синтез-газ, получаемый на генераторе путем парциального окисления метана, водород и другие.

Общее число газобаллонной техники в России на 1 января 2012 года превысило 105 тысяч, в мире – свыше 11 млн. Во многих странах существуют законодательные меры стимулирования использования газа в качестве моторного топлива: предоставление льгот, отсрочки или освобождения от уплаты налогов. Мировыми лидерами использования газобаллонных автомобилей (ГБА) являются Аргентина, Бразилия и Пакистан. Парк только автотракторной техники, работающей на компримированном природном газе (КПГ) в каждой из этих стран превышает 1 млн. Для обеспечения ГБА КПГ в мире построено около 12 000 государственных и частных автомобильных газонаполнительных ком-

прессорных станций (АГНКС) [3]. Прогнозы аналитиков предусматривают в ведущих автомобилизированных странах мира перевод к 2020 году до 23 % автомобилей на альтернативные виды топлива [2].

Считается, что преимущества газовых топлив перед топливами нефтяного происхождения обусловлены экономическими, ресурсными, техническими и экологическими факторами [1, 2, 3, 4.], например:

- низкой ценой (в 1,5...3 раза дешевле бензина и дизельного топлива);
- большими природными запасами и независимостью свойств газа от климатических условий;
- увеличением ресурса двигателя на 50%, сроков службы моторного масла и свечей зажигания в 1,2...1,5 раза;
- снижением шума и вибрации ДВС, токсичных выбросов в атмосферу.

Появление на рынке газовых топлив со значительно отличающимися составами диктует необходимость создания двигателей, адаптированных под эти топлива (с газовой системой питания). В настоящее время наибольшее распространение получили две тенденции:

- трансформация существующих бензиновых ДВС в двухтопливные (на бензине или газе) или газоискрывые;
- конвертация дизельных ДВС – доработкой топливной системы, работающей по газодизельному способу смесеобразования с запальной дозой дизельного топлива, или установкой системы зажигания с одновременным снижением степени сжатия в камере сгорания до 12...13 единиц (газоискрывой вариант).

Для единого управления объектами газомоторного бизнеса в 2006 году в г. Саратове был создан специализированный филиал «Саратовавтогаз». Совместно с деятельностью филиала «Саратовавтогаз» реализацией компримированного природного газа в Саратовской области и развитием его применения в качестве альтернативного моторного топлива занимается ООО «ГазпромтрансгазСаратов».

В настоящее время на территории Саратовской области для ГБА, работающих на КПП, имеется 6 АГНКС, 2 из которых находятся в Саратове (на Сокурском тракте и в п. Увек), остальные - в Александров Гае, Балашове, Екатериновке и Петровске, а также свыше 150 автомобильных газовых заправочных станций (АГЗС) - для автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе.

Заправка ГБА КПП может также осуществляться посредством передвижных автогазозаправщиков (ПАГЗ). В Саратове функционируют три ПАГЗ. Их применение позволяет осуществлять заправку автомобилей непосредственно на территории автотранспортных предприятий, что способствует сокращению «холостых» пробегов. Использование ПАГЗ также открывает перспективы газификации транспорта в сельском хозяйстве, где отсутствует возможность перемещать технику до заправочной станции.

На КПП в Саратове и области эксплуатируется около 750 ГБА (КАМАЗ, ГАЗ, ЛиАЗ, ВАЗ), на СНГ – свыше 4 тысяч, преимущественно автомобили ГАЗель, ВАЗ.

При переводе конкретной модели ДВС на газовые моторные топлива по-прежнему актуальны эксплуатационные исследования количественных и качественных характеристик газобаллонных автомобилей и сравнения их с показателями при работе на традиционном топливе.

Цель статьи – обобщить опыт эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих в Саратове.

Выполненные исследования на примере эксплуатации ГБА «ГАЗель» (среднегодовые пробеги 90...150 тыс. км) с двигателями ЗМЗ-4062.10, 405.2 в г. Саратове позволили сделать следующие выводы:

-периодичность замены моторного масла двигателями ГБА реже, чем при эксплуатации двигателя на бензине. При использовании полусинтетического масла оптимальная периодичность его замены - 15 тыс. км; при эксплуатации на синтетическом масле – 20 тыс. км;

-воздушно - газовые смеси сгорают с меньшей скоростью, но при их сгорании выделяется большее количество теплоты, чем у воздушно-бензиновой или воздушно-дизельной смеси. Из-за повышенного теплового режима в камере сгорания ДВС и «сухости» газа на пробеге 150...200 тыс. км происходит заметный износ направляющих втулок и седел клапанов, что приводит к снятию головки блока и замене клапанов. Выпускные клапаны имеют износ на 10...20% выше, чем впускные. На седлах клапанов заметна их овальность в поперечном сечении к оси двигателя, что требует операций восстановления правильной геометрии седел клапанов. Часто наблюдаются случаи, когда тепловой зазор в клапанном механизме двигателей ГАЗ, ВАЗ, работающих без гидрокомпенсаторов, в процессе эксплуатации уменьшается, а не увеличивается как в ДВС, работающих на бензине. Причина – по-

вышенный износ сопряжения седло – тарелка клапана. По этой причине рекомендуемая периодичность проверки теплового зазора механизма газораспределения ГБА уменьшается до 10...15 тыс. км;

-несмотря на то, что высокие октановые числа (105...110 единиц по моторному методу) газовых топлив требуют соответствующего увеличения угла опережения зажигания, делать это надо осторожно – повышать угол не более 1...3 градусов, относительно оптимального для бензина. Раннее зажигание увеличивает тепловую нагруженность, что приводит к перегреву ДВС. С учетом значительного времени работы ДВС на обедненных газозодушных смесях, при раннем зажигании в практике эксплуатации наблюдаются случаи прогорания днищ поршня и тарелок клапанов;

-работающие на бензине и газе форсунки «кокуются» чаще, чем бензиновые ДВС; периодичность обслуживания электромагнитных форсунок при установленной трудоемкости составляет 15...20 тыс. км;

-ресурс элементов цилиндропоршневой группы при использовании газового топлива увеличивается на 50...100%, свечей зажигания не более 25%;

-потребность в регулировочных работах газовой системы питания возникает через 50 тыс. км (проводится при сезонном обслуживании). Текущий ремонт в основном выполняется после 100...150 тыс. км и заключается в замене диафрагмы и уплотнительных прокладок клапанов редуктора низкого давления;

-новое поколение двигателей ЗМЗ-4062 с улучшенным коленчатым валом при работе на газовом топливе имеют ресурс около 500 тыс. км, что на 15...20% выше, чем при работе ДВС на бензине;

-значения мощности и удельного расхода топлива при работе ДВС на СНГ ухудшаются по отношению к бензиновым не более 15 %;

-срок окупаемости переоборудованных автомобилей под использование газового вида топлива (при среднегодовом пробеге около 100 тыс. км) не превышает 1,5 лет.

В таблице приведен пример расчета эффективности использования газового двигателя КАМАЗ Евро-2 820.52-260 в сравнении с базовым дизельным двигателем Евро-2 740.30-260, выполненный в соответствии с методикой ООО «ГазпромтрансГазСаратов».

Экономическая эффективность газового двигателя КАМАЗ

Сравнительные характеристики	Дизельный двигатель	Газовый двигатель	Экономия, руб.
Цена двигателя с НДС, руб.	215 000	223 390	
Вид энергоносителя	Дизельное топливо	Природный газ	
Стоимость топлива за ед., руб.	29.0/л	8/м ³	
Расход топлива на 100 км. пробега	45	63	
Затраты на 100 км пробега, руб.	1305	504	801
Затраты на топливо, руб./г	1 044 000	403 200	640800
Периодичность замены масла, км	16 000	25 000	
Расход масла на одну замену, л	27	27	
Цена 1 л масла, руб.	40	40	
Затраты на замену масла, руб./г	5 400	3 456	1944
Затраты на доливку масла, руб./г	2 520	2 520	
Годовой фонд времени, ч	2 000	2 000	
Моторесурс до капремонта, ч	15 000	20 000	
Затраты на реновацию, руб./г	28 667	22 339	6328
Затраты на обслуживание, руб./г	1 820	1 820	
Итого затраты, руб./г	1086507	437435	649072
Годовая экономия по сравнению с дизельным двигателем, руб.			649072
Замена двигателя и установка ГБА			120 000
Окупаемость установки газового двигателя для потребителей, лет			1,5

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов Ю.В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей / Ю.В.Панов. М.: Изд. центр «Академия». 2006. 160 с.
2. Певнев Н.Г. Совершенствование процесса эксплуатации газобаллонных автомобилей с двухтопливной системой питания: дис. ... д-ра техн. наук. Омск: СибАДИ. 2004. 360 с.
3. Пронин Е.Н. Природный газ – моторное топливо XXI века // Природный газ в моторе? Вопросы и ответы / Е.Н. Пронин. М.: Алькор-4, 2006. 60 с.
4. Савельев Г.С. Техничко-экономические показатели газодизельных и газоискровых двигателей, работающих на КППГ / Г.С. Савельев, Д.В.Дегтярев // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. №2 (26). С. 74-75.

Гребенников Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Sergey A. Grebennikov – Ph.D., associate professor of Cars and Engines chair of Gagarin Saratov state technical university

Федоров Дмитрий Викторович – аспирант кафедры – «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Dmitry V. Fedorov – graduate student of chair – «Cars and automobile economy» Gagarin Saratov state technical university

Гребенников Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander S. Grebennikov – Doctor of Engineering, the professor of chair – «Cars and automobile economy» Gagarin Saratov state technical university

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.43.018.2

С.А. Гребенников, А.С. Гребенников, А.В. Никитин

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТОПЛИВОПОДАЧЕЙ ДВС ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Предложен способ повышения точности управления топливоподачей бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) по показателям внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала, позволяющий учитывать неравномерность распределения воздушной массы по цилиндрам и изменение технического состояния форсунок системы впрыска. В качестве управляющих параметров обоснованы амплитуда колебаний угловой скорости и фазовые сдвиги ее экстремумов относительно верхней мертвой точки соответствующих цилиндров.

Двигатель внутреннего сгорания, газораспределение, неравномерность рабочих процессов, угловая скорость, неравномерность вращения, адаптивное управление

S.A. Grebennikov, A.S. Grebennikov, A.V. Nikitin

ADAPTIVE STEERING OF ICE FUEL FEEDING ON INDICATORS OF UNEVENNESS OF ROTATION OF THE BENT SHAFT

The mode of increase of accuracy of steering by fuel feeding of the petrol internal combustion engines (ICE) on indicators of intra cyclic changes of angular speed of the bent shaft, allowing to consider unevenness of distribution of air mass on cylinders and change of a technical condition of spray jets of system of injection is offered. As steering parameters amplitude of fluctuations of angular speed and phase shifts of its extrema of rather top dead point of the corresponding cylinders are proved.

Internal combustion engine, gas distribution, unevenness of working processes, angular speed, unevenness of rotation, adaptive steering

Характерной особенностью автомобильных двигателей является работа в широком диапазоне нагрузочных и скоростных режимов. Изменение режима работы существенно влияет на протекание рабочих процессов из-за нарушения теплового баланса между деталями цилиндропоршневой группы и газо-топливной смесью, существенного изменения газодинамических (насосных) и механических потерь. По этим причинам, наилучшие технико-экономические характеристики ДВС достигаются лишь в узком диапазоне частоты вращения коленчатого вала.

Задача расширения скоростного диапазона номинальных характеристик ДВС достаточно успешно решается при помощи принудительного нагнетания воздуха в цилиндры - наддува, однако его применение на бензиновых ДВС возможно лишь при снижении степени сжатия, для исключения детонации топлива, что существенно снижает его экономические показатели.

Исследования законов движения воздуха во впускном трубопроводе позволили улучшить процессы наполнения путем применения:

- так называемых заслонок «завихрителей», частично перекрывающих сечение впускного трубопровода на малых частотах вращения для увеличения скорости воздушного потока, входящего в цилиндр, что увеличивает его турбулентность, а соответственно, и скорость перемешивания топлива с воздухом;

- двойного впускного трубопровода для каждого из цилиндров: узкого большой длины для лучшего наполнения на малых оборотах, и большего сечения и короткого для сокращения насосных потерь на больших оборотах, переключение между которыми осуществляется заслонкой;

- изменяемых по фазам и высоте открывания клапанов механизмов газораспределения, позволяющих сдвигать в сторону запаздывания закрытие впускного клапана, что улучшает наполнение на больших оборотах, и выпускного клапана – для осуществления внутренней рециркуляции отработавших газов, что в свою очередь способствует понижению температуры сгорания, и соответственно выбросов оксидов азота NO_x .

При существующей тенденции к снижению габаритов и рабочего объема силовых агрегатов, конструкцию впускного коллектора не всегда удается выполнить симметричной с равными длинами и идентичными формами впускных трубопроводов отдельных цилиндров. Это обстоятельство, в совокупности с различной величиной подогрева трубопроводов теплом, выделяемым ДВС, наличием колебаний воздушной среды (в том числе и резонансных), обусловленных периодичностью процессов наполнения и наложением (перекрытием) фаз впуска между отдельными цилиндрами, наличием обратного выброса отработавших газов во впускной коллектор в результате перекрытия клапанов в ВМТ способствует неравномерности коэффициента наполнения между цилиндрами, ошибочному определению коэффициента избытка воздуха по цилиндрам, а, следовательно, увеличению токсичности отработавших газов и неравномерности работы ДВС.

Снижение рабочего объема ДВС при сохранении его мощности (так называемый «Downsizing») возможно при увеличении скорости воздушного потока через впускной трубопровод, что в свою очередь увеличивает вероятность его турбулентного истечения. При высокой турбулентности потоков воздуха, особенно при наличии турбокомпрессора, который сообщает воздуху не только вихревое движение, но и неравномерно распределенную теплоту, обусловленную сжатием воздушной среды и теплообменом между крыльчаткой (нагреваемой через общий вал от турбины) и воздухом, расчет параметров наполнения отдельных цилиндров еще более усложняется.

Между тем, расчет параметров воздушного заряда на современных ДВС производится единственным датчиком системы управления (датчиком абсолютного давления, либо массового расхода воздуха, а также температуры воздуха) еще до разделения потоков воздуха по отдельным цилиндрам. Соответственно, расчет топливоподачи в отдельные цилиндры осуществляется на основании

обобщенных данных о количестве потребляемого воздуха без учета неравномерности его распределения.

Измерение расхода воздуха после разделения трубопровода возможно лишь за счет увеличения числа датчиков расхода воздуха до числа цилиндров, что, во-первых, удорожит систему управления, во вторых добавит вероятности «подсоса» атмосферного (неочищенного) воздуха через соединения датчиков с трубопроводом и поэтому не используется на автомобильных ДВС.

Адаптировать систему управления впрыском топлива под неравномерное наполнение цилиндров воздухом позволит оценка эффективности протекания процессов в отдельных цилиндрах ДВС по параметрам колебаний угловой скорости коленчатого вала. Поскольку количество впрыскиваемого топлива в системах экологического стандарта Евро2 и выше рассчитывается исходя из обеспечения стехиометрического (14,7 кг воздуха на 1 кг топлива) состава топливно-воздушной смеси, что необходимо для нормальной работы каталитического нейтрализатора, то учитывая неравномерность распределения массы воздуха по цилиндрам, фактически, в каждом из них может быть обедненная, обогащенная и нормальная (стехиометрическая) смеси. Ситуация усугубляется и тем, что техническое состояние форсунок изменяется не одинаково. Например, наибольшему загрязнению от взвешенных в топливе частиц пыли, либо продуктов распада топлива подвержена первая в топливной рампе (относительно подвода топлива из бензобака) форсунка, а соответственно ее производительность будет сокращаться быстрее остальных, что будет обуславливать обедненный состав смеси именно в данном цилиндре.

Колебания угловой скорости коленчатого вала обусловлены чередованием одноименных тактов в ДВС, и в большей степени определяются моментами от газовых сил в тактах «сжатие» и «рабочий ход» (соответственно замедление и ускорение коленчатого вала на рис. 1.). Известно, что обогащенная смесь сгорает с большей скоростью и жесткостью, чем обедненная, а, соответственно, импульс угловой скорости вращения коленчатого вала от данного цилиндра (рис. 1, цилиндр III) будет более интенсивным и с большей амплитудой, чем от цилиндров с обедненной смесью (соответственно I и IV), которая может догорать и в процессе рабочего хода поршня. Скорость сгорания топливовоздушной смеси отражается как на коэффициенте неравномерности угловой скорости [1], так и на фазовых положениях экстремумов угловой скорости (φ_{\max} и φ_{\min}) относительно ВМТ соответствующих цилиндров. Из-за смещения процесса сгорания на такт «рабочий ход» при обеднении смеси и большего периода задержки воспламенения оба экстремума смещаются относительно ВМТ (рис. 1, цилиндр I и IV). При нормальном (стехиометрическом) составе

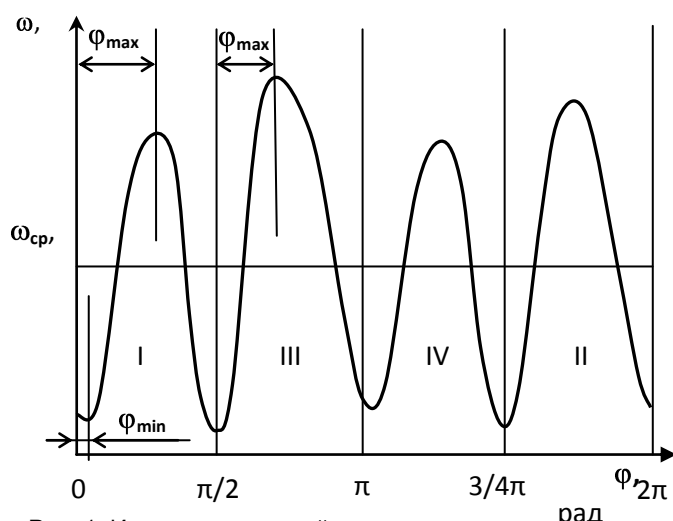


Рис. 1. Изменение угловой скорости ω коленчатого вала по углу его поворота φ в пределах рабочего цикла ДВС:
I-IV – номера цилиндров;
 $\omega_{\text{ср}}$ – значение средней угловой скорости

смеси, воспламенение происходит вблизи ВМТ, а соответственно экстремум φ_{\min} совпадает с ВМТ (рис. 1, цилиндр II).

Таким образом, амплитуду и фазовые экстремумы угловой скорости в пределах цикла работы ДВС, возможно использовать в качестве параметров адаптивного управления процессами топливоподачи и зажигания в отдельных цилиндрах, что позволит учесть неравномерность распределения топливовоздушной смеси, возникающей из-за конструктивных особенностей впускного коллектора и неравномерности изменения технического состояния системы питания. При этом значительно повышаются показатели экологичности, индикаторный КПД и равномерность работы цилиндров ДВС. Пример адаптивной системы управления ДВС по показателям колебаний угловой скорости представлен на рис. 2.

Пунктирной линией выделен блок адаптации, осуществляющий регистрацию, анализ колебаний угловой скорости и вычисляющий цилиндры с соответствующими отклонениями в рабочих процессах, требующих корректировки подачи топлива.

Пунктирной линией выделен блок адаптации, осуществляющий регистрацию, анализ колебаний угловой скорости и вычисляющий цилиндры с соответствующими отклонениями в рабочих процессах, требующих корректировки подачи топлива.

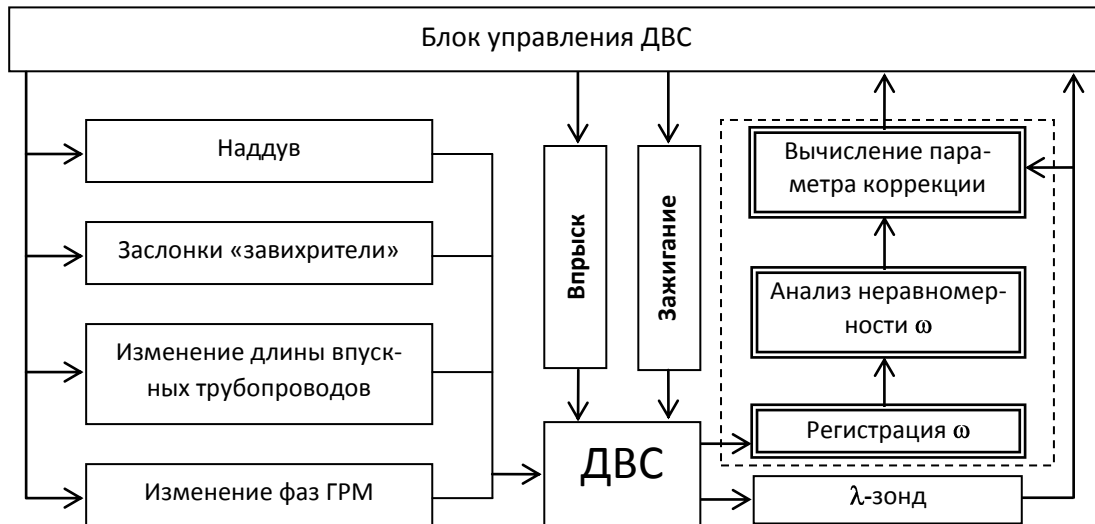


Рис. 2. Алгоритм адаптивного управления процессом топливоподачи и зажигания по параметрам изменения угловой скорости коленчатого вала

Регистрацию угловой скорости можно осуществлять при помощи датчика положения коленчатого вала, являющегося стандартным для современных систем управления ДВС. Кроме угловой скорости, блок адаптации учитывает значение коэффициента избытка воздуха, регистрируемого по датчику кислорода (λ -зонду) в системе выпуска отработавших газов, чтобы величины корректировок топливоподачи не нарушили процесс окисления в нейтрализаторе.

При отсутствии возможности корректировки степени неравномерности работы цилиндров за счет изменения подачи топлива, например вследствие нарушения показателя $\lambda=1$ (он имеет блокирующий статус, ввиду приоритетности показателей экологичности над остальными), возможен вариант оптимизации угла опережения зажигания. Увеличение угла опережения зажигания в цилиндре с обедненной смесью позволит сместить сгорание смеси с такта «рабочий ход» в район ВМТ и исключить фазовое смещение φ_{\min} соответствующее данному цилиндру на графике изменения ω (рис. 1).

Таким образом, показатели изменения внутрицикловой угловой скорости коленчатого вала являются оценочными параметрами неравномерности работы цилиндров ДВС, с помощью которых можно улучшить адаптивность систем управления индивидуальным корректированием подачи топлива и угла опережения зажигания по отдельным цилиндрам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов / под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. М.: Высш. шк., 2007. 479 с.

Гребеников Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Sergey A. Grebennikov – Ph.D., associate professor of Cars and Engines chair of Gagarin Saratov state technical university

Гребеников Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры – «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander S. Grebennikov – the Doctor of Engineering, the professor of chair – «Cars and automobile economy» Gagarin Saratov state technical university

Никитин Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander V. Nikitin – Ph.D., associate professor «Cars and engines» Gagarin Saratov state technical university

УДК 631.43.018.8

А.С. Денисов, И.Ю. Куверин

**ОТЛАДКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ПРИБОРА
ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PROTEUS**

Показаны перспективы развития аппаратного обеспечения средств диагностирования двигателей внутреннего сгорания по показателям изменения угловой скорости коленчатого вала. Приведена упрощенная схема разрабатываемого диагностического прибора. Показана методика отладки программного обеспечения микроконтроллера прибора с использованием программного комплекса Proteus.

Микроконтроллер, диагностический прибор, двигатель внутреннего сгорания, диагностика.

A.S. Denisov, I.U. Kuverin

**SOFTWARE DEBUGGING THE MICROCONTROLLER OF THE DEVICE
FOR DIAGNOSING INTERNAL COMBUSTION ENGINES
WITH USE OF PROGRAM COMPLEX PROTEUS**

Perspectives of development of hardware diagnostic devices of explosive motors on metrics of change of an angular velocity of a bent shaft are shown. The simplified circuit of the developed diagnostic instrument is resulted. The technique of adjustment of the software of the microcontroller of the instrument with usage of program Proteus complex is shown.

Microcontroller, diagnostic device, internal combustion engine, diagnostics.

В Саратовском государственном техническом университете на протяжении ряда лет ведется разработка бесстендовых методов и средств диагностирования двигателей внутреннего сгорания. В основе разработанных методов лежит определение параметров технического состояния двигателей по показателям изменения угловой скорости коленчатого вала без использования внешних приводных или нагрузочных устройств.

Большие перспективы в дальнейшем развитии данных методов открываются при разработке аппаратного обеспечения на основе современных микроконтроллеров ведущих мировых производителей. В настоящее время проводится разработка микроконтроллерного прибора для диагностирования дизельных двигателей. Основным компонентом разрабатываемого прибора является микроконтроллер ATmega128 8-битного семейства AVR гарвардской архитектуры (программа и данные находятся в разных адресных пространствах) американской фирмы Atmel.

Наибольшую сложность при разработке микроконтроллерных систем представляет разработка программы, которая при прошивке загружается в память микроконтроллера и обеспечивает его работу по заложенному алгоритму. Для программирования микроконтроллеров AVR, ввиду его большой популярности во всем мире, разработано значительное количество компиляторов для наиболее популярных языков программирования:

- компиляторы Assembler: IAR AVR Assembler Atmel, AVR Assembler;
- компиляторы Basic: Bascom AVR, AVR Simulator, FastAVR, ABC Basic Compiler;
- компиляторы Pascal: E-LAB AVRco, mikroPascal PRO for AVR;
- компиляторы языка Forth: ForthInc Forth-Compiler, MPE Forth-Compiler;
- компиляторы C: ICC AVR, AtmanAvr, mikroC PRO for AVR, avr-gcc, CodeVisionAVR;
- компиляторы C++: ICC AVR, IAR Embedded Workbench for AVR, IAR C/C++ Compiler for AVR;
- визуальная среда разработки программ для AVR в виде блок-схем Algorithm Builder.

Также архитектура AVR позволяет применять операционные системы при разработке приложений, например FreeRTOS и uOS.

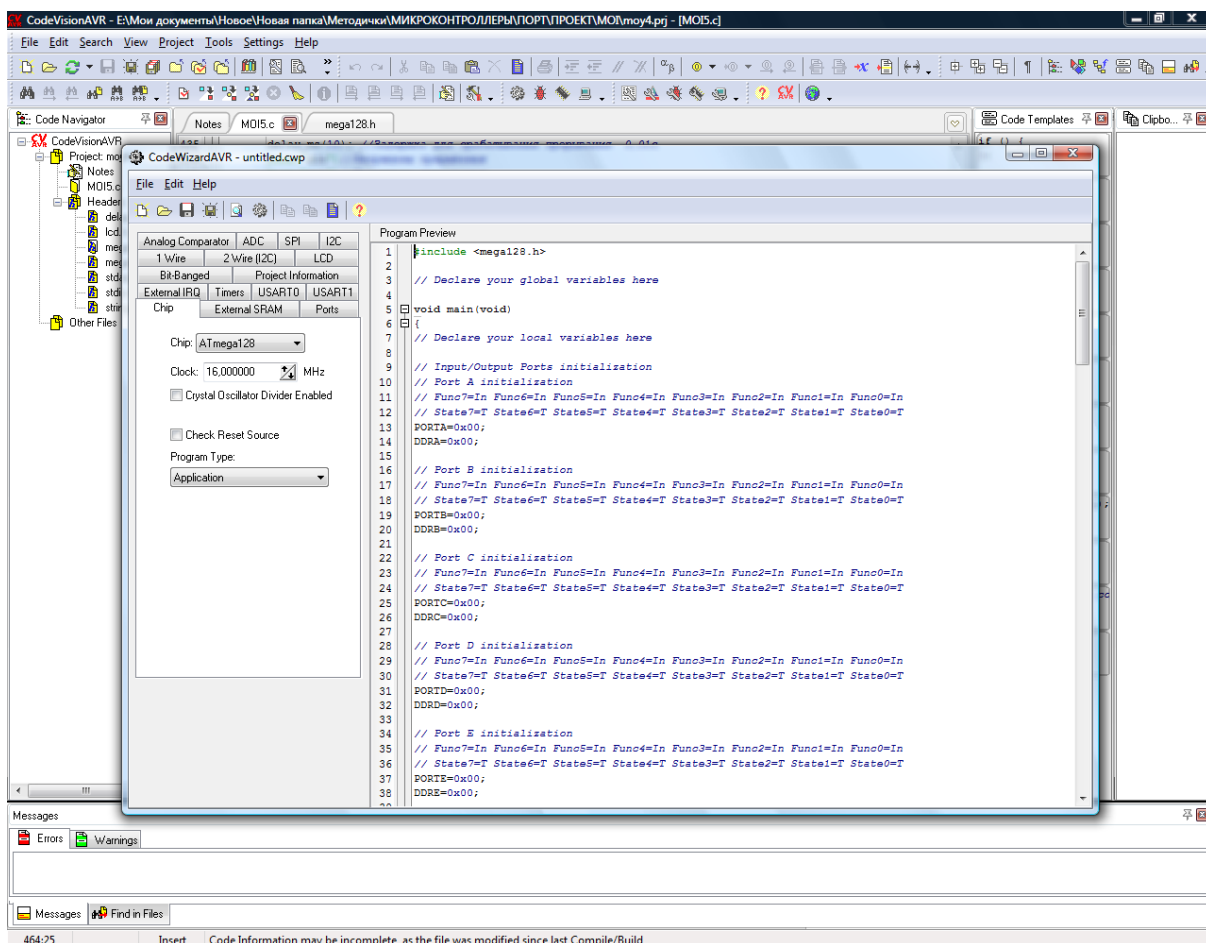


Рис. 1. Автоматический генератор программ (CodeWizardAVR) компилятора CodeVisionAVR

Система команд микроконтроллеров AVR изначально оптимизировалась под программирование на языках высокого уровня, что позволяет отказаться от программирования на ассемблере.

Наиболее целесообразным является использование объектно-ориентированного языка C, имеющего развитую систему команд.

Для программирования на языке C микроконтроллера выбран кросс-компилятор CodeVisionAVR, так как он имеет наиболее удобный автоматический генератор программ (CodeWizardAVR) (рис. 1), позволяющий значительно упростить написание программ. Кроме того, CodeVisionAVR обеспечивает выполнение почти всех элементов языка C, которые разрешены архитектурой языка C, с некоторыми добавленными характеристиками, которые реализуют преимущество специфики архитектуры AVR. Также данный компилятор имеет большой набор прикладных библиотек для работы со стандартной периферией.

Для отладки разрабатываемых программ целесообразно использование компьютерных симуляторов, заменяющих реальные радиодетали и приборы, виртуальными моделями. Симуляторы позволяют без сборки реального устройства отладить работу схемы, найти ошибки, полученные на стадии проектирования, снять необходимые характеристики.

Для моделирования микроконтроллеров наибольшими возможностями обладает симулятор Proteus. Поскольку основной задачей моделирования является отработка программного обеспечения микроконтроллера, в Proteus была составлена упрощенная схема прибора (рис. 2). На схеме отсутствуют элементы тактирования, формирования входных сигналов, преобразователи уровня приемопередатчика USART, цепи питания и сброса.

Моделирование сигнала датчика начала тактирования проводилось с помощью генератора импульсов 1. Для моделирования сигналов датчика угловых меток использовался генератор импульсов 2. Контроль длительности и формы сигналов проводился с помощью четырехканального осциллографа 3. Для проверки работы 8-канального аналого-цифрового преобразователя использовались генераторы сигналов 4-11 для каналов 0-7 соответственно. Для проверки настройки LCD дисплея ис-

пользовалась его модель 12. Для отображения русского шрифта модель дисплея была модифицирована с помощью специальной программы-перекодировщика.

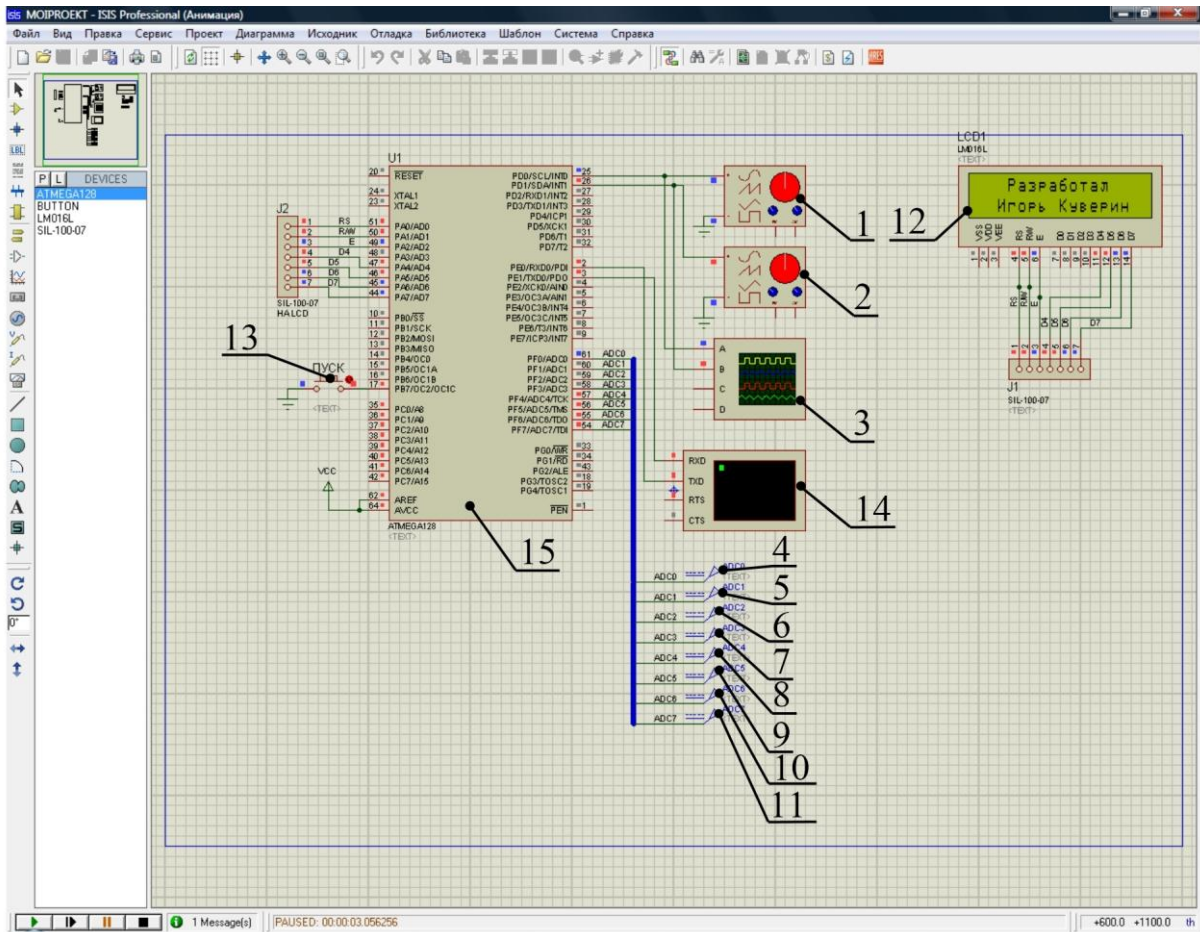


Рис. 2. Упрощенная схема устройства для диагностирования двигателей внутреннего сгорания в симуляторе Proteus

Рис. 3. Свойства микроконтроллера в симуляторе Proteus

Дисплей в приборе используется для контролирования режимов работы, вывода служебной информации, сведений о разработчике устройства, в режиме тахометра на дисплей выводится информации о частоте вращения коленчатого вала двигателя. Кнопка 13 пуска и переключения режимов является интерактивной и может переключаться непосредственно во время работы программы. Моделирование передачи данных в компьютер по протоколу RS-232 осуществлялся с помощью виртуального терминала 14.

После загрузки программы в память микроконтроллера 15, а также задания тактовой частоты 1 (рис. 3) и установки конфигурационных бит (fuse bits) 2 в окне свойств микроконтроллера, возможно проведение запуска симуляции.

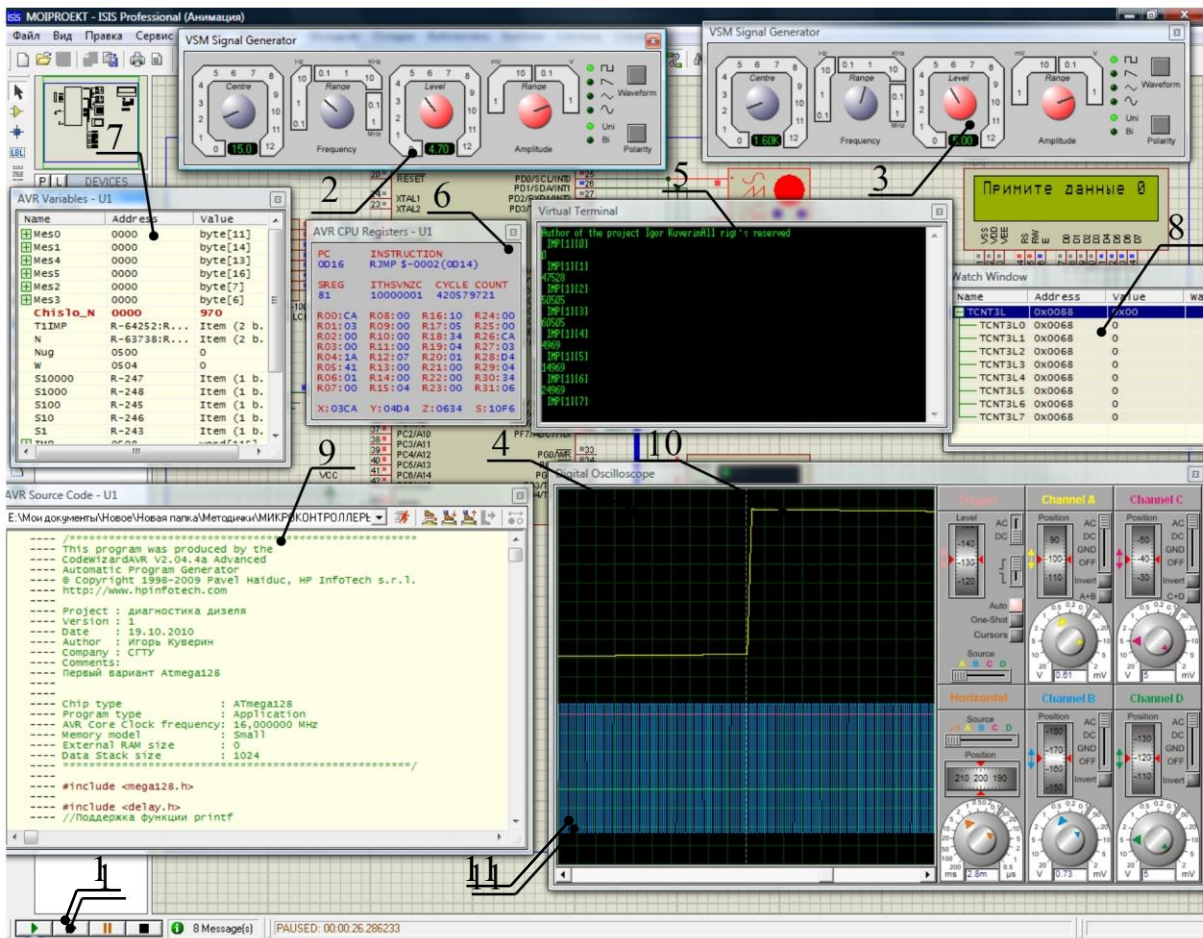


Рис. 4. Симуляция работы прибора для диагностики двигателей внутреннего сгорания в программном комплексе Proteus

Управление работой симуляции осуществлялось панелью интерактивной симуляции 1 (рис. 4).

Контроль работы программы проводился с помощью следующих контрольных панелей и окон: 2, 3 – панели генераторов импульсов соответственно датчика начала тактирования и датчика угловых меток, 4 – контрольная панель четырехканального осциллографа, 5 – контрольная панель виртуального терминала, 6 – окно регистров процессора, 7 – окно переменных, 8 – окно наблюдения за регистрами микроконтроллера, 9 – окно с текстом программы на языке C.

На панели осциллографа 10 – импульсы сигнала датчика начала тактирования, 11 – импульсы сигнала датчика угловых меток.

Для осуществления контроля за работой микроконтроллера использовалась возможность останавливать контрольные точки останова в окне с текстом программы 9, а также задавать в окне слежения за регистрами микроконтроллера 8 значения регистров для инициирования остановки программы при наступлении определенных событий.

Использование программного комплекса Proteus позволило провести отладку программы прибора для диагностирования двигателей внутреннего сгорания с целью последующей загрузки прошивки в память микроконтроллера.

Денисов Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander S. Denisov – Dr. Sc., professor, head of Department «Cars and motor-car economy» Gagarin Saratov State Technical University

Куверин Игорь Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры

Igor Yu. Kuverin – Ph.D., Associate

«Автомобили и автомобильное хозяйство»
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.

Professor of Department «Cars and motor-car
economy» Gagarin Saratov State
Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

Секция 3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Л.Р. Сафарова, Г.Ф. Глинина

ЗАТРАТЫ ВРЕМЕНИ КАК ОСНОВА РАСЧЕТА ОБЪЕМОВ ПОПУТНЫХ ПРОДУКТОВ, ОТХОДОВ И ВЫБРОСОВ В ОПЕРАЦИЯХ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Предложено операцию формообразования как процесс, продуктами которого является комплекс продуктов – товарных, попутных, отходов, выбросов и загрязнений, являющиеся следствием процессов взаимодействия модулей технологической системы. Предложена методика структурирования операций, позволяющая связать процессы взаимодействия модулей технологической системы с процессами создания товарного продукта и сформировать модель временных связей для расчета объективных затрат времени для последующего расчета объемов всего комплекса продуктов и решения более общих задач управления процессом создания товарного продукта.

Автокомпонент, отходы производства, попутный продукт, товарный продукт, отход, выброс, загрязнение, операция, временные цепи, затраты времени.

L.R. Safarova, G.F. Glinina

COSTS OF TIME AS THE BASIS FOR CALCULATING VOLUMES OF BY-PRODUCTS, WASTES AND EMISSIONS IN FORMING OPERATIONS

Proposed operation of forming a process whose products are complex products - commercial, drive, waste, emissions and pollution resulting from the interaction of the modules of the technological system. The technique of structuring transactions, allowing to relate the processes of interaction modules technological system with the development of marketable products and generate a model for calculating the temporal relationships of objective time-consuming for the subsequent calculation of the volume of the entire set of products and solutions of more general control problems for a commercial product.

Components, waste, by-product, a commodity product, waste, emissions, pollution, surgery, temporary circuit, the time spent.

В связи с вступлением в ВТО одна из важнейших задач – повышение конкурентоспособности предприятий машиностроения. Конкурентоспособность предприятия определяется прибылью, извлеченной им из каждого реализованного проекта. Прибыль предприятия во многом зависит от качества выполнения каждого из этапов подготовки производства.

Вследствие разнообразия материалов и конструкций автокомпонентов в производстве реализуется множество технологических процессов отличающихся по структуре и способам выполнения. В каждом из них продуктами являются как сам автокомпонент, так и попутные продукты, а также отходы и выбросы. Вследствие разнообразия материалов и конструкций автокомпонентов в производстве реализуется множество технологических процессов отличающихся по структуре и способам выполнения. В каждом из них продуктами являются как сам автокомпонент, так и попутные продукты, а также отходы и выбросы.

Технологический процесс формообразования представляет собой последовательность отдельных операций. Основным результатом выполненной отдельно взятой операции – товарный продукт – деталь, все показатели которого соответствуют установленным требованиям и попутный продукт – стружка. К отходам процесса можно отнести окисленное и загрязненное масло, окисленная смазочно-охлаждающая жидкость, изношенный инструмент и оснастка. К выбросам – выделения эмульсола в виде аэрозоля на рабочем месте. К сбросам – мелкая стружка, и продукты износа инструмента, попа-

дающие в смазочно-охлаждающую жидкость, продукты износа трущихся сопряжений, попадающие в смазочное масло. Все эти продукты возникают в результате процессов взаимодействий при изготовлении товарного продукта в технологической системе. Поэтому для расчета их параметров – объемов возникновения на рабочем месте и характеристик качества, необходимо рассмотреть операцию создания товарного продукта как иерархическую совокупность вложенных друг в друга процессов формообразования отдельных элементов обрабатываемого продукта и длительности их выполнения.

Каждый структурный элемент операции: установ, станочная позиция, переход и рабочий ход распределяется строго на своем уровне (рис. 1 а). Последовательность их выполнения во времени образует структуру операции. Каждый из этих элементов кроме элемента смежного нижележащего уровня состоит в свою очередь из процессов базирования и закрепления технологических модулей в требуемой координате, процессов перемещения модулей, а также регулирования режимов заданных условий процессов и обязательного контроля (измерения) показателей качества изготавливаемого продукта, образующих модель содержания рассматриваемого элемента [2].

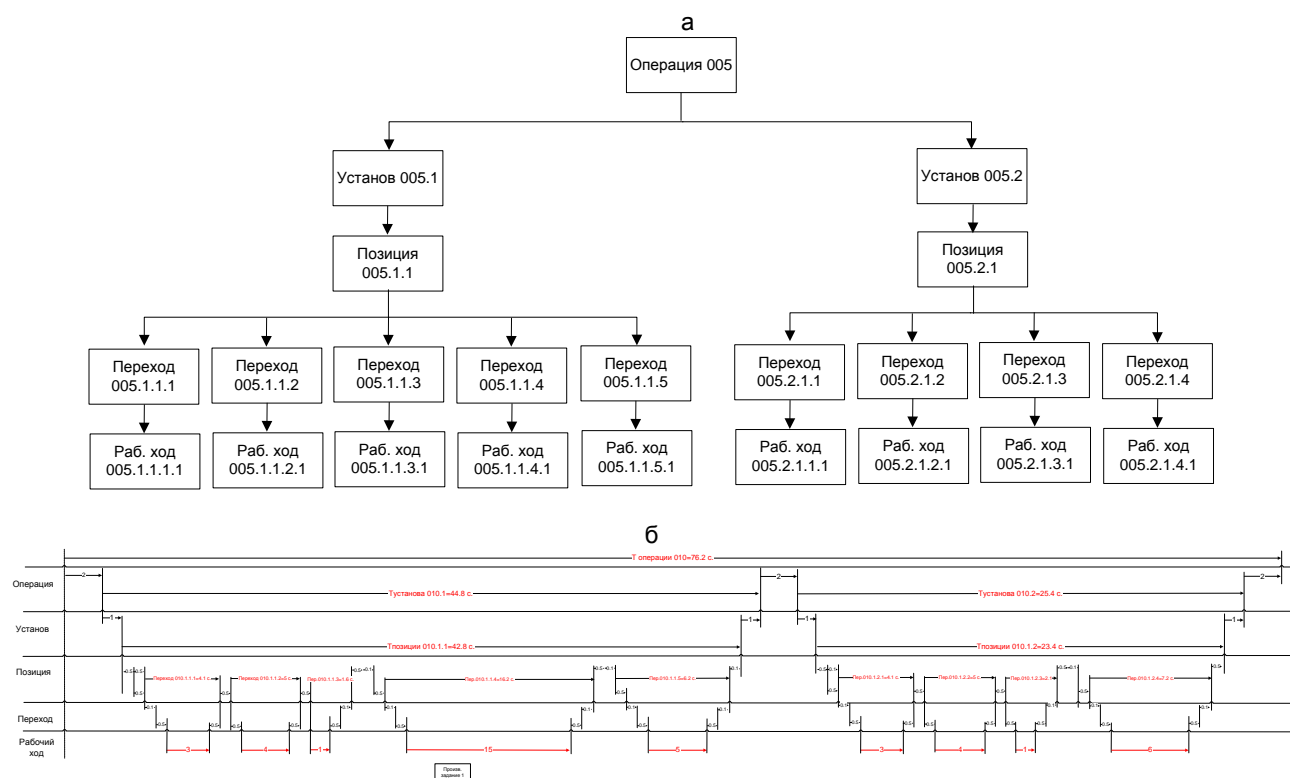


Рис. 1. Пример структурной схемы (а), временной цепи выполнения токарной операции с ЧПУ (б)

Например, структурный элемент «позиция» представляет собой совокупность всех необходимых для формирования с требуемой точностью технологического комплекса будущей детали управляющих и вспомогательных процессов, выполняемых при неизменных условиях базирования и закрепления приспособления совместно с заготовкой в станочной позиции. Структурная составляющая позиции – формообразование в технологическом переходе. В нем формируются отдельные технологические элементы детали. В свою очередь содержание перехода рассматривается по тому же плану как совокупность вспомогательных и управленческих действий, но уже при неизменных условиях выполнения процесса – режимах обработки резанием и комплекта обрабатывающего инструмента. Для целей расчета объема всех попутных продуктов достаточно считать рабочий ход простейшим процессом, содержание дальше уже не дифференцируется.

Для расчета длительности операция может быть представлена в виде временной цепи – замкнутого контура однонаправленных векторов, длительностей каждого простейшего процесса модели содержания элемента. Построение временной цепи выполняется с учетом структуры (рис. 1 б). Так контур длительности выполнения отдельного перехода встраивается в контур выполнения позиции, позиция в установ и т.д. Таким образом, временная цепь становится звеном более общей цепи.

Для расчетов длительности процессов используется существующий математический аппарат расчета размерных цепей. В качестве замыкающих звеньев могут быть любые совокупности звеньев цепи.

Предложенная методика структурирования составляющих операции, дает возможность однозначно связать каждый модуль технологической системы с соответствующими процессами, т.е. обеспечивается системность дифференциации процессов. Каждой составляющей процесса ставится в соответствие качество товарного продукта и длительность, необходимая для обеспечения заданных характеристик попутных продуктов.

Затраты времени, рассчитанные с применением временных цепей, построенных на основе процессов создания продукции являются начальным этапом расчета объемов попутных продуктов, отходов и выбросов и т.д. и используются в каждой локальной методике расчета объема попутной продукции [1].

Методика размерных цепей может быть использована и для решения более общих задач управления производственными заказами - прямыми, и обратными, т.е. можно рассчитать объективную длительность и норму времени на выполнение действующих или вновь проектируемых процессов, проанализировать наличие резервов времени при заданных сроках сдачи заказов.

Такой подход дает возможность технологу на деле стать подлинным владельцем процесса и значительно повысить качество технологического проектирования операций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафарова Л.Р. Разработка методики структурирования технологической операции как комплекса взаимодействий // «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле; взгляд в будущее»: в 3 т. Т. 3 / Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. С. 212-215

2. Касьянов С.В., Сафарова Л.Р. Методика планирования содержания и длительности производственного задания на предприятиях автомобилестроения / сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. конф., ЛГТУ, 17-19 мая 2012 г. Ч. 2. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2012. С. 250-254.

Сафарова Лейля Ринатовна –

магистрант по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Набережночелнинского института (филиала) Казанского (Приволжского) федерального университета

Глинина Гульназ Фидаэловна –

заведующая методкабинетом кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Набережночелнинского института (филиала) Казанского (Приволжского) федерального университета

Leila R. Safarova –

Master in «Design and engineering support engineering industries,» Department «Technology of mechanical engineering, machine tools and instruments» Naberezhnochelninsky Institute (branch) Kazan (Volga) Federal University

Gulnaz F. Glinina –

Head methodCabinet department «Technology of mechanical engineering, machine tools and instruments» Naberezhnochelninsky Institute (branch) Kazan (Volga) Federal University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

С.В. Бородулина, М.К. Решетников, К.С. Юркатам

ЭВОЛЮЦИЯ ВНЕШНЕЙ ФОРМЫ АВТОМОБИЛЯ

Эволюция внешней формы автомобиля явилась следствием непрерывно возрастающих требований к внешней форме как одному из основных факторов, определяющих свойства автомобиля в целом. 1940-50-е гг. – период наиболее интенсивного развития внешнего вида автомобилей известный советский художник-конструктор, создатель кузова автомобиля «Победа», А.Н. Кириллов формулирует основные направления кузовного дизайна. Рассматриваются основные тенденции дизайна автомобиля «будущего».

Автомобильный дизайн, эволюция кузова автомобиля, формообразование кузова, основные тенденции автомобильного дизайна

S.V. Borodulina, M.K. Reshetnikov, K.S. Yurkatam

EVOLUTION OF THE FORM OF FOREIGN CAR

The evolution of the external form of the car was the result of continuously increasing requirements to the external form as one of the main factors that determine the properties of the vehicle. 40 50th years – the most intensive development of the appearance of cars known Soviet artist and designer, creator of the body of the car «Victory», A.N. Kirillov formulate the main directions of bodywork design. The basic trend of car design «future».

Automotive design, the evolution of the car body, body shaping, the main trends of automotive design

Кузов является основным элементом автомобиля, основой, где размещаются все остальные узлы и агрегаты, а также водитель, пассажиры и багаж. Кроме того, кузов влияет на создание таких свойств автомобиля, как аэродинамика, дизайн, пассивная безопасность, комфорт и эргономика внутреннего пространства салона автомобиля. Через кузов передаются все эксплуатационные и аварийные нагрузки, действующие на автомобиль. По внешнему виду кузова люди отличают один автомобиль от другого. Таким образом, кузов является зрительным символом данного автомобиля и всех его технико-эксплуатационных и потребительских свойств. На цену автомобиля значительно влияет форма, пропорции, композиция и цвет кузова.

Эволюция внешней формы автомобиля явилась следствием непрерывно возрастающих требований к внешней форме как одному из основных факторов, определяющих свойства автомобиля в целом. Возникновение новой формы порождает искать новые технологические приемы и новые материалы. А на развитие формы кузова воздействуют социально-экономические факторы: класс, использование, ценовой диапазон.

Первое производство автомобилей было основано в 1888 г. в Германии Карлом Бенцем и, по лицензии Бенца, во Франции Эмилем Роже.

Эволюция формы кузова автомобиля шла вначале достаточно медленно. Автопромышленности понадобилось более тридцати лет для того, чтобы выработать современный тип кузова. Прошло 10 лет, пока уравнились размеры передних и задних колес, приблизительно в 1915 г. были впервые применены переднее ветровое стекло и передние двери. Примерно в это же время видоизменился капот - угловатые формы исчезли, капот слился с кузовом. Открытые кузова, имевшие ранее преимущественное распространение, начиная с 1919 г. уступают место закрытым.

Закрытые кузова того времени, напоминавшие карету без лошадей, окончательно становятся на путь самостоятельного развития лишь в 1930-1931 гг. Внимательный обзор ранних типов автомобилей показывает, что до последнего времени мало внимания уделялось общей конструкции и форме. Преобладала главным образом отделка деталей, которым в декоративных интересах придавалась сложная и замысловатая форма. В развитии форм и конструкции кузова в 1931 г. произошел резкий перелом в сторону сглаживания всех острых углов и выступающих деталей, приближая автомобиль к так называемым «обтекаемым» формам. Примерно с этого же времени (1931 г.) определился и характер изменений, вносимых в конструкцию кузова. Направленные на увеличение прочности они, как правило, всегда связываются с улучшением внешнего вида.

Эволюция формы кузова хорошо прослеживается на примере моделей «Форд» с 1911 по 1968 г. (рис. 1).

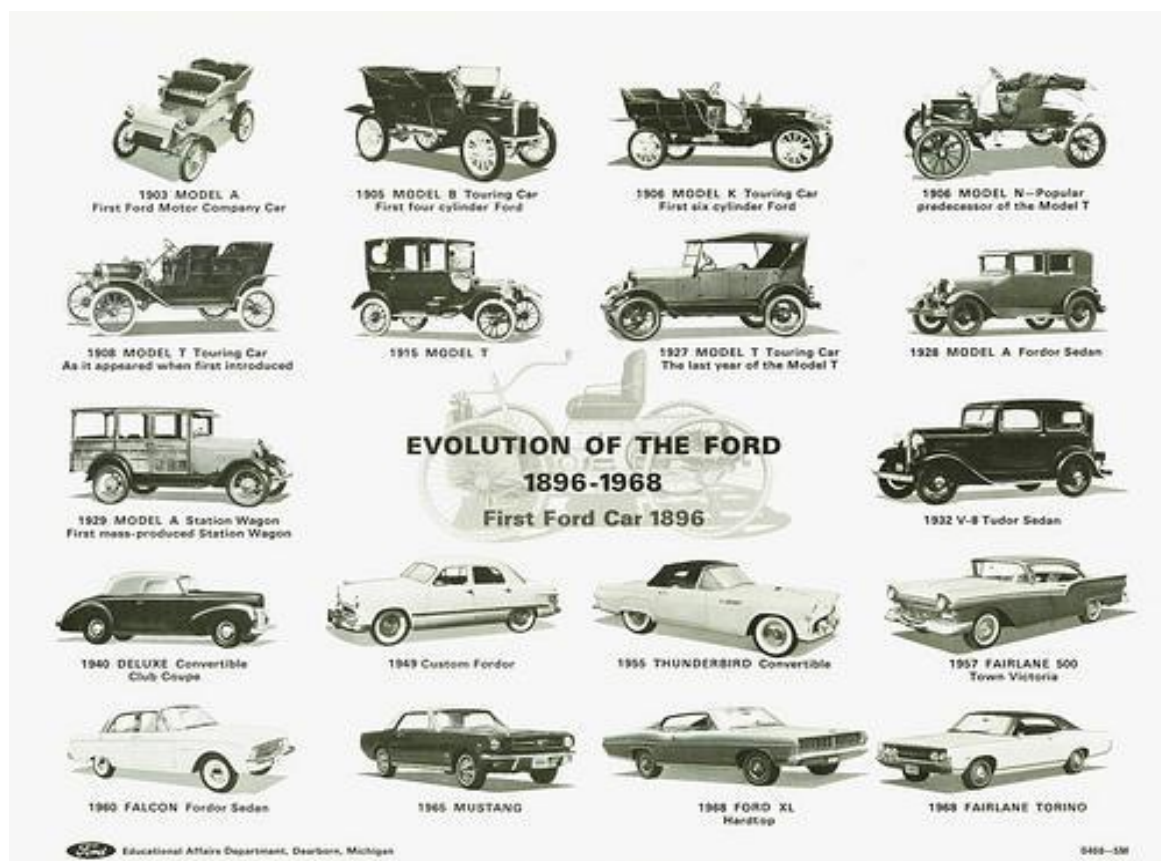


Рис. 1. Эволюция кузова моделей «Форд»

Изменение технико-экономических показателей, увеличение скорости передвижения, новые материалы и технологии, необходимость улучшения аэродинамических и эргономических показателей в значительной степени влияют на формообразование кузова.

1940-50-е гг. – период наиболее интенсивного развития внешнего вида автомобилей известный советский художник-конструктор, создатель кузова автомобиля «Победа» (рис. 2), А.Н. Кириллов формулирует основные направления кузовного дизайна:

1. Форма и совокупность линий должна, во всех случаях, давать ощущение устремленности. Каждая линия контура или отделки, каждая деталь, видимая снаружи, должна подчеркивать основное назначение машины – движение.

2. Автомобиль должен иметь мягкие, скругленные формы с плавно переходящими друг в друга поверхностями.

В быстро передвигающихся предметах горизонтальные линии должны преобладать над вертикальными. Отсюда следует, что при конструировании быстроходных транспортных машин не следует слишком подчеркивать вертикальные линии.

В то же время передний вид облицовки радиатора, брызговиков и крыльев может заключать в себе вертикальные линии, поскольку удаляющийся или приближающийся автомобиль не кажется столь быстро движущимся, чтобы создавалось впечатление быстрого уменьшения или увеличения размера (1).

3. Форма автомобиля должна быть выбрана с учетом единообразия и симметрии.

Этот закон требует, чтобы передние и задние крылья имели одну общую форму, и не допускает комбинацию мягких закругленных линий кузова с облицовкой радиатора, имеющей прямоугольную форму. Необходимо стремиться к гармоничной увязке контуров кузова и облицовки радиатора с крыльями, фарами, дверными ручками и прочими деталями, т.е. к общей гармонии всех частей автомобиля.

4. При выборе формы автомобиля надо учитывать общую перспективу и взаимное расположение линий.

С этой точки зрения горизонтальные линии должны не только повторяться, но и иметь тенденцию сходиться в общей точке. Так, например, прямая линия подножки постепенно переходит в кривую, плавно поднимающуюся к передку.

Первые шаги на пути создания внешнего вида дизайна современных автомобилей с обтекаемыми формами были предприняты еще в 90-х годах. Угловатые формы уступали закругленным линиям, поверхность кузова становилась все более обтекаемой, отвечая требованиям аэродинамики.

Дизайн автомобилей, использовавшийся в течение двух десятилетий, стал последовательно меняться, переходя от «функциональности без стильности» к «функциональности в сочетании со стильностью».

В настоящее время в автомобилестроении существуют следующие основные тенденции, которые определяют дизайн кузова:

1. Погоня за экономичностью – современные двигатели значительно меньше потребляют топлива, чем двигатели былых лет.
2. Экологичность – автомобиль не должен загрязнять окружающую среду.
3. Безопасность – современный автомобиль должен быть безопасен, чтобы защитить водителя и пассажира в случае аварии.
4. Эргономичность – эксплуатация автомобиля должна быть максимально комфортна.
5. Хорошая обтекаемость автомобиля – для того чтобы, увеличить экономичность и мощность двигателя.
6. Уменьшение размера автомобиля - так как машин с каждым годом становится всё больше, а дорожное пространство не увеличивается.

Все более популярны сейчас автомобили малых размеров. Существует и противоположная тенденция, а именно увеличение размеров автомобиля, которая связана с увеличением безопасности и улучшением комфорта обитателей автомобиля.



Рис.2. Автомобиль М-20 «Победа»



Рис. 3. CityCar

Дизайн автомобиля претерпит ряд существенных изменений, будет актуален “подвижный дизайн”, когда вид автомобиля будет преобразоваться в зависимости от конкретной ситуации. В будущем автомобиль разделятся на два вида: городской автомобиль и спортивный автомобиль. Городской

автомобиль будет предназначен для поездок по городу, из-за этого будет иметь компактные формы, и будет экономичным. Спортивный же автомобиль будет оригинален, больших размеров для удобства водителя и будет автомобилем выходного дня.

CityCar, спроектированный в Англии городской автомобиль, может ездить даже по тротуарам, не причиняя помех пешеходам (рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Победоносцов С.А. Дизайн-проектирование кузова автомобиля на этапе становления отечественного автостроения // Нижегородская школа дизайна: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 2. Н.Новгород, ННГАСУ, 2011. С. 29-38.

Решетников Михаил Константинович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Инженерная геометрия и промышленный дизайн» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Michael K. Reshetnikov – Dr. Sc., professor Head of the Department «Engineering geometry and industrial design» Gagarin Saratov State Technical University

Бородулина Светлана Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная геометрия и промышленный дизайн» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Svetlana V. Borodulina – Ph.D, Associate Professor Department of «Engineering geometry and industrial design» Gagarin Saratov State Technical University

Юркатам Кристине Сулевова – преподаватель кафедры «Инженерная геометрия и промышленный дизайн» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Christine S. Yurkatam – teacher of Department of «Engineering geometry and industrial design» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629:621.039.542.5:628.336.6:66.7

А.Б. Идигенов, М.И. Филатов, А.Б. Идигенов

УСТАНОВКА КОМБИНИРОВАННОЙ ОЧИСТКИ БИОГАЗА

Рассмотрен способ комбинированной очистки биогаза до состояния биометана – возобновляемого источника энергии для заправки автотранспорта. Особенностью этой статьи является разработанная схема установки комбинированной очистки биогаза и технологический расчет абсорбционной колонны. Автор делает вывод об актуальности применения предложенной технологии в производстве.

Альтернативное топливо, биогаз, биометан, очистка биогаза, абсорбер, заправка автотранспорта

A.B. Idigenov, M.I. Filatov, A.B. Idigenov

INSTALLATION OF THE COMBINED CLEANING OF BIOGAZ

The way of the combined purification of biogas to a condition of biomethane – a renewable source of energy for motor transport filling is considered. Feature of this article is the developed scheme of installation of the combined purification of biogas and technological calcu-

lation of an absorbing column. The author draws a conclusion about relevance of application of the offered technology in production.

Alternative fuel, biogas, biomethane, purification of biogas, absorber, motor transport filling

Рост потребления нефти, особенно в Юго-Азиатском регионе (в Китае, Индии и т.д.) значительно опережает возможности добычи ОПЕК и других крупных производителей, и истощение нефтяных запасов во многих странах мира, все это движет цену на нефть вверх высокими темпами.

Российские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) по производству моторного топлива работают на пределе своих возможностей. Активный рост количества автомобильного транспорта, недостаток мощностей НПЗ по производству моторного топлива, все это приближает ситуацию в России к возможному дефициту и резкому увеличению цен на бензин и дизельное топливо в ближайшие годы.

Единственным путем по предотвращению топливного кризиса, - по которому уже пошли многие страны, является переход на альтернативное газомоторное топливо.

Из различного многообразия применяемого в мире газомоторного автомобильного топлива (метан, пропан-бутан, биогаз, демитил-эфир, водород и т.д.) наибольшее распространение получила пропан-бутановая смесь (ПБС) и метан. Учитывая, что ПБС в основном это продукт переработки нефти, то цена, в конечном счете, будет следовать за ценой на нефть. Применение других альтернатив по разным аспектам в обозримой перспективе является не конкурентоспособным. Отсюда вывод, что в ближайшие несколько десятилетий единственно-приемлемой альтернативой бензину будет – метан в сжиженном и компримированном состоянии.

Метан в три раза дешевле бензина и дизтоплива, причем по производительности один кубометр газа приравнивается к одному литру жидкого топлива. Стоимость переоборудования одной единицы техники под метан колеблется от 50 до 170 тыс. рублей. Эти расходы окупаются в срок от 5 месяцев до года.

Альтернативой природному газу является – биогаз. Применение биогаза как продукта переработки органических отходов возможно в двух направлениях – для сжигания при дальнейшем получении тепловой и (или) электрической энергии, а также для использования в качестве заправочного топлива на автотранспорте. Если в первом случае отклонение основных параметров газа от установленных норм не в значительной степени влияет на работу энергетических установок, то использование биогаза для заправки автомобилей, тракторов и другой техники подразумевает более строгие требования к качеству и составу газа. В виду этого биогаз необходимо очищать от примесей.

На рис. 1 предложена схема установки комбинированной очистки биогаза, предназначенная для обогащения биогаза до состояния биометана (90 – 95 % метана).

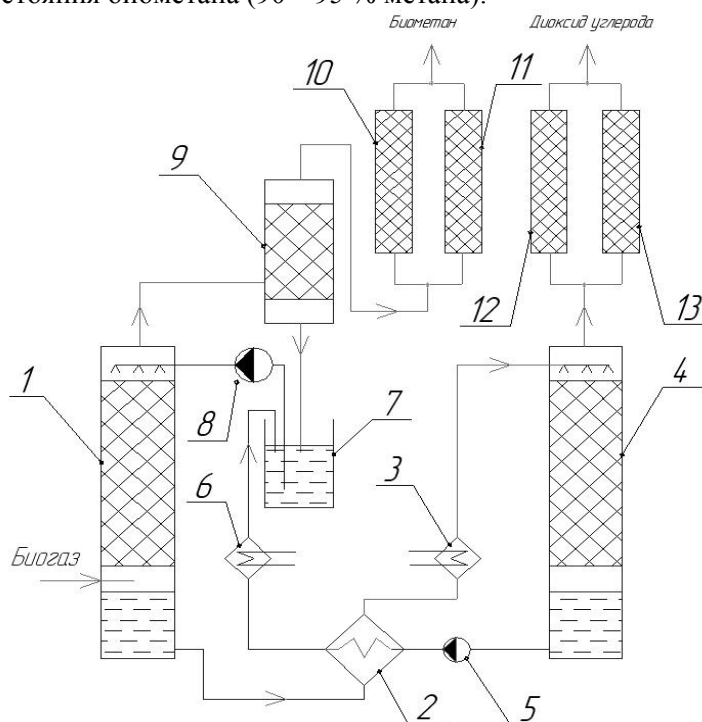


Рис. 1. Схема установки комбинированной очистки биогаза

Установка работает следующим образом (заявка на патент № 2013100384 «Способ комбинированной очистки биогаза», от 09 января 2013 г.).

Предварительно сжатый исходный биогаз с содержанием диоксида углерода $30 \div 50 \%$ и насыщенный влагой подают в абсорбер 1, где в результате избыточного давления, необходимого для технологического процесса, и промывки биогаза водой происходит растворение диоксида углерода в воде. Посредством избыточного давления вода с растворенной двуокисью углерода поступает в рекуперативный теплообменник 2, затем в водонагреватель 3, где подогревается до температуры, необходимой для регенерации воды, и распыляется в десорбере 4. В десорбере 4 поддерживается давление на уровне $3 \div 11$ кПа (изб.). Под действием перепада давления и температуры происходит десорбция диоксида углерода из воды. Далее производят глубокую очистку и осушку диоксида углерода в адсорберах 12 и 13, работающих попеременно.

Отрегенерированную воду перекачивают насосом 5 в рекуперативный теплообменник 2, далее в теплообменник 6, где воду охлаждают до $15 \div 20$ °С и направляют в промежуточную емкость 7, откуда охлажденную воду подают насосом 8 в абсорбер.

Очищенный от диоксида углерода в абсорбере 1 биогаз подают в сепаратор 9, где в результате дросселирования происходит частичная конденсация влаги, таким образом, снижается нагрузка для адсорберов 10 и 11. После сепаратора 9 биогаз поступает на глубокую очистку и осушку до содержания биометана ($90 \div 97 \%$ метана) в адсорберы 10 и 11, работающие попеременно.

Когда один из адсорберов, например 10 (либо 12), находится в режиме глубокой очистки и осушки газа, то второй адсорбер 11 (либо 13) находится в режиме регенерации адсорбента. Затем через определенное время отрегенерированный адсорбер переводят в режим глубокой очистки и осушки газа, а насыщенный адсорбент – в режим регенерации.

Рассчитаем основной элемент схемы установки комбинированной очистки биогаза – противоточный абсорбер насадочного типа для поглощения водой диоксида углерода из биогаза.

Исходные данные. Состав поступающей смеси: $\text{CO}_2=40 \%$; $\text{CH}_4=60 \%$. Расход газа на входе в абсорбер 1,12 кмоль/ч ($25 \text{ м}^3/\text{ч}$). Давление процесса 1,0 МПа. На орошение подается вода с температурой 20 °С. Требуемая степень извлечения диоксида углерода 90 %.

Технологический расчет абсорбционной колонны [1]. Составим материальный баланс и определим расход воды.

Определим последовательно:

- количество поглощаемого диоксида углерода:

$$M = G_1 y_1 \eta = 1,12 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 0,403 \text{ кмоль/ч}, \quad (1)$$

где G_1 – количество поступающей смеси, кмоль/ч; $\eta=0,9$ – степень извлечения CO_2 ;

- количество уходящего газа:

$$G_2 = G_1 - M = 1,12 - 0,403 = 0,716 \text{ кмоль/ч}; \quad (2)$$

- мольную долю диоксида углерода в уходящем газе:

$$y_k = \frac{G_1 y_1 - M}{G_2} = \frac{1,12 \cdot 0,4 - 0,403}{0,716} = 0,062. \quad (3)$$

Минимальный расход воды при противотоке определим, полагая, что концентрация диоксида углерода в воде на выходе достигает равновесной:

$$L_{1\min} = \frac{M}{x_n^*} = \frac{0,403}{0,0027} 149,333 \text{ кмоль/ч}, \quad (4)$$

где $x_n^* = 0,0027$ – равновесная концентрация CO_2 в воде, для заданных условий, $x_n = 0$.

Увеличиваем расход воды на 30 % и с учетом растворившегося CO_2 находим:

$$L_1 = 1,3 \cdot L_{1\min} + M = 1,3 \cdot 149,333 + 0,403 = 194,536 \text{ кмоль/ч} \quad (5)$$

Для перехода из кмоль/ч в м³/ч:

$$L = L_1 M_1 \frac{1}{\rho} = 194,526 \cdot 18 \frac{1}{1000} = 3,501 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6)$$

где L – объёмный расход воды, м³/ч; M_1 – молярная масса, кг/кмоль; ρ – плотность воды.
Содержание диоксида углерода в уходящей воде:

$$x_k = \frac{M}{L_1} = \frac{0,403}{194,536} = 0,002. \quad (7)$$

Определим число единиц переноса.

Константу фазового равновесия при растворении диоксида углерода в воде под давлением определяется по эмпирическому уравнению:

$$m_{p-x} = \frac{124,5}{a - bp}, \quad (8)$$

где p – парциальное давление диоксида углерода в поступающем биогазе, МПа; a, b – коэффициенты, зависящие от температуры: $a=0,972$; $b=0,087$ при 20 °С.

Парциальное давление диоксида углерода в смеси газов:

$$p_n = Py_n = 1,0 \cdot 0,4 = 0,4 \text{ МПа}, \quad (9)$$

где P – давление в аппарате, МПа.

Для давления $P = 1,0$ МПа и температуры $t = 20$ °С:

$$m_{p-x} = \frac{124,5}{0,972 - 0,087 \cdot 0,4} = 123,842.$$

Найдём равновесную концентрацию диоксида углерода в жидкости, соответствующую условиям газа в аппарате:

$$x_n^* = \frac{p_n}{m_{p-x}} = \frac{0,4}{123,842} = 0,0027 \quad (10)$$

и равновесные концентрации в газовой фазе на входе в аппарат и выходе из него:

$$y_n^* = \frac{m_{p-x} x_k}{P} = \frac{123,842 \cdot 0,002}{1,0} = 0,275; \quad (11)$$

$$y_k^* = \frac{m_{p-x} x_n}{P} = \frac{123,842 \cdot 0}{1,0} = 0. \quad (12)$$

Вычислим число единиц переноса:

$$\Delta y_{cp} = \frac{(y_n - y_n^*) - (y_k - y_k^*)}{\ln \frac{y_n - y_n^*}{y_k - y_k^*}} = \frac{(0,4 - 0,275) - (0,062 - 0)}{\ln \frac{0,4 - 0,275}{0,062 - 0}} = 0,09; \quad (13)$$

$$N_{ог} = \frac{y_n - y_k}{\Delta y_{cp}} = \frac{0,4 - 0,062}{0,09} = 3,748. \quad (14)$$

Определим диаметр абсорбера.

Предварительно оценим скорость захлёбывания аппарата:

$$\lg \left[\frac{\omega_{np}^2 a \rho_z}{g \varepsilon^3 \rho_{ж}} \mu_{ж}^{0,16} \right] = A - B \left(\frac{\bar{L}}{\bar{G}} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_z}{\rho_{ж}} \right)^{1,25}. \quad (15)$$

Выбираем в качестве насадки стальные кольца Палля $25 \times 25 \times 0,6$ как наиболее перспективные со следующими характеристиками: $a = 219 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $\omega = 0,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$; $d_3 = 0,033 \text{ м}$; $\rho = 427 \text{ кг}/\text{м}^3$, где d_3 – эквивалентный диаметр; ρ – насыпная плотность.

В нашем случае ρ_z – плотность газовой смеси, состояние которой отлично от стационарных, поэтому вычисляем её по формуле

$$\rho_z = (x_{CO_2} \rho_{CO_2} + x_{CH_4} \rho_{CH_4}) \frac{T_0 P}{T P_0} = (0,4 \cdot 1,98 + 0,6 \cdot 0,72) \frac{273 \cdot 1,0}{(273 + 20)0,1} = 11,404 \text{ кг}/\text{м}^3, \quad (16)$$

где x_i – мольная доля i -го компонента смеси; ρ_i – плотность i -го компонента смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$; T, P, T_0, P_0 – температура и давление для процесса и нормальных условий соответственно; плотности газов ρ_{CO_2} , ρ_{CH_4} взяты для нормальных условий; $\rho_{ж} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ – плотность воды при $20 \text{ }^\circ\text{C}$; $\mu_{ж} = 1 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ – вязкость воды при $20 \text{ }^\circ\text{C}$; $A = 0,022$; $B = 1,75$ для колец Палля в навал; \bar{L}, \bar{G} – массовые расходы соответственно жидкости и смеси газов, $\text{кг}/\text{ч}$; принимаем $a = 219 \text{ м}^2/\text{м}^3$, $\omega = 0,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Для перехода из мольного расхода в массовый умножаем его на молярную массу соответственно воды $M_{H_2O} = 18 \text{ кг}/\text{кмоль}$ и смеси газов:

$$M_{см} = \sum M_i y_i = y_{CO_2} M_{CO_2} + y_{CH_4} M_{CH_4} = 0,4 \cdot 44 + 0,6 \cdot 16 = 27,2 \text{ кг}/\text{кмоль}, \quad (17)$$

где M_i – молярная масса i -го компонента смеси; y_i – мольная доля i -го компонента смеси, и получаем массовые расходы жидкости и газа:

$$\bar{L} = L_i M_{H_2O} = 194,536 \cdot 18 = 3501,657 \text{ кг}/\text{ч}; \quad (18)$$

$$\bar{G} = L_i M_{см} = 1,12 \cdot 27,2 = 30,464 \text{ кг}/\text{ч}. \quad (19)$$

Составив равенство

$$\lg \left[\frac{\omega_{np}^2 219 \cdot 11,404}{9,8 \cdot 0,9^3 \cdot 1000} 1^{0,16} \right] = 0,022 - 1,75 \left(\frac{3501,657}{30,464} \right)^{0,25} \left(\frac{11,404}{1000} \right)^{1,25} \quad (20)$$

и решив его, получим скорость захлёбывания: $\omega_{np} = 0,0399 \text{ м}/\text{с}$.
Рабочую скорость газа принимаем на 20 % меньше

$$\omega = 0,8\omega_{np} = 0,8 \cdot 0,0399 = 0,032 \quad (21)$$

и находим объёмный расход газа на входе в аппарат при рабочих условиях:

$$V_2 = \frac{G \cdot 22,4}{3600} \frac{P_0 T}{P T_0} = \frac{1,12 \cdot 22,4}{3600} \frac{0,1(273 + 20)}{1,0 \cdot 273} = 0,0007 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (22)$$

Определим диаметр абсорбера:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4V_2}{\pi\omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0007}{3,14 \cdot 0,032}} = 0,172 \text{ м}. \quad (23)$$

Принимаем диаметр аппарата $D = 0,219$ м.

Проверим, обеспечивается ли нормальное орошение насадки при выбранном диаметре аппарата. Для этого рассчитаем плотность орошения в аппарате

$$v = \frac{4L_p M_{H_2O}}{\rho_{жс} \pi D^2} = \frac{4(194,133 / 3600)18}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,219^2} = 0,025 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (24)$$

и сравнив её значение с минимальной плотностью орошения для абсорберов с нерегулярной насадкой

$$v_{\min} = a q_{эф}. \quad (25)$$

Здесь $q_{эф}$ – эффективная линейная плотность орошения, для колец Палля $q_{эф} = 0,022 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Тогда

$$v_{\min} = 219 \cdot 0,022 \cdot 10^{-3} = 0,0048 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

Так как $v > v_{\min}$, то насадка орошается нормально.

Определим высоту единицы переноса для газовой фазы:

$$h_2 = 0,615 d_s \text{Re}_2^{0,345} (\text{Pr}_2')^{0,667}, \quad (26)$$

где

$$\text{Re}_2 = \frac{4W_2}{a\mu_2}; \quad (27)$$

$$W_2 = \frac{\bar{G}}{S} = \frac{4\bar{G}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 30,464}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,219^2} = 0,224; \quad (28)$$

$$\mu_2 = \mu_{см}; \quad \frac{M_{см}}{\mu_{см}} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i M_i}{\mu_i} = \frac{y_{CO_2} M_{CO_2}}{\mu_{CO_2}} + \frac{y_{CH_4} M_{CH_4}}{\mu_{CH_4}}. \quad (29)$$

$M_{см} = 27,2$ кг/кмоль – молярная масса смеси; μ_i – вязкость i -го компонента смеси, Па·с. При подстановке численных значений

$$\frac{27,2}{\mu_{см}} = \frac{0,4 \cdot 44}{0,015 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,6 \cdot 16}{0,01 \cdot 10^{-3}},$$

откуда

$$\mu_{см} = 0,127 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с} \quad \text{и} \quad \text{Re}_2 = \frac{4 \cdot 0,224}{219 \cdot 0,127 \cdot 10^{-6}} = 321,982.$$

Далее определим число Прандтля

$$\text{Pr}'_2 = \frac{\mu_2}{\rho_2 D_2}, \quad (30)$$

где $\rho_2 = 11,404 \text{ кг/м}^3$ – плотность газовой смеси; D_2 – коэффициент диффузии, м²/с, равный

$$D_2 = D_0 \frac{P_0}{P} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2}, \quad (31)$$

где $D_0 = 13,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коэффициент диффузии диоксида углерода в воздухе при нормальных условиях; P, P_0 – давление в аппарате и при нормальных условиях, МПа; T, T_0 – температура рабочая и при нормальных условиях, К. подстановка численных значений даёт

$$D_2 = 13,8 \cdot 10^{-6} \frac{0,1}{1,0} \left(\frac{273 + 20}{273} \right)^{3/2} = 1,534 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \quad \text{и} \quad \text{Pr}'_2 = \frac{0,127 \cdot 10^{-6}}{11,404 \cdot 1,534 \cdot 10^{-6}} = 0,728.$$

Таким образом, высота единицы переноса газовой фазы:

$$h_2 = 0,615 \cdot 0,033 \cdot (321,982)^{0,345} (0,728)^{0,667} = 0,12 \text{ м}.$$

Определим высоту единицы переноса для жидкой фазы:

$$h_{жс} = 119 \delta_{пр} \text{Re}_{жс}^{0,25} (\text{Pr}'_{жс})^{0,5}. \quad (32)$$

Здесь

$$\delta_{пр} = \left(\frac{\mu_{жс}^2}{\rho_{жс}^2 g} \right)^{1/3} = \left(\frac{0,001^2}{1000^2 \cdot 9,8} \right)^{1/3} = 4,67 \cdot 10^{-5} \text{ м}; \quad (33)$$

$$\omega_{жс} = \frac{\bar{L}}{S} = \frac{4 \bar{L}}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 3501,657}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,219^2} = 25,835 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}); \quad (34)$$

$$\text{Re}_{жс} = \frac{4 \omega_{жс}}{a \mu_{жс}} = \frac{4 \cdot 25,835}{219 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 471,877; \quad (35)$$

$$\text{Pr}'_{жс} = \frac{\mu_{жс}}{\rho_{жс} D_{жс}} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 1,8 \cdot 10^{-9}} = 560, \quad (36)$$

где $D_{ж}$ – коэффициент диффузии газа в воде (для диоксида углерода $D_{ж} = 1,8 \cdot 10^{-9}$ м²/с).

$$h_{ж} = 119 \cdot 4,67 \cdot 10^{-5} (471,877)^{0,25} (560)^{0,5} = 0,612 \text{ м.}$$

Далее определим:

- общую высоту единицы переноса

$$h_{оз} = h_z + \frac{m_{yx} G}{L_p} h_{ж}, \quad (37)$$

где $m_{yx} = \frac{m_{px}}{P} = \frac{132,842}{1,0} = 132,842$ – константа фазового равновесия, в которой состав равновесной фазы выражен в мольных долях; тогда

$$h_{оз} = 0,12 + \frac{132,842 \cdot 1,12}{194,133} 0,612 = 0,59 \text{ м;}$$

- высоту насадки

$$H_{раб} = N_{оз} h_{оз} = 3,748 \cdot 0,59 = 2,212 \text{ м.} \quad (38)$$

При коэффициенте запаса, равном 1,4, получаем

$$H_{раб} = 1,4 \cdot 2,212 = 3,097 \text{ м.} \quad (39)$$

Определим общую высоту колонны:

$$H_k = H_{раб} + H_{сен} + H_{куб} = 3,097 + 0,3 + 0,103 = 3,5 \text{ м.} \quad (40)$$

Одновременно с диоксидом углерода в абсорбере также растворяются сероводород, меркаптаны, аммиак, пыль. Эти вещества после понижения давления воды удаляются из системы. Еще одним преимуществом этой технологии является высокая гибкость – в зависимости от содержания CO₂ в сыром газе можно регулировать давление, температуру и производительность установки (от 40 до 100 %). Наряду с этим в качестве плюсов следует отметить непрерывную и полностью автоматическую эксплуатацию, легкость техобслуживания, а также использование в качестве сорбента воду (неограниченная доступность, не опасная, низкая стоимость).

ЛИТЕРАТУРА

1. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): учеб. пособие. М.: Альфа-М, 2008. 720 с.

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.833.01

Ю.Н. Горин, Н.А. Скляр

ШАРИКОЧЕРВЯЧНАЯ ПЕРЕДАЧА С ПОВЫШЕННОЙ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Приведены принцип действия червячных передач, работающих с использованием трения качения, анализ недостатков существующих шарикочервячных передач, конст-

руктивные особенности такой передачи с повышенной нагрузочной способностью путем увеличения пазов червячного колеса входящих в зацепление с шариками, циркулирующими по глобоидной нарезке и область применения рассматриваемой передачи

Шарикочервячная передача, цилиндрический червяк, глобоидная нарезка, циркулирующие шарики, перепускной паз, поддерживающая обойма, нагрузочная способность.

Yu.N. Gorin, N. A Sklar

BALL A WORM GEAR WITH THE INCREASED LOAD ABILITY

The principle of action of the worm gears working with use of friction of swing, the analysis of shortcomings of worm gears existing a ball, design features of such transfer with the increased load ability by increase in grooves of a worm wheel entering into gearing with balls circulating on globoidal cutting and a scope of considered transfer are given

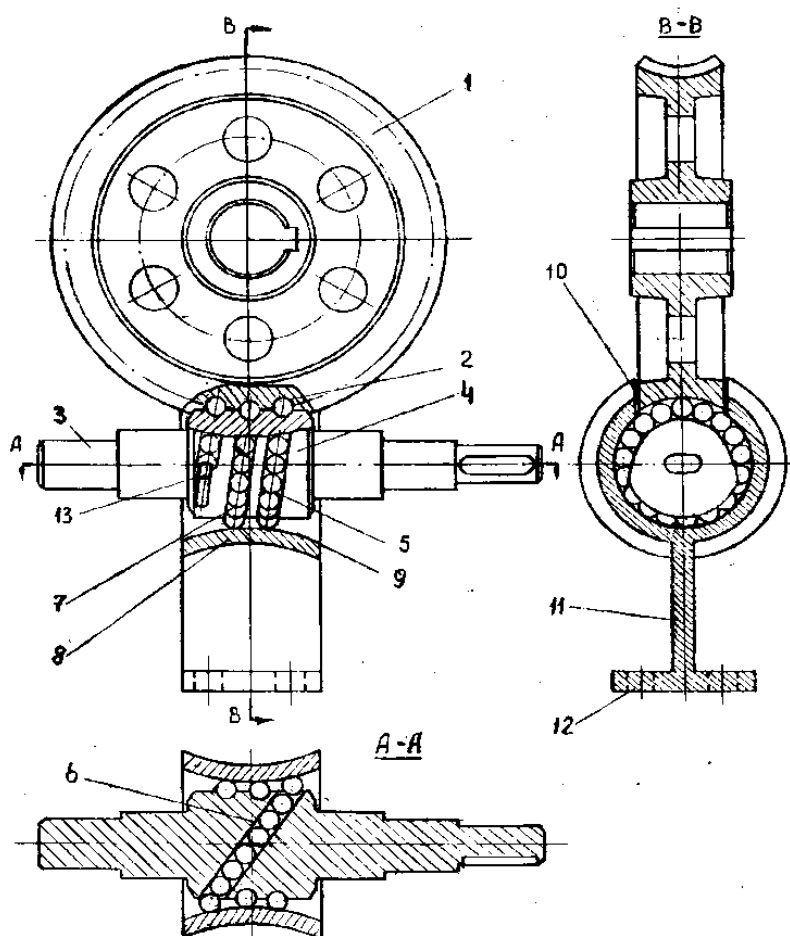
Ball a worm gear, a cylindrical worm, the globoidal cutting, circulating balls, bypass groove, a supporting holder, load ability

Принцип действия червячных передач, работающих с использованием трения качения, заключается в том, что между рабочими поверхностями червяка и червячного колеса закладываются тела качения (шарики), цепь которых замыкается при помощи специального перепускного канала, выполненного в теле червяка, последний дополнительно снабжен обоймой для удержания тел качения. В процессе работы передачи происходит непрерывная циркуляция шариков аналогично циркуляции в шарикоподшипнике.

Характерным недостатком этих передач является то, что в зацеплении усилие шариками передается только одному пазу (сегментной выемке) червячного колеса, расположенному в данный момент в центре (посередине) червяка. По остальным пазам червячного колеса, шарики перекачиваются свободно, не передавая усилия, вследствие того, что при повороте колеса вокруг оси увеличивается зазор между дорожкой червяка и канавкой червячного колеса, так как в передачах применяются цилиндрические червяки. Шарики, по сути дела, входят в зацепление с червячным колесом только по центральному пазу. Следовательно, если увеличить число пазов, входящих в зацепление с шариками, можно значительно повысить нагрузочную способность шарикочервячных передач.

Для введения всех рядов шариков в зацепление с пазами червячного колеса, целесообразно применять червяки с глобоидной нарезкой дорожки.

Такая шарикочервячная передача с глобоидной нарезкой дорожки червяка [1] представлена на рисунке и включает червячное колесо 1 с нарезанными вместо зубьев вогнутыми внутрь колеса по дуге окружности канавками 2 сегментного постоянного сечения; изготовленный совместно с валом 3 цилиндрический червяк 4 с однозаходной глобоидной нарезкой – дорожкой 5 сегментного, плавно убывающего сечения от середины к концам червяка, и с возвратным желобом 6 круглого сечения, проходящим в теле червяка, соединяя начало и конец его резьбы; замкнутую цепь шариков 7, размещенную в дорожке и желобе червяка; поддерживающую обойму 8, имеющую гладкую глобоидную внутреннюю поверхность 9 идентичную глобоидной поверхности, образуемой внешними вершинами шариков, расположенных в нарезке червяка по образующей цилиндра, и вырез 10, проходящий через который червячное колесо посредством шариков входит в зацепление с червяком. Обойма имеет ножку 11, при помощи которой крепится винтами, проходящими через отверстия 12, к корпусу редуктора. Для направления шариков с дорожки в возвратный желоб служат упоры 13, которые приваривают к червяку в концах за отверстиями. Чтобы обеспечить сборку обоймы с червяком, последний делают цилиндрическим. Так как беговая дорожка нарезается по глобоиду на цилиндрической поверхности червяка (на некотором удалении от центра последнего), она выходит на поверхность, чем ограничивается максимальная длина нарезки червяка.



Шарикочервячная передача с глобоидной нарезкой дорожки на червяке

Для нормальной работы передачи межосевое расстояние следует принимать равным сумме радиусов окружностей выступов средних сечений червяка и червячного колеса. В передаче целесообразно модуль и относительную толщину червяка выбирать таким же образом, как и для обычных червячных передач с цилиндрическим червяком. В целях снижения потерь на трение между шариками в цепи, а также шариками и канавкой, размер следует выбирать не менее значения модуля, а радиус канавок – больше радиуса шарика.

Червячная пара работает следующим образом. Движение от червяка 4 передается червячному колесу 1 посредством зацепления шариков 7, катящихся, вследствие скорости вращения червяка, по глобоидной нарезке – беговой дорожке 5 червяка и канавкам 2 червячного колеса. Шарiki цепи, вошедшие в зацепление, работают аналогично, как в радиально-упорном шарикоподшипнике. Непрерывная циркуляция шариков по нарезке червяка происходит в результате возвратного движения их с конца к началу беговой дорожки по желобу 6. Глобоидная резьба на червяке образуется только до встречи с желобом, поэтому шарiki, подойдя к отверстию – желобу, далее по нарезке двигаться не могут и утапливаются в желоб. Изменению направления шариков с дорожки в возвратный желоб способствуют также упоры 13. Этому благоприятствует и меньшая скорость движения шариков по сравнению со скоростью вращения червяка. Для лучшего входа и выхода шариков желоб сопрягается с концами дорожки плавными кривыми.

При выходе из желоба шарiki захватываются при вращении и попадают в дорожку червяка. Получается замкнутая непрерывная цепь шариков, отрезки которой, входящие в зацепление с червячным колесом, являются рабочими активными участками цепи, в остальных участках цепи шарiki будут находиться в нерабочем состоянии и будут только перекатываться по резьбе червяка и гладкой глобоидной поверхности 9 обоймы 8, либо передвигаться по возвратному желобу.

При расчете зубьев обычных червячных передач на контактную прочность принимают заниженные допускаемые контактные напряжения, ограничиваемые условиями заедания, т. е.

занижается нагрузочная способность материала червячного колеса, которая и так мала (материал – бронза) по сравнению с нагрузочной способностью зубьев стального червяка. Это приводит к завышению габаритов обычных червячных передач и к увеличению расходов материала.

В шарикочервячной передаче червяк и червячное колесо изготавливают из стали, а допускаемые контактные напряжения принимают из условия выкрашивания рабочих поверхностей.

Применение в червячной передаче глобоидной нарезки канавок на цилиндрическом червяке позволяет значительно повысить коэффициент полезного действия этой передачи и ее нагрузочную способность.

Увеличение нагрузочной способности шарикочервячных передач с глобоидной нарезкой дорожки на червяке приведет к уменьшению размеров передач, что расширит область их применения в различных отраслях машиностроения, в точном приборостроении, в механизмах, работающих в вакууме, агрессивных средах и при высокой температуре.

ЛИТЕРАТУРА

Горин Ю.Н. Совершенствование шарикочервячных и логарифмоспиральных зубчатых передач: монография / Ю.Н. Горин. Краснодар: КубГТУ, 2008. 118 с.

Горин Юрий Никитович –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Организация перевозок и дорожного движения»
Кубанского государственного технологического
университета

Yuri N. Gorin –
Ph.D., associate professor of «Organization of trans-
portation and traffic» Kuban State University of
Technology

Скляр Никита Андреевич –
студент 3 курса специальности
«Агроинженерия – механизация сельского
хозяйства» Кубанского государственного
аграрного университета

Nikita A. Sklar –
Kuban State Agrarian University, a student majoring
“Mechanization of agriculture « Kuban State Univer-
sity of Technology

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 662.76:621.431.73

Е. А. Федянов, Е. А. Захаров, Ю. В. Левин, Д. С. Гаврилов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ ПРОПАН-БУТАНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ С ДОБАВКАМИ ВОДОРОДА

Рассмотрены перспективы применения водорода в качестве добавок к пропан-бутану. Приведены результаты экспериментального определения влияния добавок водорода на скорость распространения пламени в бедных смесях пропан-бутана с воздухом.

Водород; сжиженный газ; пропан-бутан; камера сгорания постоянного объема; нормальная скорость распространения пламени

E.A. Fedyanov, E.A. Zakharov, Y.V. Levin, D.S. Gavrillov

EXPERIMENTAL STUDY OF COMBUSTION OF PROPANE-BUTANE-AIR MIXTURE WITH ADDITION OF HYDROGEN

The perspectives of use of hydrogen as an addition to the propane-butane are considered. The results of the experimental determination of the influence of addition of hydrogen to the flame speed in lean mixtures of propane-butane in air.

Hydrogen, liquefied natural gas, propane-butane, constant volume combustion chamber;
normal speed propagation flame

Сжиженные углеводородные газы (СУГ), сырьем для производства которых являются попутные нефтяные газы и газы, получаемые в процессе переработки нефти, все шире используются в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Положительные свойства СУГ как моторного топлива хорошо известны: они обладают высокой детонационной стойкостью, более широкими пределами воспламенения, меньшей токсичностью отработавших газов. В сравнении с бензином СУГ имеет более низкую стоимость при развитой сети газозаправочных станций.

В настоящее время применительно к бензиновым ДВС чаще всего реализуется концепция двухтопливного двигателя. Суть ее заключается в том, что существующий бензиновый двигатель дополнительно оснащается газобаллонным оборудованием (ГБО) для работы на СУГ. Однако такое ГБО зачастую не адаптировано к конкретной модели двигателя. Это обстоятельство может негативно сказаться на процессе сгорания топлива и, как следствие, характеристиках двигателя: увеличиваются расход топлива и выбросы токсичных компонентов с отработавшими газами [1]. Ухудшение процесса сгорания в наибольшей степени может проявиться на режиме холостого хода и переходных режимах, на которых в городских условиях эксплуатации значительную долю времени работают двигатели легковых автомобилей, маршрутных такси, малотоннажных грузовиков.

Одним из наиболее перспективных путей повышения экономичности и снижения токсичности газового ДВС является использование смесового топлива, представляющего собой смесь СУГ и водорода в разных пропорциях. Основными сдерживающими факторами широкого применения водорода в ДВС является его высокая цена и отсутствие развитой инфраструктуры. Поэтому сегодня нет возможности экономически перевести автомобильный транспорт на водород. В связи с вышесказанным, представляет интерес использование водорода в качестве малых добавок к СУГ с целью улучшения процесса горения.

Положительное влияние малых добавок водорода на процесс сгорания бензина подтверждено результатами ряда исследований [2, 3], в том числе проведенных в Волгоградском государственном техническом университете (ВолгГТУ). В частности, были получены количественные данные о влиянии добавок водорода на скорость сгорания бензовоздушных смесей. Для СУГ таких данных практически нет. В связи с этим в камере сгорания постоянного объема проведены эксперименты, в ходе которых было изучено влияние добавок водорода на скорость распространения ламинарного пламени в смесях СУГ с воздухом.

Для экспериментов использована цилиндрическая стальная камера сгорания диаметром 90 мм и длиной 115 мм (рис. 1). Установка с этой камерой сгорания оснащена необходимой контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратурой, а также системой для подачи топливоздушной смеси и удаления продуктов сгорания. С целью исключения влияния на результаты экспериментов погрешностей индивидуального дозирования топлива и воздуха, топливоздушные смеси различного состава приготавливались в отдельных баллонах. Состав топливоздушной смеси задавался соотношением величин парциальных давлений СУГ, водорода и воздуха. Давление топливоздушной смеси перед ее воспламенением в камере сгорания во всех случаях равнялось атмосферному.

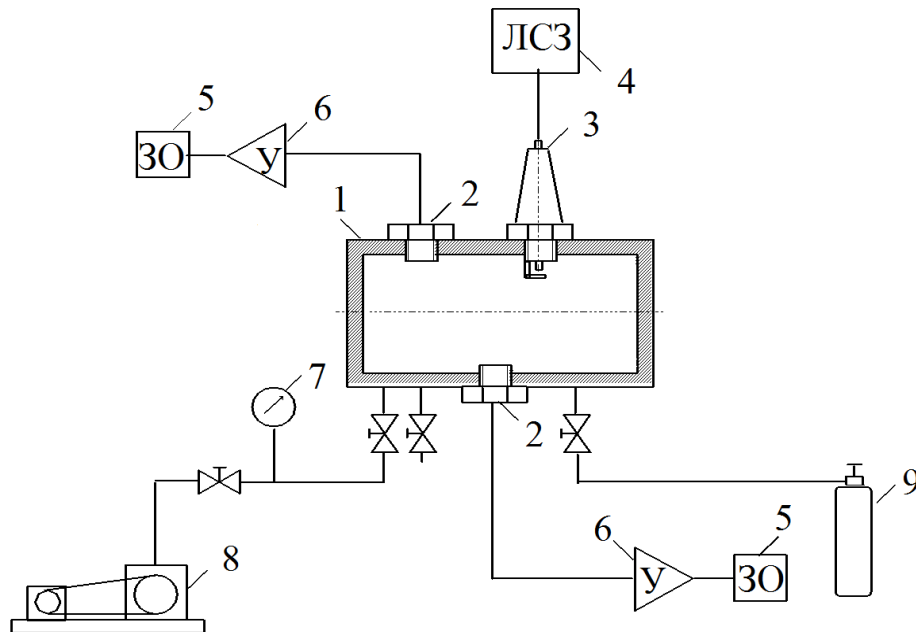


Рис. 1. Экспериментальная установка с камерой сгорания постоянного объема:
 1 – камера сгорания постоянного объема; 2 – ионизационные датчики; 3 – свеча зажигания; 4 – лабораторная система зажигания с регулируемыми параметрами искрового разряда; 5 – электронный запоминающий осциллограф; 6 – усилители электрических сигналов; 7 – вакуумметр; 8 – вакуумный насос; 9 – баллон с топливоздушной смесью

Воспламенение топливоздушной смеси осуществлялось искровой свечой зажигания. При этом специальная лабораторная система зажигания позволяла варьировать силу тока ($I = 25 \dots 400$ мА) и длительность электрического разряда ($\tau = 0,2 \dots 8$ мс).

Распространение фронта пламени по объему камеры сгорания регистрировалось с помощью двух ионизационных датчиков, сигналы которых через усилители поступали на вход цифрового запоминающего осциллографа. Значение видимой скорости w_b распространения пламени вычислялось делением разности расстояний от источника зажигания до каждого из ионизационных датчиков на разность интервалов времени между началом разряда на свече зажигания и появлением сигнала на каждом из датчиков (рис. 2).

Такая методика исключала влияние на результат определения w_b процесса образования начального очага горения. Данный факт также подтвердился серией проведенных опытов при одном и том же составе топливоздушной смеси, но при различных параметрах электрического разряда (I , τ). Варьирование параметров электрического разряда свечи не изменяло регистрируемую видимую скорость сгорания w_b .

Нормальная скорость распространения пламени w_n вычислялась по значению видимой скорости с учетом текущего значения степени расширения продуктов горения ε_b на момент достижения фронтом пламени каждого из датчиков:

$$w_n = \frac{w_b}{\varepsilon_b} \quad (1)$$



Рис. 2. Сигналы, регистрируемые запоминающим осциллографом

Оценка степени влияния добавок водорода на скорость распространения ламинарного пламени в смесях СУГ и воздуха была сделана по величине изменения нормальной скорости распространения фронта пламени при различных значениях коэффициента избытка воздуха.

На рис. 3 приведены полученные на основе опытов зависимости величины нормальной скорости w_n распространения фронта пламени в смесях СУГ с добавками водорода до 5% по массе при различных значениях коэффициента избытка воздуха α .

Как видно, в смеси, близкой по составу к стехиометрической ($\alpha=1,07$), добавка 5% водорода увеличивает w_n на 70%. В бедной смеси при $\alpha=1,47$ аналогичная по массе добавка повышает нормальную скорость на 61%. Полученные экспериментальные данные позволяют утверждать, что добавки водорода в смесь СУГ с воздухом позволяют значительно ускорить процесс сгорания. Также следует отметить, что при наличии в топливовоздушной смеси свободного водорода существенно повышается стабильность воспламенения. Так, в ходе опытов не было зафиксировано пропусков зажигания исследуемых бедных смесей с добавками водорода в отличие от топливовоздушных смесей без добавок водорода.

При использовании добавок водорода в ДВС, работающем на СУГ, следует ожидать существенного улучшения его энергоэкологических показателей.

При этом обращает на себя внимание практически линейная зависимость между значением w_n и величиной добавки водорода.

Для того чтобы выяснить, сохраняется ли указанная выше линейная зависимость при больших значениях добавок водорода, были проведены опыты с добавками 20%, 40%, 60% водорода, а также на чистом водороде. Результаты этих экспериментов приведены на рис. 4.

Показанные на этом рисунке зависимости подтверждают линейный характер зависимости нормальной скорости распространения пламени от величины добавки водорода.

Исходя из линейного характера полученных зависимостей, можно рекомендовать для определения нормальной скорости распространения пламени при любых добавках водорода формулу:

$$w_{nm} = w_{nCH} \cdot (1 - g_{H_2}) + w_{nH_2} \cdot g_{H_2}, \quad (2)$$

где w_{nCH} , w_{nH_2} – нормальные скорости пламени для СУГ и чистого водорода; g_{H_2} – величина добавки водорода (по массе) к СУГ.

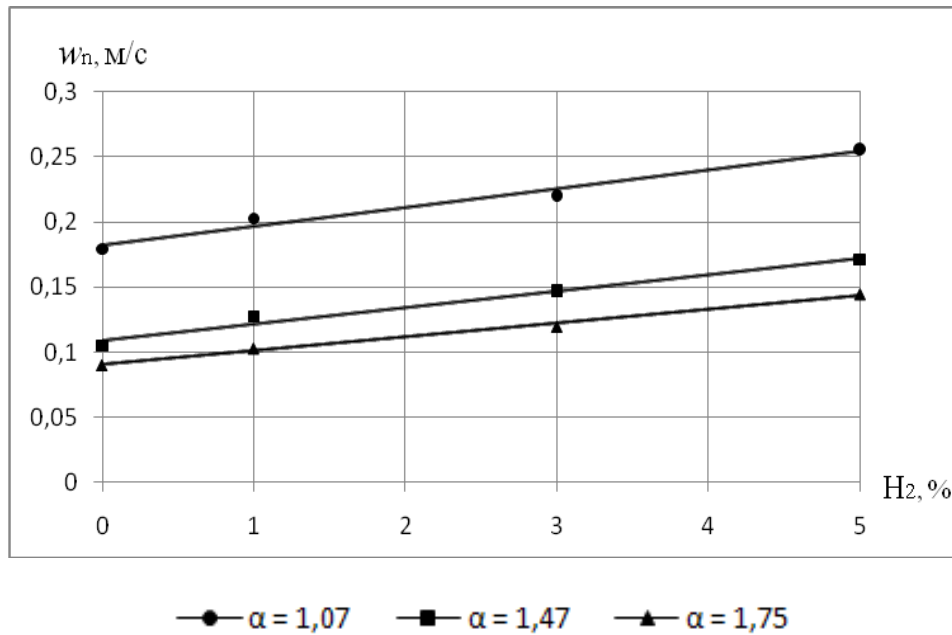


Рис. 3 Влияние добавок водорода (0...5%) на нормальную скорость сгорания смеси СУГ с воздухом при различных значениях коэффициента избытка воздуха

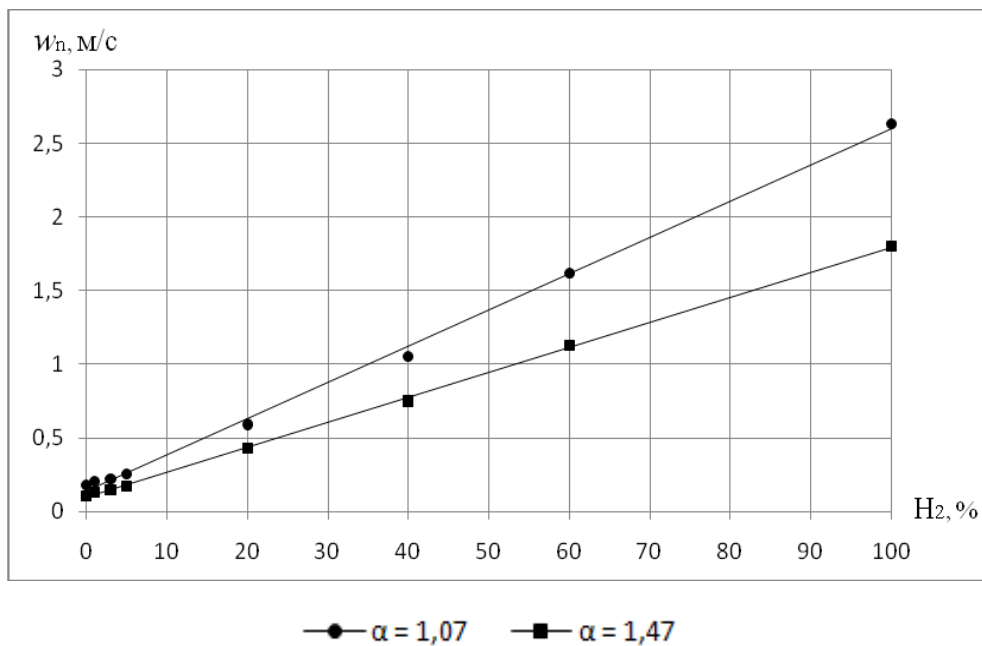


Рис. 4. Влияние добавок водорода (0...100%) на нормальную скорость сгорания смеси СУГ с воздухом при различных значениях коэффициента избытка воздуха

ЛИТЕРАТУРА

1. Регулировка бензинового ДВС при переводе его на сжиженный нефтяной газ / Злотин Г. Н., Захаров Е. А., Кузьмин А. В. // Двигателестроение 2007. № 2. С. 29-31.
2. Злотин, Г.Н. Начальный очаг горения при искровом зажигании гомогенных топливовоздушных смесей в замкнутых объемах / Г.Н. Злотин, Е.А. Федянов, ВолгГТУ. Волгоград, 2008. 152 с.

3. Смоленский В. В., Смоленская Н. М., Шайкин А. Г. Влияние добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием // Прогресс транспортных средств и систем – 2009: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. С. 247-248.

Федянов Евгений Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теплотехника и гидравлика» Волгоградского государственного технического университета

Eugene A. Fedyanov – Dr. Sc., professor, head of Department «Heat Engineering and Hydraulics» Volgograd State Technical University

Захаров Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент, проректор по учебной работе Волгоградского государственного технического университета

Eugene A. Zakharov – Ph.D., vice rector for Academic Affairs Volgograd State Technical University

Левин Юрий Васильевич – аспирант кафедры «Теплотехника и гидравлика» Волгоградского государственного технического университета

Yuri V. Levin – graduate student «Heat Engineering and Hydraulics» Volgograd State Technical University

Гаврилов Дмитрий Сергеевич – Магистрант кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» Волгоградского государственного технического университета

Dmitry S. Gavrilov – graduate student «Operation and Maintenance of Automobiles» Volgograd State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.873

В.Н. Демокритов, А.В. Олешкевич, С.А. Зиновьев

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА ПРИ ЗАДАННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МОСТОВОГО КРАНА

Разработана методика определения оптимальных скоростей перемещения груза на стадии эскизного проектирования мостового крана. Методом множителей Лагранжа получены аналитические зависимости скоростей, соответствующие минимуму суммарной мощности двигателей механизмов крана при заданной его производительности. Представлены результаты исследования оптимальных скоростей механизмов мостового крана грузоподъемностью 12,5 т.

Скорости перемещения груза; механизмы подъема, передвижения тележки и крана; часовая производительность крана; грузоподъемность; время цикла; мощность двигателей

V.N. Demokritov, A.V. Oleshkevich, S.A. Zinoviev

SEARCH FOR OPTIMAL SPEEDS OF BRIDGE CRANE'S MOVEMENT AT GIVEN PRODUCTIVITY

Definition methods of optimal speeds of the load movement at the stage of bridge crane's sketch design are worked out. Analitical meanings of the speeds according to the engine's summary power are received at a given productivity by the method of Lagrange. The results of researches on the mechanism optimal speeds are given for the bridge crane load 12,5 t.

Speeds of load movement, lifting mechanism, crane trolley movement, crane movement, productivity, crane load, cycle time, engine power

При проектировании грузоподъемных машин скорости функциональных механизмов назначаются на стадии технического задания, как правило, без технико-экономического обоснования. При этом не учитывается их взаимосвязь с потребной производительностью, с затратами в сферах изготовления и эксплуатации, что в конечном счете может привести к низкой эффективности использования разрабатываемых машин.

В материале [1] изложена общая стратегия оптимального проектирования кранов мостового типа. Суть этой стратегии заключается в том, что в техническое задание вместо заданных скоростей перемещения груза вводится требуемая производительность крана. При этом скорости являются переменными величинами, могут варьироваться и отыскание их оптимальных значений происходит на верхнем уровне оптимизации, когда рассматривается кран в целом при совместной работе механизмов. Такой подход исключает произвол при назначении скоростей основных механизмов крана и необоснованное завышение мощностей электродвигателей.

В данном докладе предлагается решение этой задачи на примере работы мостового крана при последовательной работе трех механизмов: подъема, передвижения тележки и крана. К заданным условиям проектирования относятся: производительность крана P ; грузоподъемность Q ; высота подъема груза H ; длина пути перемещения тележки S и крана L .

В качестве критерия оптимальности принята наименьшая суммарная мощность двигателей механизмов подъема, передвижения тележки и крана. Целевую функцию можно представить в виде $K_n \cdot V_n + K_m \cdot V_m + K_k \cdot V_k \rightarrow \min$, где V_n, V_m, V_k – скорости подъема груза, передвижения тележки и крана; K_n, K_m, K_k – силовые коэффициенты, зависящие от конструкций механизмов, определяются из формул требуемых мощностей двигателей

$$K_n = \frac{G + G_o}{1000\eta}; \quad K_m = \frac{W_m}{1000\eta}; \quad W_m = \frac{G + G_m}{D_{\text{хк}}} (\mu + fd) k_p,$$

где G – сила тяжести транспортируемого груза; G_o – сила тяжести подвески; η – КПД механизма; W_m – сопротивление передвижению тележки; G_m – собственный вес тележки; $D_{\text{хк}}$ – диаметр ходовых колес; μ – коэффициент трения качения колеса по рельсу; f – приведенный коэффициент трения для подшипников; k_p – коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельс. Силовой коэффициент для крана K_k определяется аналогично величине K_m для тележки.

При этом скорости должны быть связаны с производительностью крана условием обеспечения необходимого времени цикла:

$$t_{\text{ц}} = \frac{Q}{P} = \frac{2H}{V_n} + \frac{2S}{V_m} + \frac{2L}{V_k} + t_{\text{всн}},$$

где $t_{\text{всн}}$ – вспомогательное время, затрачиваемое на захват и освобождение груза.

Поиск оптимальных скоростей передвижения груза осуществляется методом множителей Лагранжа, согласно которому новая целевая функция имеет вид

$$\Phi = K_n \cdot V_n + K_m \cdot V_m + K_k \cdot V_k + \lambda \left(\frac{2H}{V_n} + \frac{2S}{V_m} + \frac{2L}{V_k} + t_{\text{всн}} - \frac{Q}{P} \right), \quad (1)$$

где λ – неопределенный множитель Лагранжа.

Продифференцировав функцию (1) и приравняв нулю частные производные по переменным V_n, V_m, V_k , находим точки экстремума функции решением уравнений

$$\frac{\partial \Phi}{\partial V_n} = K_n + 2\lambda H \left(-\frac{1}{V_n^2} \right) = 0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial V_m} = K_m + 2\lambda S \left(-\frac{1}{V_m^2} \right) = 0; \quad (3)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial V_k} = K_k + 2\lambda L \left(-\frac{1}{V_k^2} \right) = 0; \quad (4)$$

$$\frac{2H}{V_n} + \frac{2S}{V_m} + \frac{2L}{V_k} - \frac{Q}{P} = 0. \quad (5)$$

Из уравнений (2 – 5) следует

$$V_n = \left(2H + \frac{2S}{\sqrt{\frac{K_n S}{K_m H}}} + \frac{2L}{\sqrt{\frac{K_n L}{K_k H}}} \right) / \left(\frac{Q}{P} - t_{всн} \right);$$

$$V_m = \sqrt{\frac{K_n S}{K_m H}} \cdot V_n; \quad V_k = \sqrt{\frac{K_n L}{K_k H}} \cdot V_n.$$

После определения оптимальных значений V_n , V_m , V_k должны быть проверены условия ограничения скоростей (проверка двигателей на пуск, нагрев, запасов сцепления колёс тележки с рельсами при пуске и торможении), здесь возможна корректировка скоростей.

При других режимах работы механизмов будут изменяться критерий оптимальности и общее время цикла с учетом совмещения движений перемещения груза.

По данной методике проведен поиск оптимальных скоростей мостового крана грузоподъемностью $Q = 12,5$ т. Вместо скоростей перемещения груза задана часовая производительность крана $P = z \cdot Q$ т/ч, где $z = 5; 10; 12; 15; 20$ – число циклов в час.

Результаты исследования оптимальных скоростей механизмов мостового крана в зависимости от часовой производительности крана и путей перемещения груза сведены в таблицу и проиллюстрированы на графиках (рис. 1, 2).

Результаты исследования

Пути перемещения груза, м	Производительность P , т/ч	Скорости механизмов крана, м/мин		
		V_n	V_m	V_k
H=13,5 S=16,5 L=50	5Q	3,24	25,62	41,1
	10Q	6,48	51,36	82,2
	15Q	9,78	77,4	124,8
	20Q	13,02	102,84	165,24
H=10 S=10 L=10	10Q	4,3	30,5	28,1
	12Q	5,06	36,14	33,26
	15Q	6,32	45,17	41,58
H=10 S=10 L=30	10Q	4,6	33,5	53,46
	12Q	5,6	40,01	63,7
	15Q	7,01	50,33	80,17
H=5 S=8 L=20	10Q	2,46	22,3	32,4
	12Q	2,96	26,6	38,78
	15Q	3,7	33,19	48,27
H=13,5 S=10 L=10	10Q	5,63	34,7	32
	12Q	6,7	41,4	38,1
	15Q	8,44	55,44	47,63
H=13,5 S=0 L=10	10Q	5,09	0	28,92
	12Q	6,106	0	34,7
	15Q	7,63	0	43,2

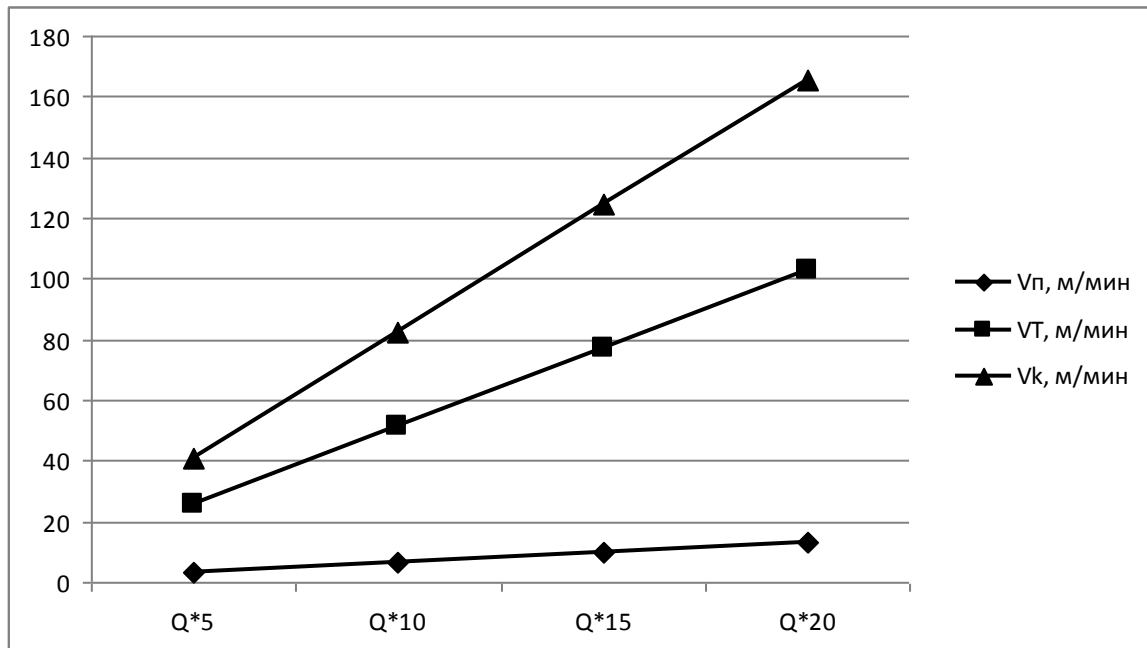


Рис. 1. Графики зависимости скоростей перемещения груза от часовой производительности крана при $H=13,5$ м; $S=16,5$ м; $L=50$ м.

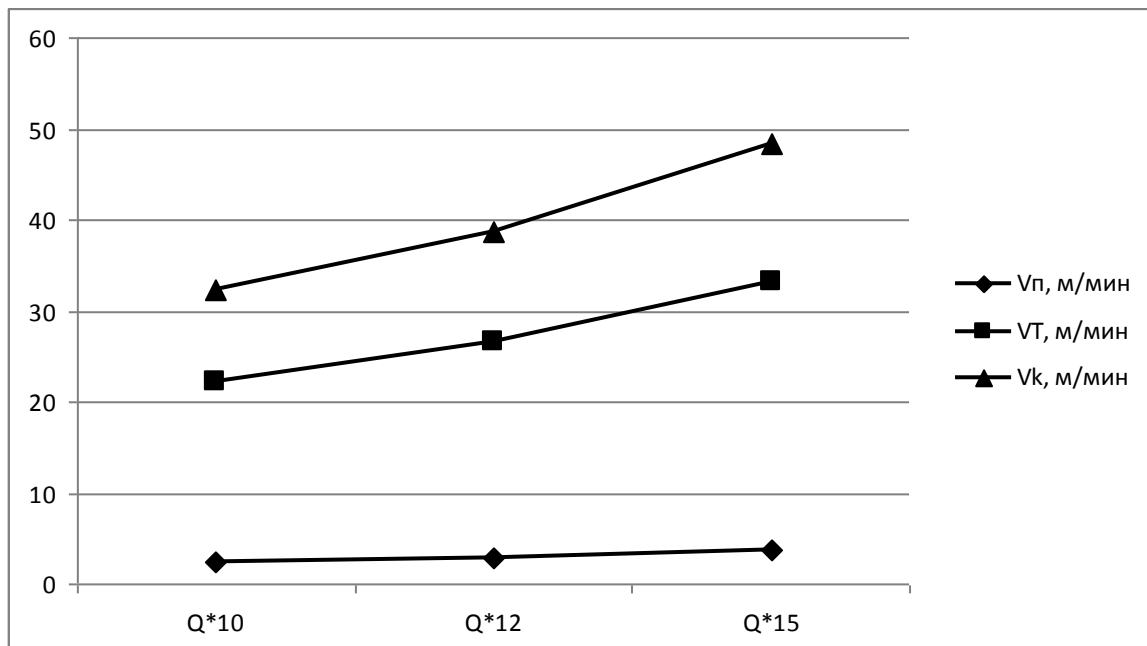


Рис. 2. Графики зависимости скоростей перемещения груза от часовой производительности крана при $H=5$ м; $S=8$ м; $L=20$ м.

Таким образом, найдены оптимальные скорости, которые соответствуют минимуму суммарной мощности двигателей механизмов крана. Это приведет к снижению затрат электроэнергии при эксплуатации крана и уменьшению стоимости приводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олешкевич А. В. Общая стратегия оптимального проектирования кранов мостового типа / А.В. Олешкевич, В.Н. Демокритов // Проблемы динамики и прочности исполнительных механизмов и машин: материалы науч.-техн. конф. Астрахань, 2002. С. 168-171.

Демокритов Владимир Николаевич –
доктор технических наук, профессор
кафедры «Основы проектирования машин»

Vladimir N. Demokritov –
Doctor of technical sciences,
professor of Department «The

Ульяновского государственного технического университета

Олешкевич Александр Вениаминович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы проектирования машин» Ульяновского государственного технического университета

Зиновьев Сергей Александрович – студент группы АТд-31 машиностроительного факультета Ульяновского государственного технического университета

foundations of machines design»
Ulyanovsk State Technical University

Alexandr V. Oleshkevich – Candidat of technical sciences, docent of Department «The foundations of machines design» Ulyanovsk State Technical University

Sergey A. Zinoviev – Student of Ulyanovsk State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 623.094

В.В. Мерзлов

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕДВИЖНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОЗАПРАВЩИКОВ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Проведен анализ эксплуатирующихся передвижных автомобильных газозаправщиков различных конструктивных исполнений на основе баллонов различных типов с целью оценки возможности применения в Вооруженных Силах Российской Федерации.

Транспортные средства, компримированный природный газ, передвижные автомобильные газозаправщики, автомобильные газонаполнительные компрессорные станции, баллоны высокого давления

V. V. Merzlov

PROSPECTS OF APPLICATION MOBILE MONEY SUPPLY COMPRESSED NATURAL GAS USERS IN ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Considered the most simple and effective way to supply CNG in order to accelerate the transfer of vehicles to CNG due to more widespread use of mobile for the purpose of an assessment of possibility of application in armed forces Russian Federation.

Vehicle, compressed natural gas, portable gas vehicle refueling, automobile gas-filling compressor stations, high pressure cylinders

Военно-воздушные силы (ВВС) Российской Федерации оснащены различными авиационными комплексами, для обслуживания которых применяется большого количество средств наземного обслуживания общего применения (СНО ОП) выполненных на автомобильных шасси. СНО ОП – это совокупность технических средств, обеспечивающих техническое обслуживание разных типов воздушных судов (ВС). К СНО ОП относятся: средства заправки жидкими криогенными продуктами, средства заправки газами, средства энергоснабжения, средства наддува, средства буксировки, тепло-технические средства, средства монтажно-подъемные, средства очистки и специальной обработки.

Проведенный анализ эксплуатации СНО ОП показывает, что эксплуатационные характеристики большинства СНО ОП, разработанных еще в 1960-90-е годы, не соответствуют:

– по запасу хода требованиям ГОСТ 53543-2009 и общим техническим требованиям к видам вооружения и военной техники (ОТТ ВВС 4.1.7-86);

– по экологичности требованиям ГОСТ 52033-2003, ГОСТ 52408-2005, приказа МО РФ №15 «О мерах по обеспечению экологической безопасности Вооруженных Сил Российской Федерации» и директивы МО РФ № Д-23 от 1995 г. «Об экологической обстановке в местах дислокации войск Вооруженных Сил Российской Федерации».

Реализация в регионах России программы [1] по замене транспорта на автомобили, работающие на альтернативном топливе, является одним из перспективных проектов развития экономики Российской Федерации и, соответственно, она должна найти свое воплощение и в Вооруженных Силах. Одним из способов решения указанных проблем в Вооруженных Силах РФ является использование природного газа (ПГ) в качестве альтернативного топлива для двигателя внутреннего сгорания (ДВС) СНО ОП.

Основным сдерживающим фактором, влияющим на процесс перевода военной техники на ПГ, является недостаточное количество АГНКС в РФ. В России к концу 2011 года работало всего 252 автомобильных газонаполнительных компрессорных станции (АГНКС), а парк газобаллонных автомобилей (ГБА) достиг 86000. [2]. Это очень скромные цифры. Например, в г. Воронеже их всего 2, а в Воронежской области 4. Стоимость строительства одной АГНКС составляет не менее 15...18 млн. руб.

Перспективным способом заправки газобаллонных автомобилей на аэродроме может стать использование передвижных автомобильных газозаправщиков (ПАГЗ), которые будут заправляться на АГНКС расположенных за территорией аэродрома. Стоимость ПАГЗ составляет 3,2...6,7 млн. руб. [3]. Применение ПАГЗ позволит организовать быструю доставку газа непосредственно к автомобилям находящимся на аэродроме. Это увеличит загрузку имеющихся и строящихся АГНКС; а также сгладит неравномерность суточного потребления газа на АГНКС.

В ВВС во фронтовой авиации за одну летную смену расходуется ориентировочно 2 т только дизельного топлива. При условии перевода дизельных ДВС СНО ОП на газодизельный режим эксплуатации расход дизельного топлива за одну летную смену составит 500 кг., а ПГ 1500 кг (или 1350 м³). То есть один ПАГЗ, в зависимости от количества баллонов и их емкости в состоянии обеспечить автомобильную технику ПГ на 1...5 летных смен. При эксплуатации авиационного электроагрегата АПА-5Д в течении 8 часов (за 1 моточас расходуется 20 литров топлива) экономия денежных средств при работе на ПГ в сутки составит 3300 руб. Годовой экономический эффект перевода дизельных ДВС на СНО ОП одного аэродрома на двухтопливный режим при двух летных сменах в неделю составит около 7,5 млн.руб.

Проведем анализ отечественных типов ПАГЗ.

В настоящее время в России более сотни ПАГЗ значительно отличающихся по конструктивному исполнению, объему перевозимого газа, габаритам и массе, типу используемых баллонов и транспортировщиков.

Основными элементами ПАГЗ являются баллоны высокого давления. Используются баллоны 4 типов по ГОСТ Р 51753 и ISO11439: стальные бесшовные (тип 1); состоящие из металлического лайнера и оболочки из композиционного материала на цилиндрической поверхности лайнера (тип 2); состоящие из металлического лайнера и оболочки из композиционного материала на всей поверхности лайнера (тип 3); состоящие из неметаллического лайнера, оболочки из композиционного материала на всей поверхности лайнера [4] и металлических закладных элементов (тип 4).

Большинство ПАГЗ созданы на базе баллонов 1 и 2 типов вместимостью до 400 л. Баллоны 1 типа изготавливаются из углеродистой или легированной стали, 2 типа – из стали с кольцевой намоткой композиционным материалом. Коэффициент весового совершенства таких баллонов при давлении 24,5 МПа составляет 1,0...1,2.

Основными недостатками этих ПАГЗ являются:

1. Большая масса при использовании тяжелых стальных баллонов. Например, при объеме транспортируемого газа до 5000 м³ и применение баллонов на давление 24,5 МПа общая масса ПАГЗ в заправленном состоянии может достигать 35...40 т.

Большая масса увеличивает эксплуатационные расходы и создает определенные проблемы при проезде ПАГЗ по дорогам, особенно в зимнее время.

2. Необходимость проведения каждые 3...5 лет технического освидетельствования баллонов. С учетом демонтажа баллонов с ПАГЗ, транспортировки их на освидетельствование и обратно, освидетельствования и последующего монтажа в ПАГЗ общие затраты на техническое освидетельствование становятся весьма значительными.

При гарантированном сроке службы баллонов в 15 лет эту операцию необходимо выполнить 3...5 раз. В итоге эти дополнительные затраты могут быть сопоставимы с первоначальной стоимостью ПАГЗ.

В то же время баллоны 1 и 2 типов наиболее дешевые по сравнению с баллонами 3 и 4 типов [5].

Лучшими массогабаритными и эксплуатационными показателями характеризуются ПАГЗ с использованием баллонов 3 типа (металлический лейнер, например, из алюминиевого сплава с намоткой композиционным материалом типа «кокон»). Коэффициент весового совершенства таких баллонов 0,60...0,65 при давлении 24,5 МПа. Срок службы баллонов 20 лет, техническое освидетельствование один раз через 10 лет.

Наиболее высокие показатели имеют ПАГЗ на основе баллонов 4 типа, например, фирмы Хрегион ФРГ [6]. Баллоны 4 типа наиболее дорогие. Срок службы баллонов 20 лет, за время эксплуатации проведение технического освидетельствования не требуется. Баллоны взрывобезопасны, не подвержены коррозии. Производство таких баллонов в России отсутствует. В баллонах этого типа лейнер выполнен из полимерного материала с намоткой композиционным материалом по всей поверхности. Баллоны имеют минимальный вес, коэффициент весового совершенства 0,42 при давлении 24,5 МПа.

По способу выдачи газа различаются ПАГЗ с пассивной выдачей газа (на ПАГЗ не установлен дожимающий компрессор) и активной выдачей (на ПАГЗ установлен дожимающий компрессор). Степень опорожнения баллонов при этом соответственно 0,65 и 0,92. Повышение степени опорожнения баллонов при отсутствии дожимающего компрессора на ПАГЗ может быть достигнуто за счет секционирования газобаллонной установки ПАГЗ [7].

По типу используемых транспортировщиков ПАГЗ изготавливаются на базе прицепов, полуприцепов, грузовых автомобилей, полуприцепов с крано-манипуляторной установкой или кантователем. Выбор типа транспортировщика обычно производится исходя из требуемого объема перевозимого газа, возможности размещения на нем дожимающего компрессора и других устройств, удобств обслуживания и т.п. По способу установки баллонов в рамной конструкции различают ПАГЗ с горизонтальной и вертикальной установкой баллонов. Наибольшее распространение получили ПАГЗ с горизонтальным размещением баллонов. По типу защиты баллонов от атмосферных воздействий различают ПАГЗ с защитными устройствами в виде тентов (мягкая конструкция) или размещением баллонов в контейнерах (жесткая конструкция).

Большое разнообразие созданных конструкций ПАГЗ позволяет с одной стороны накопить определенный опыт по разработке, изготовлению и эксплуатации ПАГЗ с целью дальнейшего совершенствования их конструкций. С другой стороны оригинальность конструкции – это значительное удорожание изделия за счет необходимости разработки каждый раз новой документации, за счет изготовления ПАГЗ в условиях единичного производства со всеми отсюда вытекающими недостатками.

За последние годы специалистами разработаны, изготовлены и успешно эксплуатируются различные ПАГЗ на базе баллонов 3 типа (лейнер из коррозионностойкого алюминиевого сплава) вместимостью до 185 л на рабочее давление 24,5 МПа. Размещение баллонов в раме ПАГЗ – горизонтальное, защита от атмосферных воздействий – специальными тентами.

Примерами таких ПАГЗ являются:

1. Передвижной газозаправщик ПАГЗ 1000-25 на прицепе без дожимающего компрессора, изображенный на рис. 1, используется в г. Новосибирске с 2008 года.

С учетом опыта работы этих ПАГЗ с минимальными затратами легко и быстро могут быть разработаны модули и ПАГЗ на другое количество перевозимого газа.

2. Автомобильный газозаправщик ПАГЗ 1680-К-25КМУ [3] с пятью автономными модулями по 560 м³ на полуприцепе без дожимающего компрессора с крано-манипуляторной установкой для разгрузки и загрузки модулей, эксплуатируется ООО «Газпром трансгаз Саратов», г. Саратов с 2010 года (рисунок 2).

3. Передвижной автомобильный газозаправщик ПАГЗ 2700-25 [7] на полуприцепе с дожимающим компрессором, эксплуатируется ООО «Газпром трансгаз Самара», г. Самара с 2011 года.

4. Передвижной автомобильный газозаправщик ПАГЗ-метановоз контейнерный [7] (с баллонами тип 4), который способен перевозить в:

20-футовом контейнере до 6000 м³;

40-футовом контейнере до 12 000 м³;

45-футовом контейнере до 13 500 м³ сжатого природного газа.

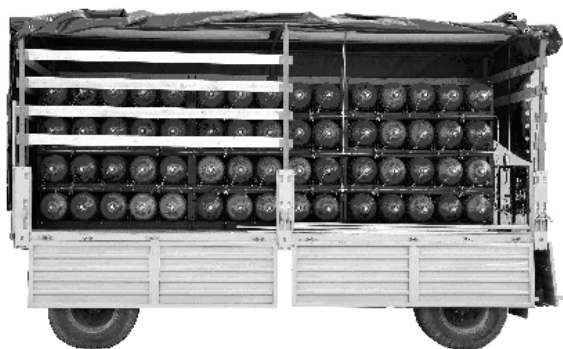


Рис. 1. ПАГЗ-1000-25



Рис. 2. ПАГЗ 1680-К-25КМУ

Передвижной автомобильный газозаправщик модульного типа (рисунок 2) перевозит несколько газобаллонных быстросъемных модулей. Каждый модуль (объем перевозимого газа 560-1000 м³) снабжен устройством заправки и выдачи газа и поэтому в работе автономен. Перевозку модулей можно осуществлять любым транспортом, оборудованным для перевозки опасных грузов, а также тягачами, оснащенными крано-манипуляторными установками. При отсутствии на ПАГЗ крано-манипуляторной установки загрузка и разгрузка модулей может быть осуществлена любым автомобильным краном или кантователем.

Основные характеристики некоторых отечественных ПАГЗ [3]

МАРКА ПАГЗ	ПАГЗК 5700-25-4	ПАГЗ 5000-25-5	ПАГЗ 3500-25-4	ГЗК «Гидрогаз»	ПАГЗК 1900-25-4
Объем перевозимого газа, м ³	5700	5000	4000	2640	1900
Коэффициент опорожнения	0,94	0,62	0,65	0,95	0,92
Объем заправляемого в автомобили газа куб.м	5358	3100	2600	2508	1748
Количество одновременно заправляемых автомобилей, ед.	2	3	2	4	2
Количество заправляемых автобусов Икарус, ед.	67	39	33	31	22
Марка тягача	МАЗ-64221	КамАЗ-5425	КамАЗ-5410	КамАЗ-5410	КамАЗ-53215
Масса полуприцепа, т	32,7	23,0	данных нет	14,8	14,0

Основные проблемы при разработке и изготовлении ПАГЗ:

1. Необходимость согласований доработки конструкции транспортировщика с целью надежного закрепления рамы газобаллонной установки или газовых модулей (согласование с разработчиками и изготовителями).

2. Трудности в комплектовании ПАГЗ запорно-регулирующей арматурой высокого давления: клапаны, вентили, редукторы и др. выпускаются ограниченным числом производителей, что вызывает увеличение срока изготовления и поставки, а также высокую стоимость.

3. Ограниченный выбор производителей баллонов высокого давления для комплектования ПАГЗ.

Баллоны 3 типа (одни из наиболее подходящих для комплектования ПАГЗ) серийно выпускает всего одно предприятие (фактор монополизма). Баллоны 4 типа в России практически не изготавливаются, однако компания ООО «Ругазко» (г. Нижний Новгород) с 2014 года планируется их серийный выпуск.

Дополнительным достоинством ПАГЗ для применения в ВВС является то, что газ можно подавать в любое место: в автопарк, к работающей автомобильной технике на аэродроме, при совершении марша. При этом в работе может быть задействовано достаточно большое количество модулей, что позволяет обслуживать одним ПАГЗ значительное число СНО ОП, находящихся в различных местах и на довольно большом расстоянии от АГНКС.

В Российской Федерации отсутствуют единые установленные требования к конструкции ПАГЗ, поэтому создатели этих изделий в своей работе руководствуются, в основном, требованиями минимальных затрат, что не всегда согласуется с требованиями минимизации эксплуатационных расходов и требованиями безопасности. Практически каждый ПАГЗ – это оригинальная конструкция, разработанная и изготовленная по индивидуальному проекту, что привело к большому разнообразию конструкций ПАГЗ.

С целью решения вышеизложенной задачи необходимо:

1. Разработать на государственном уровне единые требования к ПАГЗ.
2. Стимулировать организации, занимающиеся как разработкой и изготовлением ПАГЗ, так и их эксплуатацией.
3. Разработать типовые конструкции ПАГЗ как с пассивной, так и активной выдачей газа потребителям.
4. Наладить серийный выпуск надежной и дешевой запорно-регулирующей арматуры на высокое давление.
5. Организовать в более широких масштабах производство баллонов 3 типа, создать производство баллонов 4 типа.

Таким образом, на данном этапе развития ВС РФ перевод автомобильной техники на ПГ наиболее просто может быть достигнут путем использования ПАГЗ на основе баллонов 3 и 4 типов как с пассивной, так и активной выдачей сжатого газа. Применение ПАГЗ для заправки будущих газодизельных СНО ОП на аэродромах позволит избежать проблем со строительством АГНКС на его территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заседание комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России 27.01.20011 г. URL: <http://state.kremlin.ru/fase/11755>.(дата обращения: 13.07.2011 г.)
2. Ким А.А., Коротков Н.В., Воробьев Д.Ю., Мировой парк ГБА и АГНКС (декабрь 2011 г.) // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. №1 (25). С. 58-59.
3. http://www.ngvrus.ru/st19_10.shtml.(дата обращения: 11.02.2013 г.)
4. <http://standartgost.ru/ГОСТ2051753-2001>.(дата обращения: 12.02.2013 г.)
5. http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=6002.(дата обращения: 9.02.2013 г.)
6. Баллоны фирмы Xperion, ФПГ. URL:<http://xperion.de/fase/25625>.(дата обращения: 12.02.2013 г.)
7. <http://www.vtg-gas.ru/articles/9-peredvizhnye-sredstva>.(дата обращения: 13.02.2013 г.)
8. http://www.ngvrus.ru/story_20.shtml.(дата обращения: 12.02.2013 г.)

Мерзлов Виктор Владимирович –
адъюнкт Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж

Viktor V. Merzlov –
graduate student The Voronezh Military Aviation Academy

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.43-61

Е.Л. Иовлева, С.С. Захарова, М.П. Лебедев, Л.И. Попова

ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРАКЦИЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Поставлена задача создания зимнего сорта дизельного топлива, обеспечивающего работу техники в экстремальных условиях Крайнего Севера (до –60). Получены первые результаты исследований по определению эксплуатационных характеристик дизельного топлива, выделенного прямым фракционированием сборной нефти из нефтепровода ВСТО (Восточная Сибирь-Тихий океан). Проведен сравнительный анализ зимних сортов дизельных топлив с полученным дизельным топливом, показавший необходимость в

дальнейшем улучшения низкотемпературных свойств исследуемого дизельного топлива применением депрессорных присадок.

Дизельное топливо, парафины, фракционный состав, цетановое число

E.L.Iovleva, S.S.Zakharova, M.P.Lebedev, L.I.Popova

A STUDY OF OPERATING CHARACTERISTICS OF DIESEL FUEL FRACTION ISOLATED FROM YAKUT PETROLEUM

A problem of creation of winter grade diesel fuel ensuring operation of equipment in extreme conditions of Far North (nearly -60) is set. The first research results to determine operating characteristics of diesel fuel isolated by direct fractionation of crude oil from the ESPO (East Siberia-Pacific Ocean) oil pipeline were obtained. The comparative analysis of winter grade diesel fuels with the obtained diesel fuel was done, which showed the need for further improvements of low temperature properties of the studied diesel fuel by utilization of depressants.

Diesel fuel; paraffins; fractional composition; cetane number

Дизельное топливо предназначено для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники.

Дизельные топлива должны отвечать следующим требованиям[1-3]:

- бесперебойно поступать в цилиндры при любых температурах и обеспечивать легкий пуск двигателя;
- хорошо распыливаться и обеспечивать хорошее смесеобразование в цилиндрах двигателя;
- образовывать минимальное количество нагара и отложений, а также не вызывать коррозии и коррозионных износов деталей, соприкасающихся с ним и продуктами его сгорания

По объему производства дизельных топлив Россия занимает первое место в мире, и по качеству отечественные дизельные топлива соответствуют лучшим зарубежным образцам. Однако, наиболее массовым в стране является летний сорт топлива. Доля зимнего и арктического сортов в общем дизельном фонде, эксплуатируемых до -45°C , составляет всего 11%, что примерно только на половину удовлетворяет растущие потребности страны в низкозастывающем виде топлива, связанного с необходимостью интенсивного освоения природных богатств Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера [4,5].

В связи с этим задача создания зимних сортов дизельных топлив, обеспечивающих работу техники в экстремальных условиях Крайнего Севера (до -60°C) является весьма актуальной.

В этом аспекте приведены первые результаты исследований по выделению фракции дизельного топлива из якутской нефти и определению его эксплуатационных характеристик, что является первым этапом работы.

Поскольку основу отечественных дизельных топлив составляют прямогонные дистилляты нефти, нами были выделены фракции дизельного топлива из сборной нефти нефтепровода ВСТО(Восточная Сибирь-Тихий океан) на аппарате АРНС 9

При этом, с учетом того, что основным способом получения низкозастывающих дизельных топлив является облегчение их фракционного состава путем снижения температуры конца кипения до 300°C (против 360°C для летнего сорта) нами была выделена фракция дизельного топлива с температурой выкипания от 180 до 280°C .

Далее определялись физико-химические показатели качества полученного дизельного топлива из якутской нефти, которые должны соответствовать требованиям и нормам. Существуют два государственных стандарта для дизельного топлива:

- внутри страны – ГОСТ 305-82;
- для экспорта – ЕВРО.

По ГОСТ 305-82 нефтеперерабатывающей промышленностью вырабатывается дизельное топливо трех марок (летнее, зимнее, арктическое)[1] (табл.1).

Таблица 1

. Характеристики дизельного топлива (ГОСТ 305-82)

Наименование показателей	Норма для марки		
	Летнее	Зимнее	Арктическое
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав:			
50% перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	255
96% перегоняется при температуре, °С, не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с (сСт)	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:			
Умеренной	-10	-35	-
Холодной	-	-45	-55
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
Умеренной	-5	-25	-
Холодной	-	-35	-
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:			
Вида I	0,20	0,20	0,20
Вида II	0,50	0,50	0,40
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание сероводорода	Отсутствие		
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ² топлива, не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН на 100 см ² топлива, не более	5	5	5
Иодное число, г. йода на 100 г. топлива, не более	6	6	6
Зольность, % не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость, 10%-го остатка, %, не более	0,20	0,30	0,30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Содержание механических примесей	Отсутствие		
Содержание воды	Отсутствие		
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	860	840	830
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-5	-	-

Как видно из табл. 1, основными эксплуатационными показателями дизельного топлива являются:

- *цетановое число* – основной показатель воспламеняемости дизельного топлива, определяющий запуск двигателя, высокие мощностные и экономические показатели работы двигателя; отработавших газов двигателя;
- *фракционный состав*, определяющий полноту сгорания, дымность и токсичность отработавших газов двигателя;
- *вязкость и плотность* определяющие процессы испарения и смесеобразования в дизеле, обеспечивающие нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрации;
- *низкотемпературные свойства*(температура помутнения, предельная температура фильтруемости, температура застывания), определяющие функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды и условия хранения топлива;
- *температура вспышки*, определяющая пожароопасность топлива и условия безопасности применения топлива в дизелях;
- *наличие сернистых соединений, непредельных углеводородов и металлов*, характеризующее нагарообразование, коррозию и износ;
- *степень чистоты*, характеризующая надежность работы фильтров и цилиндро-поршневой группы двигателя.

В таблице 2 приведены эксплуатационные характеристики для дизельного топлива, полученного из сборной нефти, для зимнего дизельного топлива по ГОСТ 35-82 и по ГОСТ 52368-2005.

Таблица 2

Сравнительная характеристика эксплуатационных показателей исследуемого дизельного топлива с показателями качества зимнего сорта дизельного топлива по ГОСТ 305-82 и по ГОСТ 52368-2005

Наименование показателей	Значение по ГОСТ 305-82	Значения по ГОСТ 52368-2005	Полученные значения
Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	255	До температуры 180 °С, %	240
		10	10
96 % перегоняется при температуре (конец перегонки), °С, не выше	330	До температуры 340 °С, %	340
		95	95
Кинематическая вязкость, мм ² с (сСт)	1,5-4,0	1,20-4,00	2,798
Массовая доля серы, %, не более, в топливе: Вида I	0,2	350	0,2
Испытания на медной пластинке	Выдерживает		
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	-	Отсутствие
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ² топлива, не более	30	-	24,7
Коксуемость, 10 %-ного остатка, %, не более	0,30	0,30	0,7
Содержание механических примесей	Отсутствует	24	Отсутствует
Содержание воды	Отсутствует	200	Отсутствует
Плотность кг/м ³ , не более	830	800-840	816
Температура помутнения, °С	-35	-34	-17
Температура застывания, °С	-45	-	-28
Предельная температура фильтруемости, °С	-	-44	-17
Кислотность, мг КОН на 100 см ³	5	-	1,94
Йодное число, г йода на 100 г топлива	6	-	1,12

Сравнительный анализ показал, что не все показатели качества полученного дизельного топлива отвечают значениям ГОСТ 305-82 для зимних топлив. Это относится к показателям, характеризующим низкотемпературные свойства дизельного топлива (температура помутнения, предельная температура фильтруемости, температура застывания) и коксуемости. Из этого следует, что необходимо улучшить низкотемпературные свойства полученного дизельного топлива.

Как известно, низкотемпературные свойства дизельных топлив зависят от присутствия в них парафиновых углеводородов с длинной неразветвленной цепью углеводородных атомов, которые обладают наиболее высокими температурами плавления. Исследования показали, что при охлаждении дизельных топлив в первую очередь выпадают парафиновые углеводороды нормального строения, они оседают на дно емкости, что затрудняет использование топлива. При этом, на температуру помутнения влияет не количество, а состав n-парафинов. Добавка даже небольшого количества высокоплавких n-парафинов приводит к резкому ее повышению[1]:

Парафиновые УВ состава C ₂₀ -C ₂₅ , %	-	0	5	10
Температура помутнения, °С	-	-35	-20	-15

Поэтому для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимних топлив необходимо проводить:

- облегчение фракционного состава путем отбора прямогонной фракции с концом кипения 300⁰С;
- депарафинизацию дизельного топлива;
- введение в топливо депрессорных присадок (сотые доли процента).

Первое условие нами соблюдено. Последующие исследования будут связаны с депарафинизацией дизельного топлива и изучением механизмов действия депрессорных присадок, заключающемся в модификации структуры кристаллизирующихся парафинов, уменьшении их размеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. справочник / под ред. В.М.Школьников. Изд-ие 2, перераб. и доп. М «Техинформ»1999. 596 с.
2. ГОСТ 305-82
3. ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2004)
4. Захарова С.С., Калачева Л.П. К вопросу нефтепереработки в Республике Саха (Якутия). Материалы Регионал. науч-практ.конф. Горнодобывающая пром-ть РС(Я). Проблемы и перспективы: Якутск, 2000 (тезисы).
5. Лебедев М.П., Слепцов О.И., Кобылин В.П., Шадрин А.П. Проблемы завоза органического топлива и роль АСММ в условиях Крайнего Севера // Энергия: экономика, техника, экология. Журнал Президиума РАН (Академ Издат. Центр «Наука» РАН), 2012. №2. С. 12-17.

Иовлева Елизавета Лонгиновна – старший преподаватель кафедры «Машиноведение» Автодорожного факультета Северо-Восточного Федерального Университета имени М.К. Аммосова

Elizaveta L. Iovleva – senior lecturer of Department “Science of machines” of Road Faculty of North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosov

Захарова Светлана Семеновна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент Биолого-Географического Факультета Северо-Восточного Федерального Университета имени М.К. Аммосова

Svetlana S. Zakharova – Ph.D., associate professor of Biological-Geographical Department of North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosov

Лебедев Михаил Петрович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой «Машиноведение» Автодорожного факультета Северо-Восточного Федерального Университета имени М.К. Аммосова

Mikhail P. Lebedev – Dr. Sc., professor, the corresponding member of RAS, head of Department “Science of machines” of Road Faculty of North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosov

Попова Лоридана Игнатьевна – Ассистент кафедры «Машиноведение» Автодорожного факультета Северо-Восточного Федерального Университета имени М.К. Аммосова

Loridana I. Popova – assistant of Department “Science of machines” of Road Faculty of North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosov

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.87

А.П. Зубов, М.М. Олейник

**ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕШЕТЧАТЫХ КРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ
С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ, ИСХОДЯ ИЗ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ И НАГРУЖЕНИЯ**

Рассмотрены системы решеток металлоконструкций козловых кранов, критерии и граничные условия эксплуатации и нагружения для выбора количества поясов и типа решеток. Представлены рекомендации для выбора метода оптимизации в зависимости от выбора системы конструкции.

Металлические конструкции, оптимальное проектирование, решетки ферм, оптимизации.

A.P. Zubov, M.M. Oleynik

**ALTERNATIVE DESIGN OF TRELLISED CRANE DESIGNS FOR THE PURPOSE OF
OBTAINING THE OPTIMUM DECISION, PROCEEDING FROM SERVICE CONDITIONS AND
LOADING**

The systems of metal gratings, criteria and boundary conditions of use and loading zones to select the number and type of grids. Recommendations are choosing the optimization method based on the choice of design.

Metal structures, optimal design, lattice trusses, optimization

Основное условие проектирования металлических конструкций – это создание рациональных конструктивных схем и установление областей их применения при наивыгоднейших значениях их геометрических параметров и размеров отдельных элементов[1]. Эти вопросы решаются методами оптимального проектирования. В качестве критерия оптимального проектирования обычно рекомендуется суммарная металлоемкость.

На первом этапе оптимального проектирования необходимо решить задачу структурной оптимизации с учетом условий эксплуатации и нагружения. Для ферменных конструкций необходимо прежде всего выбрать варианты типа систем решеток.

Величина массива возможных вариантов решетчатых крановых конструкций определяется следующими факторами:

- количеством поясов;
- разновидностью и геометрией системы решетки;
- типом сечения стержней.

Из-за того, что металлические конструкции подъемно-транспортных машин испытывают как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки, плоские фермы неустойчивы и, как правило, из них образуются пространственные системы из 3-х или 4-х поясов.

Треугольное поперечное сечение пространственной системы из трех ферм чаще всего применяется в конструкциях стрел, а прямоугольное же сечение, в свою очередь, наиболее характерно для ферм мостового типа, так как они обладают большим сопротивлением кручению и изгибу в горизонтальной плоскости. Применение решетчатых крановых ферм с большим количеством поясов не нашло на практике применения, так как в этом случае наиболее ярко проявляются их технологические недостатки, - большая трудоемкость изготовления ферм (по сравнению с листовыми конструкциями) и более низкое значение сопротивления усталости.

И все же, если говорить об этом факторе с точки зрения вариантного проектирования, то такое деление должно быть условным, и при создании новых конструкций в расчет должны браться все возможные варианты.

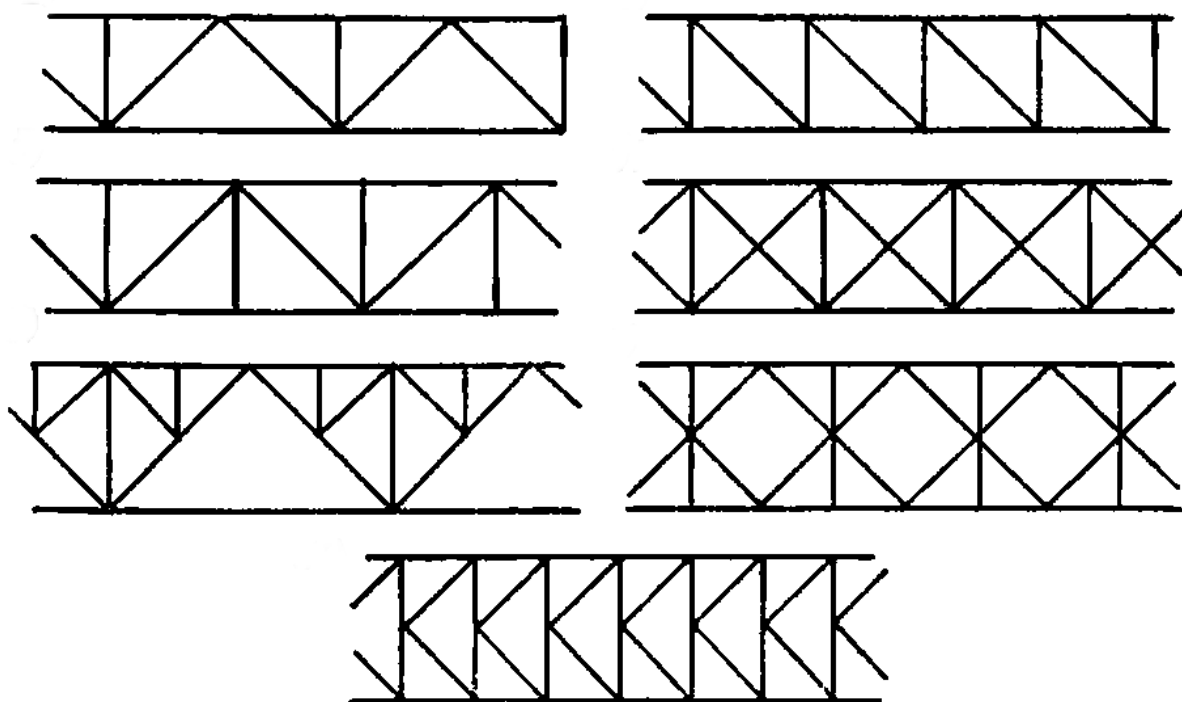


Рис. 1. Возможные варианты систем решеток

Системы наиболее распространенных решеток ферм показаны на рис.1. Основными критериями для выбора конкретного типа решетки являются:

- назначение ферменной конструкции (стрела, пролетное строение, консоль, башня и т.д.);
- плоскость расположения решетки (вертикальная или горизонтальная);
- наличие сосредоточенных нагрузок (давления ходовых колес, крепления оттяжек, вант и т.п.) и место их приложения (по верхнему или нижнему поясу).

Применяются фермы как с параллельными поясами, так и с полигональным очертанием поясов, с различными типами решеток, а также безраскосные. Основными типами решеток являются следующие: треугольная, треугольная со стойками, раскосная, полураскосная, крестовая, ромбическая. Для вертикальных ферм наиболее часто применяются первые три типа решеток, а для горизонтальных ферм - три последние. В ряде случаев (для уменьшения длины панели сжатого пояса, а также при работе пояса на местный изгиб от давления ходовых колес) идут на применение шпренгельной решетки. При этом уменьшение длины панели часто осуществляется с помощью нулевых стержней (стоек), с помощью которых создаются дополнительные узлы.

Обычно для панелей ферм, работающих в горизонтальной плоскости, принимаются симметричные системы решеток, из-за того, что нагрузки в них могут быть приложены в противоположных направлениях – как к одному, так и к другому поясу. Однако, для вертикальных панелей ферм такие системы решеток получаются более тяжелыми, чем треугольные решетки. В треугольных решетках для уменьшения длины панели сжатого пояса, а иногда и растянутого, применяются дополнительные стойки. При работе пояса на местный изгиб от давления ходовых колес, при большом пролете фермы, влияние местного изгиба становится весьма значительным, вследствие чего в этих случаях применяют дополнительную шпренгельную решетку.

С точки зрения рациональности конструирования и изготовления фермы для кранов мостового типа выполняются с четным числом панелей. При выборе длины панели после назначения высоты фермы исходят также из условий получения наименьшей массы конструкции. Определяющим является выбор угла наклона раскоса решетки.

Если говорить о консолях или башнях, то наиболее рациональны те системы решеток, в которых все раскосы работают только на растяжение, или только на сжатие [2].

Это достаточно упрощенный подход, в котором могут быть не учтены те или иные особенности конкретной конструкции, а так же не приняты во внимание условия эксплуатации. Ведь надо знать не только как и в каком порядке расставить элементы системы решетки, но и определить значение и необходимость установки каждого отдельного элемента фермы.

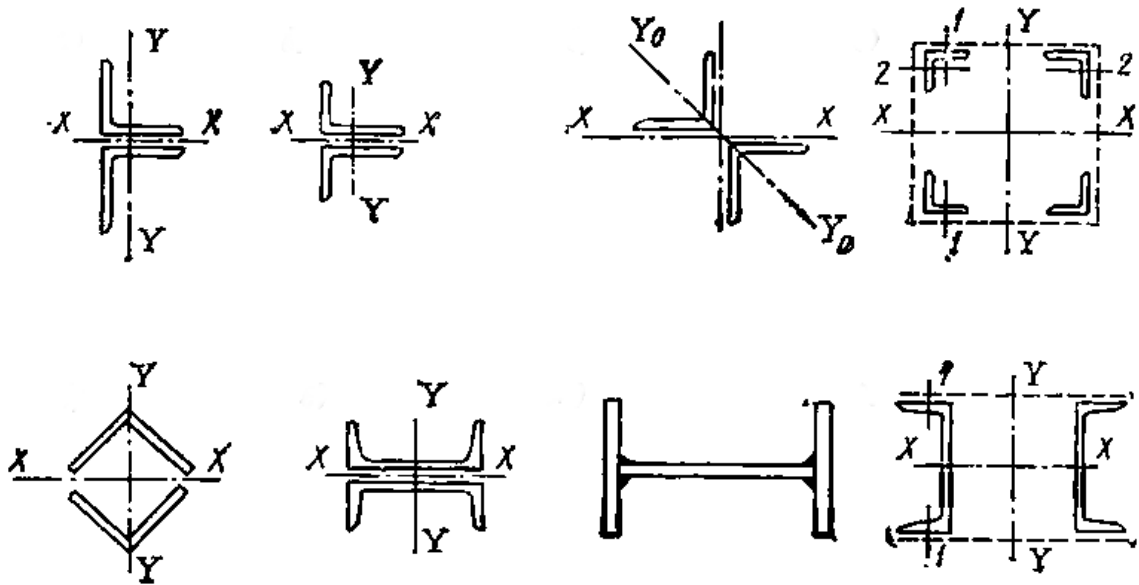


Рис. 2. Возможные варианты составных сечений стержней

Сечения стержней ферм могут быть открытыми или замкнутыми, из одного элемента или составные. Наиболее простыми элементами являются одиночные уголки. Сечения из одиночного уголкового профиля применяются лишь для легких горизонтальных и вспомогательных ферм, так как в одиночном угольнике возникают дополнительные напряжения от изгиба. Частое применение находят симметричные профили. Для раскосов главных ферм, как правило, применяются они. Трубчатые профили обладают хорошими аэродинамическими свойствами, равнопрочны по осям, лучше воспринимают возникающие силовые факторы и поэтому получили более широкое распространение. Но наиболее часто встречающимися являются составные сечения стержней ферм[2], показанные на рис.2.

Выбор структуры фермы и варианта сечения поясов решается на стадии структурной оптимизации.

Несущая способность ферменной конструкции выбирается на стадии параметрической оптимизации варьированием размером сечения поясов и раскосов выбранной системы решетки и расстоянием между поясами в зависимости от значений воспринимаемых нагрузок.

Подбор сечений стержней ферм осуществляется в случае статически определимых конструкций после определения усилий в элементах расчетной схемы. Узлы фермы при расчете рассматриваются в виде идеальных шарниров. Нагрузки от веса конструкции, инерционные, ветровая распределяются между узлами фермы. В случаях, если сосредоточенная нагрузка приложена между узлами элемента, она также относится к узлам по правилу рычага и учитывается как узловая при определении усилий в стержнях ферм. Элемент же, воспринимающий непосредственно эту нагрузку, дополнительно рассчитывается на изгиб.

На полученный массив возможных вариантов решетчатых крановых конструкций необходимо наложить граничные условия, такие как прочность, усталость, статическая и динамическая жесткость. Так же обязательно принимать во внимание степень ответственности, режим и климатические условия работы крана. А из них - прошедших отбор, оставшихся вариантов - выбирается удовлетворяющий наилучшим образом условиям поставленной цели.

Из сказанного можно рекомендовать методы условной оптимизации, в которых в качестве условий решаются прочность, усталость, статическая и динамическая жесткости.

Из прямых методов оптимизации можно рекомендовать метод Хука-Дживса, который позволяет оптимизировать "овражные" функции, направление экстремума которых в процессе исследования меняет направление. Он применим для задач безусловной оптимизации и гладких неразрывных функций, поэтому его необходимо модифицировать с тем, чтобы можно было проверить все указанные выше условия. Это можно сделать, используя метод Хука-Дживса в основной программе, рассматривая только варианты решения, удовлетворяющие всем указанным условиям. Проверку условий необходимо проводить в разработанных для этого подпрограммах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по кранам: в 2 т. / под ред. М.М.Гохберга. - М.: Машиностроение, 1988. - Т. 1. - 536 с.
2. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин / М.М.Гохберг. - М.: Машиностроение, 1969. - 520 с.

Зубов Андрей Петрович –
Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Подъемно-транспортные, строительные и до-
рожные машины» Балаковского института тех-
ники технологии и управления

Andrey P. Zubov –
Candidate of Technical Sciences, associate professor
«Hoisting-and-transport, construction and road cars»
Balakovo Institute of Equipment of Technology and
Management

Олейник Максим Михайлович –
аспирант, ассистент кафедры «Подъемно-
транспортные, строительные и дорожные маши-
ны» Балаковского института Техники, Техноло-
гии и Управления

Maxim M. Oleynik –
graduate student, assistant to «Hoisting-and-
transport, Construction and Road Cars» chair
Balakovo Institute of Equipment of Technology and
Management

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.879.3

С.А. Зеньков, К.А. Игнатьев, А.С. Филонов, Н.А. Балахонов

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО
ДЕЙСТВИЯ К РАБОЧИМ ОРГАНАМ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ
СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ**

*Проведены экспериментальные исследования интенсифицирующего воздейст-
вия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин при отрицательной тем-
пературе. Рассмотрены два гибких нагревательных элемента ЭНГЛ-1 и ЭНГЛУ-400,
как возможные варианты для применения непосредственно на ковше экскаватора.
Представлены результаты экспериментальных исследований, определены рациональные
параметры оборудования. Представлено техническое решение для ковша экскаватора с
интегрированным в него нагревательным элементом.*

Гибкий нагревательный элемент, адгезия, связный грунт, трение, производи-
тельность, землеройные машины, напряжение сдвига.

S.A. Zen'kov, K.A. Ignat'yev, A.S. Filinov, N.A. Balahonov

**DEFINITION OF RATIONAL PARAMETERS OF THERMAL EQUIPMENT TO WORKING
BODIES MOVING MACHINES FOR A COHESIVE SOIL**

*Experimental studies on the effects of intensifying soil adhesion to the working parts of
earthmoving machinery in cold temperatures. We consider two flexible heating elements Angle-
1 and Angle-400 as possible to apply directly to the bucket. The results of experimental studies,
there is a rational parameters of the equipment. Presented solution for Excavator Bucket with
an integrated heating element.*

The flexible heating element, adhesion, cohesive soil, friction performance, earthmov-
ers, shear stress

Опыт эксплуатации землеройных машин показывает, что при разработке влажных грунтов (особенно при отрицательной температуре) намерзание и налипание грунта на рабочие органы существенно снижает производительность машин.

При этом снижение производительности происходит из-за уменьшения полезной вместимости ковшей за счет неполной выгрузки, увеличения лобового сопротивления при резании (копании) в результате прилипания влажного грунта к рабочему органу, роста сопротивления входа в ковш, увеличения простоев машин ввиду необходимости очистки рабочих органов. Кроме того, растут энергетические потери из-за увеличения сил трения и снижается качество выполняемых работ. Сила трения при копании и планировке составляет 30...70 % от общего сопротивления копанию, а производительность снижается в 1,2 ... 2 раза и более [1]. Известно, что одним из эффективных методов снижения адгезии грунтов является тепловой [2,3].

Данная работа направлена на исследование возможности применения теплового воздействия для борьбы с адгезией грунтов к рабочим органам землеройных машин с помощью гибких ленточных электрических нагревателей (ЭНГЛ). Для проведения экспериментов был изготовлен запатентованный лабораторный стенд (рис. 1, рис. 2) [4], состоящий из металлоконструкции 1 с регулировочными винтами 3 и с закрепленными на ней при помощи болтовых соединений 5 с возможностью вертикального перемещения направляющих 4, каретки 6 с имитатором ковша экскаватора и встроенным в него нагревательным элементом, снабженной катками 2 и установленной подвижно в направляющих 4, жестко закрепленного на каретке 6 поверхностью 10 (сталь 3), цилиндрической обоймы 12 без дна с размещенными внутри и концентрично ее оси съемным кольцом 11 и штампом 9 с крышкой 7. Штамп 9 жестко связан со штангой 20, которая установлена подвижно с возможностью вертикального перемещения в жестко закрепленной на металлоконструкции 1 направляющей втулке 22 и соединена шарнирно с нагрузочным рычагом 18, на свободном конце которого подвешена подставка 14 со сменными грузами 13. Обойма 12 без дна посредством шпилек 16 с гайками 17 с возможностью регулировки прикреплена к металлоконструкции 1 и снабжена теплоизоляционным кожухом 8 и двумя болтами 15 для фиксации в ней съемного кольца 11. Кольцо 11 из ударопрочного полиэтилена высокого давления выполнено с внутренним диаметром, равновеликим наружному диаметру штампа 9. Штамп выполнен полым и имеет отверстия 23 и 19 и герметичную крышку 7 из материала ($\lambda=384 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) с теплопроводностью больше, чем теплопроводность материала штампа 9 (сталь 45, $\lambda=47 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$). Каретка 6 через тензометрическое кольцо 25 связана с приводным механизмом 26. Стенд снабжен комплектом тензометрической аппаратуры 24 (динамометр электронный ДОР-3-5И).



Рис. 1. Экспериментальный сдвиговой стенд для исследования влияния нагрева на прочность смерзания грунта с металлом

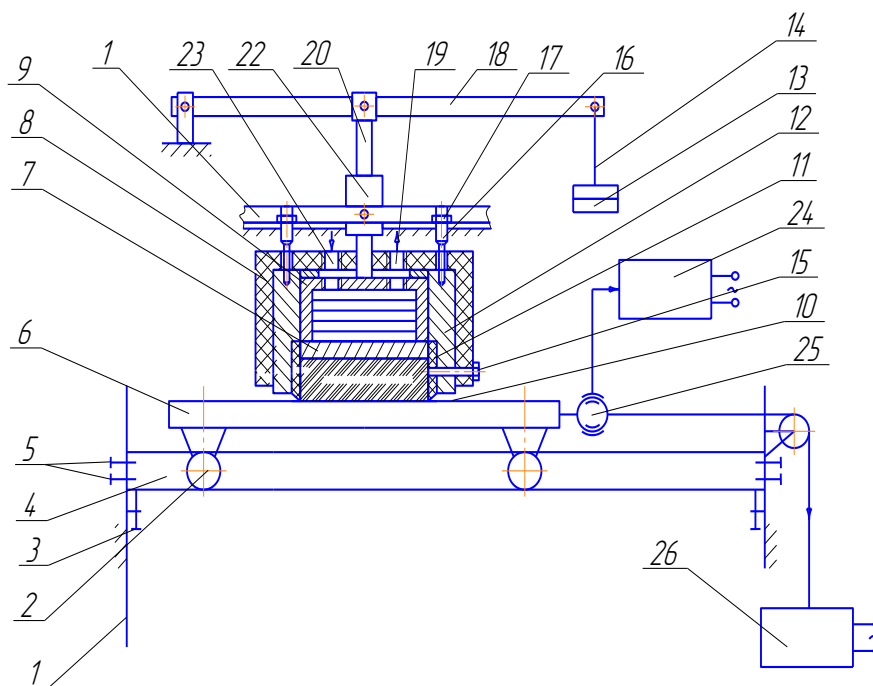


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментального сдвигового стенда для исследования влияния теплового воздействия на прочность смерзания грунта с металлом

Экспериментальные исследования процессов интенсифицируемого воздействия на адгезию к поверхности ковшей экскаваторов при отрицательной температуре выполнены с применением методов физического моделирования систем и математической теории планирования экспериментов. В ходе проведения экспериментов в широких пределах варьировались параметры и режимы воздействия и основные факторы, обуславливающие прочность смерзания грунтов с металлической поверхностью скольжения

Диапазон параметров оборудования для создания теплового воздействия (их рациональные значения) были выбраны на основании предварительных экспериментов и результатов исследований зависимости целевой функции (напряжения сдвига) от параметров теплового воздействия.

На лабораторном стенде были испытаны два нагревательных элемента одного типа (гибкий нагревательный элемент): ЭНГЛ-1 (табл. 1) и ЭНГЛУ-400 (табл. 2). При работе ЭНГЛ-1 было достигнуто существенное снижение напряжения сдвига, а значит и адгезии грунта с поверхностью рабочего органа. А при работе нагревательного элемента ЭНГЛУ-400 температура поверхности имитатора рабочего органа была больше, но снижение напряжения сдвига не пропорционально повышению температуры и изменяется в пределах 13% от напряжения сдвига при использовании нагревательного элемента ЭНГЛ-1 (таблица 3).

Таблица 1

Технические характеристики ЭНГЛ-1

Максимальная температура на поверхности ленты	180°С (250°С по заказу)
Минимальная температура монтажа	50°С
Минимальный радиус изгиба	10 мм
Ширина активной части	24мм
Толщина активной части	3,3мм

Таблица 2

Технические характеристики ЭНГЛУ-400

Максимальная температура	400°С
Минимальный радиус изгиба	15мм
Длина низкотемпературных выводов	700мм
Электропитание	220В

Для проведения активного эксперимента с целью получения математической модели, в соответствии с рекомендациями [5] и особенностями данных экспериментальных исследований выбираем план, являющийся наиболее оптимальными для соответствующего числа факторов: ортогональный план второго порядка для двухфакторной модели с $N = 3^2$. В качестве факторов выбраны нормальное давление на грунт P и продолжительность нагрева t_p (таблица 3).

Измерение напряжения сдвига проводилось при следующих постоянных параметрах: дисперсность грунта $D_s = 7 \cdot 10^{-3}$ мм; весовая влажность грунта $W = 12.5\%$; температура окружающей среды $T = -15^\circ\text{C}$; продолжительность контакта грунта с металлом $t = 10,5$ мин.

Математическая обработка полученных результатов проводилась на ПК при помощи программы MODEL для многофакторных зависимостей с использованием метода наименьших квадратов. В результате обработки экспериментальных данных были получены уравнения регрессии:

$$\text{для ЭНГЛ-1 } Y_{мен} = 5,467 + 0,25 \cdot x_1 - 0,588 \cdot x_2 - 0,05 \cdot x_1^2 + 0,05 \cdot x_2^2 + 0,15 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (1)$$

$$\text{для ЭНГЛУ-400 } Y_{мен} = 5,06 + 0,217 \cdot x_1 - 0,583 \cdot x_2 + 0,017 \cdot x_1^2 - 0,2835 \cdot x_2^2 + 0,1 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

Таблица 3

Варьируемые факторы и результаты измерений напряжения сдвига

Тип гибкого нагревательного элемента	X_1 – нормальное давление на грунт P , кПа	X_2 – продолжительность нагрева t_p , мин	Напряжение сдвига $Y_{тен}$, кПа
ЭНГЛ-1	10	3	5,8
	10	5	5,3
	10	7	4,3
	20	3	6,0
	20	5	5,4
	20	7	4,9
	30	3	6,1
	30	5	5,6
ЭНГЛУ-400	10	3	5,2
	10	5	4,9
	10	7	3,9
	20	3	5,4
	20	5	5,1
	20	7	4,1
	30	3	5,5
	30	5	5,2
	30	7	4,6

Уравнения регрессии проверялись на адекватность методом сравнения двух дисперсий при пятипроцентном уровне значимости ($\alpha = 0,05$ и доверительной вероятности 95%). Результаты проверки свидетельствуют об адекватности данных уравнений, т.к. расчетный коэффициент Фишера для ЭНГЛ-1 составляет 0,6767186, а для ЭНГЛУ-400 составляет 0,6645362 при табличном коэффициенте Фишера равном 5,99.

Далее с использованием программного комплекса STATISTICA были построены поверхности отклика при взаимодействии двух изменяющихся факторов при использовании нагревательных элементов ЭНГЛ-1 (рис. 3) и ЭНГЛУ-400 (рис. 4).

Отыскание экстремума функций многих переменных уравнений (1,2) методом Ньютона проводилось с использованием программы WolframAlpha. Экстремальная точка находится в отрицательной области отклика. В исследованном диапазоне изменения факторов с увеличением нормального давления на грунт напряжение сдвига увеличивается на 5...21%, а с увеличением времени нагрева напряжение сдвига уменьшается на 17...35%. Наименьшее значение напряжения сдвига зафиксировано при нормальном давлении на грунт 10 кПа и времени нагрева 7 мин. (в исследованном диапазоне изменения факторов).

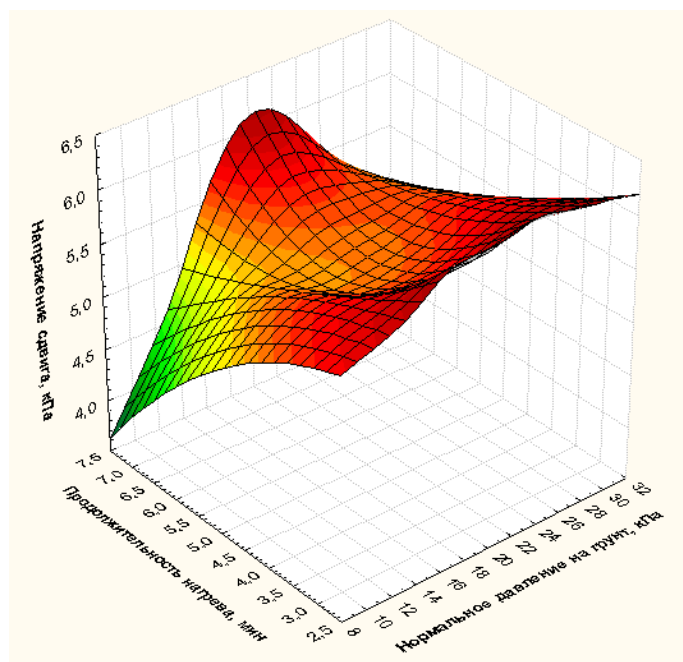


Рис. 3. Поверхность отклика при взаимодействии варьируемых факторов при использовании ЭНГЛ-1

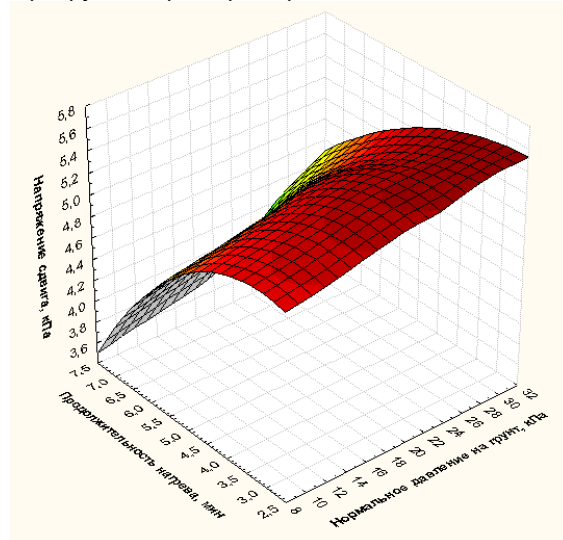


Рис. 4. Поверхность отклика при взаимодействии варьируемых факторов при использовании ЭНГЛУ-400

В результате проведенных экспериментов были выявлены напряжения сдвига грунта по поверхности имитатора рабочего органа с тепловым воздействием для каждого из нагревательных элементов. Опыты показали, что напряжение сдвига с тепловым воздействием снижается примерно в семь раз для нагревательного элемента ЭНГЛ-1 и в восемь – для нагревательного элемента ЭНГЛУ-400 (по сравнению с напряжением сдвига без воздействия), что в свою очередь благоприятно скажется на механизации земляных работ, при разработке связных грунтов. Наиболее оптимальным является использование ЭНГЛ-1, так как разница в снижении усилия сдвига с ЭНГЛУ-400 не превышает 13% по сравнению с ЭНГЛ-1, а потребляемая мощность значительно меньше. Так же более рациональным режимом работы для нагревательного элемента является режим работы в промежутке от 3 до 7 минут, так как за данный промежуток времени элемент способен нагреть поверхность ковша экскаватора до температуры 11...40 °С, что обеспечивает снижение адгезии грунтов, к ковшам экскаваторов при отрицательной температуре до семи раз.

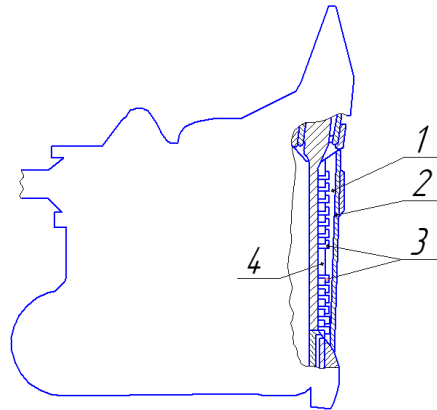


Рис. 5. Ковш экскаватора со встроенным гибким нагревательным элементом

Применение в качестве источника теплового воздействия для снижения намерзания грунта гибких нагревательных ленточных элементов осуществлено в конструкции ковша экскаватора прямая лопата, представленной на рис. 5. Ленточный элемент 3 намотан на кронштейны 4, жестко закрепленные на внешней поверхности передней стенки ковша между ребрами жесткости, и закрыт крышкой 2. Свободное пространство заполнено сухим кварцевым песком 1, который является одновременно теплоизолятором и аккумулятором тепловой энергии, обеспечивая равномерный нагрев передней стенки. Установка нагревательного устройства на внешней стороне передней стенки ковша прямой лопаты вызвана тем, что передняя стенка наиболее подвержена адгезии, а пространство между карманами зубьев и нижним выступом передней стенки в меньшей степени взаимодействует с грунтом в процессе работы экскаватора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеньков, С.А. Определение рациональных параметров оборудования интенсифицирующего действия к ковшам экскаваторов для снижения адгезии грунтов при отрицательных температурах : дис. ... канд. техн. наук: защищена 29.09.1987 : утв. 09.03.1988 / С.А.Зеньков. - М.: МАДИ, 1987. - 246 с.
2. Зеньков, С.А. Перспективы применения гибких нагревательных ленточных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам ковшевого типа / С.А.Зеньков, Е.В.Курмашев, А.В.Елохин, Д.Дэлэг // Сб. докл. VIII Всерос. науч./техн. конф. «Механики-XXI веку»/ – Братск: Изд-во ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. – С. 164-167.
3. Зеньков, С.А. Применение гибких нагревательных ленточных элементов для снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов / С.А.Зеньков, Е.В.Курмашев, О.Ю.Красавин // Сб. докл. четвертой междунар. конф. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009. – Т.4. С.67-73.
4. А.с. 1310696 SU, МПК⁴ G01N19/02, G01N33/24. Сдвиговой стенд/ Баловнев В.И., Бакатин Ю.П., Зеньков С.А., Журавчук С.В. (SU). – Заяв.12.12.1985; Оpubл. 15.05.1987г., Бюл. №18.
5. Баловнев, В.И. Применение математической теории планирования эксперимента при исследовании дорожных машин / В.И. Баловнев, Ю.В. Завадский, В.Ю. Мануйлов. – М.: МАДИ, 1985. – 104 с.

Зеньков Сергей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, декан механического факультета Братского государственного университета

Zen'kov Sergey – Candidate of Technical Science, Associate Professor, Dean of the Faculty of Mechanical Bratsk State University

Игнат'ев Кирилл Андреевич – магистрант Братского государственного университета

Ignat'yev Kirill – магистрант Bratsk State University

Филонов Александр Сергеевич –
магистрант Братского государственного
университета

Filonov Aleksandr –
magistrant Bratsk State University

Балахонов Никита Александрович –
магистрант Братского государственного
университета

Balahonov Nikita –
magistrant Bratsk State University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.004.67

А.С. Денисов, А.О. Носов, А.Р. Асоян

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗМЕНЕНИЯ МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ И ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ ФОРСИРОВАННЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Теоретически обоснованы тенденции изменения показателей состояния масла в процессе работы форсированных двигателей при различных условиях долива для компенсации угара.

Состояние моторного масла, форсированные автотракторные двигатели, старение моторного масла.

A.S. Denisov, A.O. Nosov, A.R. Asoyan

THEORETICAL ASPECTS OF OIL QUALITIES CHANGE IN THE PROCESS OF HIGH- POWERED DIESELS WORK

Tendencies of oil condition indexes change were theoretically proved in the process of high-power engines work at various circumstances of topping up for burning compensation.

Engine oil quality, high-power cars and tractors engines, engine oil ageing.

Одной из ведущих тенденций совершенствования моторных масел в связи с форсированием двигателей является повышение содержания присадок. Особенно это относится к моюще-диспергирующим присадкам. Назначение моюще-диспергирующих присадок – снижение интенсивности образования углеродистых отложений, главным образом на цилиндропоршневой группе и турбокомпрессоре. В качестве моющих и диспергирующих присадок используют высокощелочные сульфонаты, алкилсалицилаты, а также алкилфеноляты и различные другие соли сульфокислот и карбоновых кислот.

Моющие присадки являются поверхностно-активными веществами (ПАВ), которые предотвращают агломерацию (слипание) нерастворимых продуктов окисления с последующим отложением их на деталях двигателя. Моющие присадки по своему действию делят на детергенты и дисперсанты.

Детергенты (detergents) [1] являются поверхностно-активными веществами, обладающими моющими свойствами, защищающими поверхность деталей от прилипания и скопления на них продуктов окисления. Анионными детергентами обычно бывают маслорастворимые алкилбензолсульфонаты, фосфонаты и другие аналогичные соединения. Они имеют щелочные свойства и являются эффективными нейтрализаторами кислых продуктов окисления. По щёлочности, характеризующей эффективность присадок, сульфонаты делятся на нейтральные (10-30 мг КОН/г), щелочные (30-100 мг КОН/г) и высокощелочные (100-300 мг КОН/г). Щелочные присадки особенно необходимы в маслах для дизелей для нейтрализации серной и сернистой кислот, образующихся при сгорании сернистого дизельного топлива.

Сульфонаты, фосфонаты и другие детергенты являются солями металлов, поэтому при сгорании образуют золы. Такие присадки называют высокозольными. В настоящее время наряду с ними используются новые органические синтетические детергенты, которые называются малозольными

или беззольными присадками. В современных моторных маслах применяют сложные композиции из обоих детергентов. Особую активность детергенты проявляют в горячем двигателе, что следует учитывать при замене масла.

Дисперсанты (dispersants) [1] подавляют агломерацию и слипание продуктов окисления, образование шлама и осаждение смолистых отложений на поверхности деталей. В качестве дисперсантов обычно используются полимеры с полярными группами и сукцинимиды. Дисперсанты поддерживают коллоидные частицы продуктов окисления и загрязнений во взвешенном состоянии. В основном они поддерживают чистоту непрогретого двигателя. При эффективной работе дисперсантов моторное масло темнеет, а диспергированные мелкие продукты окисления не забивают фильтры и не осаждаются на горячих деталях двигателя.

Закономерности изменения концентрации присадок в масле в процессе эксплуатации основаны на законах химической кинетики. Химическая кинетика – раздел физической химии, изучающий скорости химических реакций. Скорость химической реакции в растворе определяется изменением числа молекул вещества dn в единицу времени dt в единице объёма V

$$v = \pm \frac{1}{V} \cdot \frac{dn}{dt}. \quad (1)$$

Знак плюс используют, если скорость определяется по продукту, а минус – по исходному веществу.

Скорость реакции зависит от природы реагирующих веществ, их концентрации, температуры и наличия катализатора. Зависимость скорости реакции от концентрации описывается основным постулатом химической кинетики – законом действующих масс: скорость химической реакции в каждый момент времени пропорциональна текущим концентрациям реагирующих веществ C , возведённым в некоторые степени

$$v = kC_A^x C_B^y, \quad (2)$$

где k – константа скорости (не зависящая от концентрации); x, y – некоторые числа, которые называют порядком реакции по веществам A и B , соответственно.

На основе закона действующих масс получена зависимость концентрации исходного вещества от времени

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A. \quad (3)$$

Интегрируя это уравнение в пределах от 0 до t , получим

$$C = C_0 \exp(-kt). \quad (4)$$

Время, за которое распадается половина вещества, называется периодом полураспада $t_{1/2}$ и определяется по формуле

$$t_{1/2} = \ln 2 / k \quad (5)$$

Работа автомобильного двигателя оценивается пробегом автомобиля, который при сложившихся условиях эксплуатации прямо пропорционален времени. Поэтому уравнения (3) и (4) с использованием пробега l примут вид

$$-\frac{dC_A}{dl} = kC_A, \quad (6)$$

$$C = C_0 \exp(-kl). \quad (7)$$

Схематично зависимость (7) приведена на рис. 1.

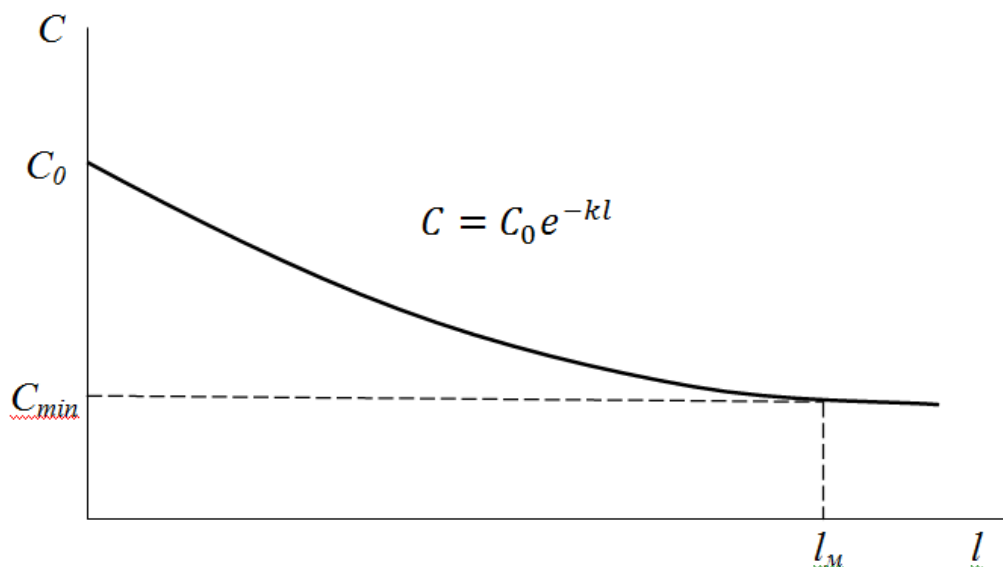


Рис. 1. Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы без долива

Однако эти уравнения справедливы при постоянном объёме масла в смазочной системе. В процессе эксплуатации автомобиля повышается расход масла на угар, предельное значение которого составляет 2-2,5 % [2]. Так для автомобиля КАМАЗ-6520 с двигателем КАМАЗ-740.51-320 расход топлива составляет 39 л/100 км. При месячном пробеге 4,5-5 тыс. км (по отчётным данным) расход масла на угар составит 35-48 л. Даже если принять средний расход масла на угар в два раза меньше предельного, то расход масла в месяц составит 17-24 л, что соизмеримо с объёмом смазочной системы.

Поэтому при составлении исходного дифференциального уравнения расхода щелочной присадки в процессе работы необходимо учитывать параметры долива масла. В процессе эксплуатации двигателя с постоянным количеством масла G в масляной системе (при доливе масла, равном его угару), количество щелочной присадки c зависит от исходного c_0 количества, интенсивности расхода α_c щелочной присадки, отнесённой по всему количеству масла в системе в долях единицы c , на нейтрализацию продуктов окисления, интенсивности угара Q_y и долива Q_d масла [1].

За пробег dl количество щелочной присадки уменьшается на dc в единице объёма масла или Gdc во всём объёме. Такое уменьшение произойдёт из-за расхода щелочной присадки на нейтрализацию продуктов окисления за этот пробег $\alpha_c c dl$, потери щелочной присадки со сгоревшим маслом $Q_y c dl$ и поступления щелочной присадки при доливе масла $Q_d c_0 dl$; поскольку $Q_y = Q_d = Q$

$$Gdc = \alpha_c c dl + c_0 Q dl. \quad (8)$$

Интенсивность, долю α_c расхода единицы щелочной присадки за единицу пробега на нейтрализацию продуктов окисления принимают пропорциональной содержанию серы в топливе и расходу топлива.

После математических преобразований и решения уравнения вначале относительно l получают затем зависимость щёлочности c от пробега l :

$$c = \frac{c_0 \left(Q + \alpha_c e^{-\frac{(Q+\alpha_c)l}{G}} \right)}{Q + \alpha_c}. \quad (9)$$

При снижении щёлочности ниже значения c_n увеличивается коррозионный износ из-за неполной нейтрализации кислот. Поэтому если уровень первоначальной щёлочности c_0 большой, а $c > c_n$ при значительном пробеге, то срок замены масла определяется накоплением загрязнений. Схематично процесс изменения щёлочности при доливе масла показан на рис. 2.

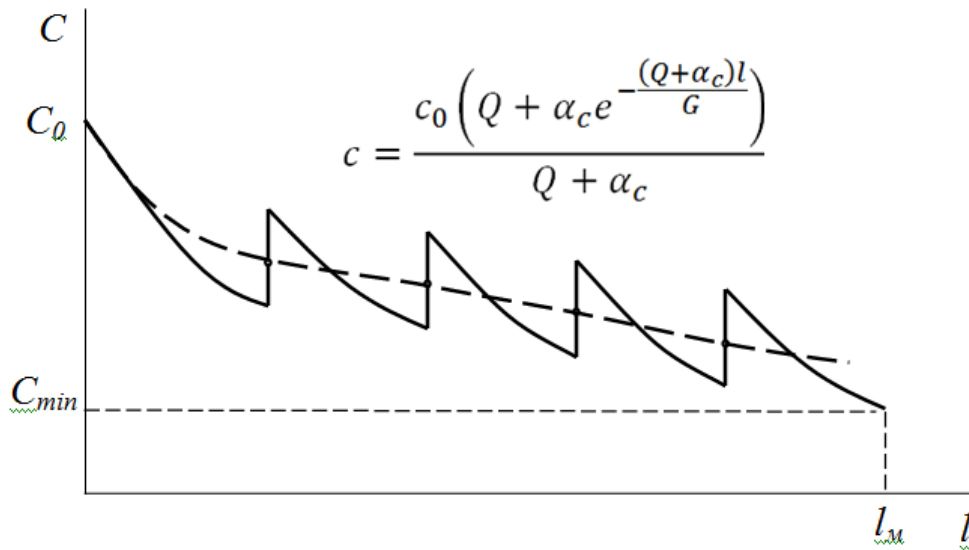


Рис. 2. Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы с доливом

В процессе форсирования двигателей, в том числе и использованием турбонаддува, существенно повышается температура деталей, что не учтено в дифференциальном уравнении (8). Скорость большинства реакций увеличивается с ростом температуры (термоактивируемые процессы). Для количественного описания температурных эффектов в химической кинетике используются два основных соотношения – правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса.

Правило Вант-Гоффа заключается в том, что при нагревании 10°C скорость большинства химических реакций увеличивается в 2-4 раза. Это правило является приближённым, поэтому чаще используют уравнение Аррениуса

$$k(T) = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \tag{10}$$

где R – универсальная газовая постоянная; A – множитель, определяемый природой реакции; E_a – энергия активации; T абсолютная температура в °K.

Если в мало форсированных двигателях температура деталей по мере отложений продуктов окисления масла возрастала на 5-7°C [2], то в форсированных турбонаддувом дизелях – на 20-30 °C. Это необходимо учитывать при составлении дифференциального уравнения (8). Запишем его в виде

$$Gdc = -(\alpha_{co} + bl)C - CQdl + C_0Qdl. \tag{11}$$

Решение уравнения с помощью программного средства «Matlab 6.5» [3] позволило получить следующее уравнение в общем виде

$$C = \frac{-\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\left(\frac{\pi b}{G}\right)} C_0 Q \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{-2\frac{b}{C_m}} l - \frac{2\alpha_{co} + 2Q}{2G \sqrt{-2\frac{b}{C_m}}}}{2}\right) \exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co} + 2Q)^2}{8Gb}\right) + \exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G}\right) C_1}{b}. \tag{12}$$

При начальных условиях: при $l=0$ $C=C_0$ получим следующее выражение

$$C = -\frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{\left(\frac{\pi b}{G}\right)} C_0 Q \operatorname{erf} \left(\frac{\sqrt{-2\frac{b}{C_m}}}{2} l - \frac{2\alpha_{co} + 2Q}{2G\sqrt{-2\frac{b}{C_m}}} \right) \frac{\exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G} - \frac{(2\alpha_{co} + 2Q)^2}{8Gb}\right)}{b} + \exp\left(-\frac{b(2\alpha_{co} + bl + 2Q)}{2G}\right) C_0 \frac{\left(-\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right)\sqrt{2}\sqrt{\frac{\pi b}{G}} \operatorname{erf}\left(\frac{\alpha_{co} + Q}{G\sqrt{-2\frac{b}{G}}}\right) \exp\left(-\frac{\alpha_{co}^2 + Q^2}{2Gb}\right) + 2b\right)}{\exp\left(-\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right) \exp\left(\frac{\alpha_{co}Q}{Gb}\right) b}. \quad (13)$$

Видим, что в уравнение входит функция *erf*, которая имеет характер кумулятивной кривой. Это свидетельствует о наличии точки перегиба в функции щёлочности от наработки. То есть, с начала работы свежего масла резко снижается его щёлочность, но скорость реакции снижается и стабилизируется. Затем вследствие роста температуры деталей из-за отложений скорость реакции возрастает. Схематично это представлено на рис. 3.

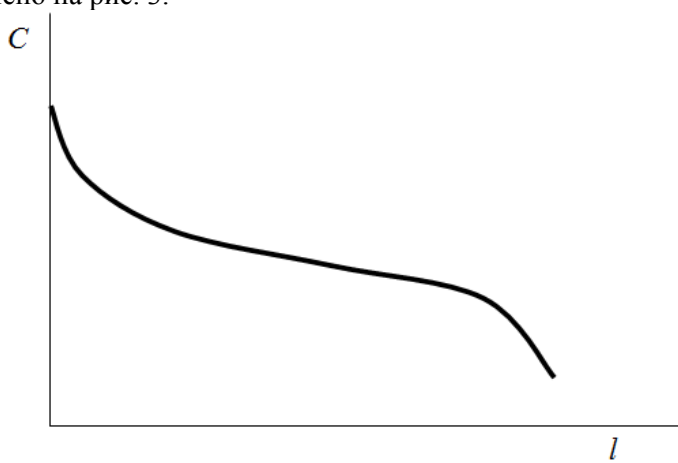


Рис. 3. Закономерность изменения щёлочности моторного масла в процессе работы с доливом и с учётом влияния температуры деталей

Как видно из выражения (13) оно имеет сложный характер, хотя и получено с учётом допущений. Поэтому для практического прогнозирования щёлочности моторного масла в процессе работы это уравнение целесообразно аппроксимировать полиномом третьей степени, имеющем точку перегиба, как и исходное уравнение

$$y = a + bl + cl^2 + dl^3 \quad (14)$$

где *a*, *b*, *c*, *d* – параметры кривой, определяемые по экспериментальным данным методом наименьших квадратов.

Такой характер кривой объясняет такую устойчивую эксплуатационную особенность, что 50 % износа деталей двигателя происходят в последние 20 % его срока службы [4]. Поэтому от наработки до замены масла существенно зависит надёжность двигателя.

Вязкостные присадки применяются для улучшения вязкостно-температурных характеристик. В иностранной литературе их называют улучшающими индекс вязкости или модификаторами индекса вязкости (*viscosity index improvers*, *viscosity index modifiers* - VIM). К вязкостным присадкам относятся и депрессанты температуры застывания, действие которых основано на подавлении гелеобразования при низкой температуре из-за кристаллизации парафина.

В качестве вязкостных (загущающих) присадок используют полиизобутилены и полиметакрилаты [1]. Эффект их применения зависит от особенностей масляной основы и объясняется свёрты-

ванием их молекул кольцом при низких температурах и развёртыванием при высоких, что способствует возрастанию вязкости.

Накопление в масле в процессе работы асфальто-смолистых компонентов вызывает повышение его вязкости. Однако вследствие неудовлетворительной работы топливной аппаратуры дизелей, особенно на частичных режимах, часть топлива не сгорает, а попадает в картер двигателя. Вследствие этого вязкость масла снижается в процессе работы.

Для форсированных автотракторных двигателей характерно снижение вязкости масла в процессе работы. Это обусловлено ухудшением состояния топливной аппаратуры. За наработку 16-20 тыс. км, то есть до замены масла, давление впрыска топлива форсунками снижается на 15-20 % [2], что существенно ухудшает качество распыливания и испаряемость. При этом всё большая доля топлива не сгорает, а попадает в картер и разжижая масло.

Поэтому тенденцию снижения вязкости моторного масла в процессе работы можно принять аналогичной тенденции снижения щёлочности, то есть использовать уравнение (14).

Справедливость такого механизма снижения вязкости моторного масла в процессе работы подтверждается и снижением температуры вспышки. Это свидетельствует об увеличении доли лёгких (топливных) фракций в масле. Тенденцию изменения этого показателя в процессе работы масла также можно описать уравнением (14).

Таким образом изменение показателей состояния моторного масла в процессе работы форсированных двигателей характеризуется тремя фазами вследствие роста температуры из-за отложений на деталях. Это особенно обуславливает срок замены моторного масла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балтенас Р. / Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение / Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И.Ушаков, В. Шергалис // Альфа-Лаб. М., С.Пб, 2000. 272с.
2. Денисов А.С. Изменение технического состояния основных элементов дизелей КАМАЗ-ЕВРО в процессе эксплуатации / А.С. Денисов, В.П. Захаров, А.Р. Асоян // Технологические и организационные проблемы сервиса машин и пути их решения. Сб. науч. тр.: Саратов, Саратов. гос. техн. ун-т. 2010. С. 16-24.
3. Шампайн Л.Ф. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием MATLAB / Л. Ф. Шампайн, И. Гладвел, С. Томпсон: Учебное пособие. 1-е изд. СПб.: Лань, 2009. - 304 с.
4. Кузьмин, Н.А. Процессы и закономерности изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин; НГТУ. – Н. Новгород, 2002. – 142 с.

Денисов Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор, ведущий кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexandr S. Denisov – Doctor of Engineering, Professor, Head of Vehicles and Vehicles Fleet Chair of Federal Budget State Educational Institution of Higher Professional Education Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A.

Носов Антон Олегович – аспирант кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» ФБГОУ ВПО Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Anton O. Nosov – Ph.D. fellow of Vehicles and Vehicles Fleet Chair of Federal Budget State Educational Institution of Higher Professional Education Gagarin Saratov State Technical University

Асоян Артур Рафикович – кандидат технических наук, доцент кафедры кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» ФБГОУ ВПО Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Artur R. Asoyan – Ph.D. in Technical Sciences, an Associated Professor of Vehicles and Vehicles Fleet Chair of Federal Budget State Educational Institution of Higher Professional Education Gagarin Saratov State Technical University

УДК 621.866.12

А.В. Демокритова, В.Н. Демокритов

ПРОЦЕСС ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

Последовательность этапов проектирования: определение места рычажного механизма в цепи, включающей оборудование перед ним и после него с необходимыми перегрузочными операциями, постановка задачи, эскизный проект и выбор метода оптимизации. Эти этапы формируют математическую модель. Далее – решение задачи оптимизации для каждого типа конструкции, сравнение типов конструкций и установление рациональных областей их применения. Рассмотрены возможные противоречия между специалистами разных профилей при проектировании. Дальнейшая работа с математической моделью включает технический проект, рабочие чертежи, уточнение параметров механизма, изготовление его и производственные испытания.

Рычажный механизм, оптимальное проектирование, математическая модель

A.V. Demokritova, V.N. Demokritov

THE PROCESS OF OPTIMUM DESIGN OF THE LINKAGES

The stages of design are definition of the place of the linkage in a chine including the equipment in front of it and behind it with the overloading operations, formulation of the problem, sketch project and choice of optimization method; these stages form a mathematical model. The next stages are solution of the problem for each type of construction, comparison of the types of construction and making decision on the rational regions of their application. Contradictions between the specialists of different profiles in design were considered. The following stages are technical project, working draughts, specification of mechanism parametres, manufacturing and industrial tests.

Linkage, optimum design, mathematical model

Пусть проблема состоит в разработке методики оптимального проектирования рычажного механизма (рисунок).

Стратегия решения этой проблемы заключается прежде всего в определении последовательности необходимых этапов проектирования [1].

Сначала надо установить технологическую цель проекта – место рычажного механизма в цепи, включающей оборудование перед ним и после него, с выяснениями связи между ними и необходимыми перегрузочными операциями.

Следующий важный этап – постановка задачи оптимизации, включающая установление объекта оптимизации (когда исследуются возможные структурные схемы и типы конструкций – не только известные, но и новые, в том числе патентоспособные, и выделяются заданные параметры конструкции и параметры, варьируемые в ходе оптимизации), выбор обоснованного критерия оптимальности в связи с иерархическими уровнями конструкции, формирование системы ограничений, охватывающей совокупность технических условий и требований в виде равенств и неравенств, на разработку технического задания или технического предложения, разработку эскизного проекта и выбор подходящих методов оптимизации.

Различают методы оптимизации: аналитические и численные. К аналитическим относятся дифференциальное и вариационное исчисление, принцип максимума, линейное, нелинейное и динамическое программирование. К численным – покоординатный спуск, градиентные методы, случайный поиск и др.

Вышеописанные этапы формируют математическую модель объекта оптимизации.

Проектирование механизма – творческий процесс, который объединяет конструирование и расчет. Нельзя сначала все сконструировать, а затем рассчитать; также нельзя и наоборот – сначала все

рассчитать, а затем сконструировать. Эти процессы переплетаются, и невозможно установить единый порядок их чередования.

Например, часто приходится начать с некоторого эскиза конструкции (иначе нет самого объекта расчета), затем рассчитать какие-то основные параметры механизма, потом уточнить конструкцию, снова провести расчеты и т. д. При этом проект развивается и постепенно уточняется. На отдельных этапах используются идеализированные схемы, отражающие главные, определяющие свойства и характеристики механизма, происходит постепенное приближение схемы к реальной конструкции.

Итерации прекращаются при обеспечении прочности при всех положениях механизма.

Математическая модель механизма не создается сразу, а формируется постепенно. Понятие математической модели включает в себя совокупность уравнений, неравенств и условий, описывающих функционирование механизма и отражающих критерии работоспособности и расчета: прочность, жесткость, виброустойчивость, теплостойкость, надежность, материалоемкость и трудоемкость изготовления, удобство сборки, регулировки и транспортировки, экологичность и экономичность конструкции.

Системный подход к проектированию должен учитывать все связи между оператором, механизмом и окружающей средой.

К математическому моделированию предъявляют требования универсальности, адекватности, точности и экономичности.

Степень универсальности математической модели характеризуется числом и составом учитываемых в ней внутренних, внешних и выходных параметров.

Адекватность отображает заданные свойства объекта с погрешностью не выше заданной.

Точность математической модели определяют степенью совпадения значений параметров натурального объекта и значений тех же параметров, рассчитанных с помощью предполагаемой модели.

Экономичность математической модели характеризуется затратами машинного времени и памяти.

Далее требуется для каждого типа конструкции решение задачи оптимизации (иногда несколькими методами), а затем сравнение оптимизированных типов конструкции между собой и установление рациональных областей их применения.

Опыт проектирования цеха главного конвейера Ульяновского автозавода показывает, что создавать новую технику может только коллектив специалистов разных профилей (технологи, конструкторы-механики, электрики, строители, сантехники, экономисты), объединенный общим руководством. На этапах технического задания (или технического предложения) и эскизного проекта должны с самого начала совместно работать технологи и механики и представлять техническому совету свое совместное предложение. Иначе возникают длительные и бесплодные споры. Так бывает, когда технологи начинают своей планировкой, где символически указаны средства механизации и автоматизации, а механики выдвигают другие предложения; выработка совместного решения гораздо эффективнее.

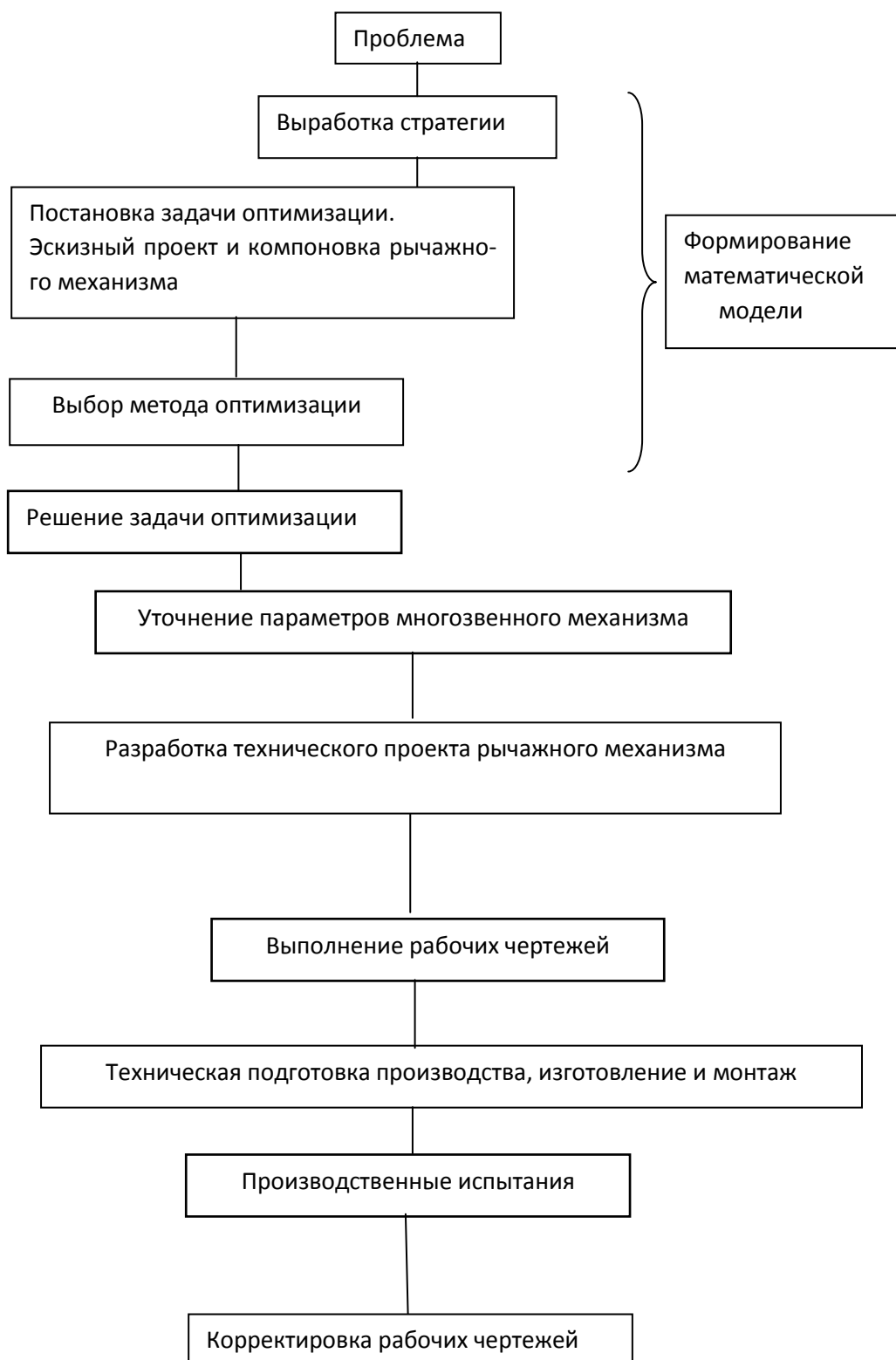


Схема технологического процесса оптимального проектирования рычажных механизмов

Возникают противоречия между механиками и электриками. Например, электрикам не ясно, откуда взять сигнал на включение какого-либо механизма, предусмотренное заданием от механиков; тогда конструктор-механик должен ввести какой-то упор, подающий в нужный момент сигнал на конечный выключатель, и т. п.

Также строители не могут разрешить внеузловую нагрузку на ферму здания, а механик может предложить ввести вспомогательную балку между узлами фермы и к ней подвесить монорельс или

подкрановый путь так, что нагрузка будет передаваться на узлы фермы. В любом случае важно иметь необходимый кругозор и находить общий язык со специалистами других профилей.

Особый интерес представляют взаимоотношения конструкторов продукции (например, автомобилей) и конструкторов средств механизации (например, конвейеров и подъемников).

Иногда эти отделы не знают друг друга и знать не хотят, что приводит к большим трудностям. При проектировании подъемника рам в цехе главного конвейера столкнулись с тем, что рамы разных типов имели разное расположение центров тяжести, и захват подъемника обрастал копирами и клиньями, чтобы он мог взять любую раму. Если бы взаимосвязь была, автомобилисты могли бы спроектировать общее место для захвата на всех рамах. Автоматизация постановки многих узлов на ленту главного конвейера не удалась по той же причине.

Есть и обратные примеры. Автомобилистам не удалось изменить некоторые размеры узлов, так как уже были определены расстояния между трассами толкающего конвейера и размеры люков из подвала; это можно было бы учесть и увязать, если бы взаимосвязь была.

Дальнейшая работа с математической моделью включает технический проект, рабочие чертежи, уточнение параметров механизма, изготовление его и производственные испытания.

Надо иметь в виду, что некоторые недостатки конструкции не проявляются даже на опытном участке, а выявляются только при эксплуатации в реальном комплексе, где и завершается отладка механизма и уточнение всех его параметров.

Только после окончания этих последних этапов можно считать механизм сданным в эксплуатацию и внедренным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демокритова А.В., Демокритов В.Н. Оптимальное проектирование рычажных механизмов. – Ульяновск, 2012. – 55 с.

Демокритова Александра Владимировна —
Candidat of technical sciences,
Docent of Department «Descriptive
Geometry And Machine Graphics»
Ulyanovsk State Technical Universit

Alexandra V. Demokritova –
к.т.н., доцент кафедры «Начертательная
геометрия и машинная графика»
Ульяновского государственного технического
университета

Vladimir N. Demokritov-
Doctor of technical sciences,
Professor of Department «The
Foundations Of Machines Design»
Ulyanovsk State Technical University

Демокритов Владимир Николаевич-
доктор технических наук, профессор
кафедры «Основы проектирования машин»
Ульяновского государственного технического
университета

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК [621.891/.892.096:531.14]:621.432-843

И.Н. Гужвенко, А.П. Перекрестов

К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ ВОЗВРАТНО-ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ПАР ТРЕНИЯ

В статье рассматриваются основные вопросы организации условий для проведения испытаний на износостойкость экспериментальных образцов при их возвратно-поступательном движении. Описываются основные преимущества испытаний углеводородных смазочных композиций на основе ферромагнитных порошков при многодвигательном приводе образцов от стандартного кривошипно-шатунного механизма. В заключении кратко затрагиваются основные достигаемые задачи авторского трибологического исследования

Возвратно-поступательное движение, цилиндропоршневая группа, многодвижительный привод, магнитожидкостные суспензии

I.N. Guzhvenko, A. P. Perekrestov

TO QUESTION ABOUT ORGANIZATIONS OF THE TECHNOLOGY OF THE MEASUREMENT TRIBOLOGIC PROCESSES AND MECHANICAL LOSSES UNDER REVOCABLE-ONWARD MOTION PAIR FRICTION

In article is considered main questions to organizations of the conditions for undertaking the test on wear capability experimental sample under their revocable-onward motion. The main advantage of the test hydrocarbon lubricating composition are described on base ferromagnetic powder at much 144drive sample from standard crank mechanism. In conclusion are briefly touched main reached problems author's tribologic research

Revocable-onward motion, cylinder-piston group, much drive, magnetic fluid suspension

Трибологические процессы, связанные с возвратно-поступательным движением (ВПД) поверхностей трения встречаются в технике достаточно часто. Такими примерами могут считаться ползунные, кулисные пары, цилиндропоршневые группы (ЦПГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и компрессоров, плунжерные прецизионные узлы, стержни в направляющих клапанных пар.

Наиболее сложно процессы трения протекают в ЦПГ поршневых ДВС, так как характеризуются недостатком смазки и высокими термомеханическими нагрузками на линии контакта поршневого компрессионного кольца и цилиндра. Поэтому при испытании в условиях ВПД новых материалов для пар трения, смазочных материалов или защитных покрытий для приповерхностных трущихся слоев необходимо с особой точностью моделировать условия работы трибологических пар [1].

Авторы считают, что оптимальными условиями, моделирующими рабочие условия трущихся поверхностей при ВПД являются следующие:

- пары трения, выступающие в роли модельных должны иметь максимально приближенные к настоящим парам трения ЦПГ физико-механические параметры: твердость, плотность, а также химический состав;
- состояние поверхности таких трибологических пар должно быть также максимально приближенным к реальным условиям по критериям шероховатости и структуре приповерхностных слоев;
- детали модельных пар трения, движущиеся возвратно-поступательно должны быть сочленены с приводным кривошипно-шатунным механизмом (КШМ) посредством пальцевого соединения для создания боковых реакций от одной поверхности трения (подвижной) на другую (неподвижную);
- при выборе размерных параметров приводного КШМ отношение радиуса кривошипа R к длине шатуна L нужно выбирать из диапазона $0,2-0,34$, но для создания максимальной величины боковой реакции на неподвижную поверхность трения желательно отдавать предпочтение большим указанным значениям R/L ;
- смазка трущихся поверхностей должна подаваться только капельным способом, что будет справедливо для реальных условий работы ЦПГ.

Следует также отметить, что экспериментальные трибологические образцы участвующие в ВПД необходимо сочленять с КШМ так, чтобы обеспечивалась быстрая их замена. Измерительная система подобной установки должна содержать средства контроля движения трущегося подвижного образца относительно неподвижного (датчик перемещения), средства контроля температурных параметров поверхностей трения (термопары) и при необходимости средства контроля нормальной силы прижатия поверхностей трения, а также суммарный счетчик оборотов приводного электродвигателя, что даст возможность оценить пройденный путь трения за цикл испытания.

Одной из главных задач трибологического исследования при ВПД авторы видят в создании такого типа испытательного стенда, который мог бы обеспечить максимум вариантов условий исследований при минимуме приводных элементов. На практике это может быть достигнуто применением многодвижительного привода нескольких ЦПГ с организацией для каждой из них отдельных условий смазки.

Особенно эффективна данная схема исследований в случае испытания пар трения на износостойкость в условиях сравнительных испытаний нескольких смазочных композиций.

Авторами начаты активные исследования в данном направлении на оригинальной конструкции машине трения ВПД. Проводятся исследования магнитожидкостных суспензий, аналогичных по реологическим свойствам обычным жидким смазочным маслам [2]. Объектами исследования выступают смазочные композиции на основе ферромагнитных порошков, стабилизированных олеиновой кислотой $C_{18}H_{34}O_2$. Базой для исследований выступает многофункциональное смазочное масло МС-20 бесприсадочного состава. Исследования ставят задачу оценить износостойкость рабочих поверхностей ЦПГ при использовании смазочных сред, полученных смешиванием масла МС-20 с присадками на основе ферромагнитных порошков трех типов: магнетит Fe_3O_4 , комплексный (магнетит + диселенид молибдена $MoSe_2$), кобальтированный магнетит (обогащенный кобальтом). Испытания проходят в двух вариантах: подача смазочной среды на поверхности трения, участвующие в ВПД при отсутствии и наличии внешнего постоянного магнитного поля.

Задача исследования – таким образом оценить износостойкость образцов, моделирующих условия трения ЦПГ при различных вариациях смазочной среды для специфических и неспецифических условий внешнего на нее воздействия. Таким образом, варьируя состав смазочной среды и чередуя воздействие на зону трения внешнего магнитного поля возможно ответить на вопрос эффективности применения углеводородных магнитожидкостных суспензий вместо традиционных типов моторных масел.

Средством испытаний выступает экспериментальная установка, реализующая ВПД сразу для четырех пар образцов. Установка создана на базе КШМ компрессора 5320, ее принципиальная и конструктивная схемы и основные размерные параметры приведены на рис. 1 и 2. Установка устроена следующим образом. На раме 1 смонтированы неподвижные образцы трения 2 и приводной электродвигатель 8. В неподвижном образце 2 перемещается возвратно-поступательно подвижный образец 3. С шатуном 6 подвижный образец соединен посредством втулки 4, которую вместе с образцом 3 стягивает болт 5. Таким образом, исключается биение образца 3 относительно шатуна. Шатун 6 соединен с коленчатым валом 7 стандартным для взятого за основу компрессора способом. Шатун приводит в действие сразу два подвижных образца, сочлененных длинным пальцем 9 с верхней головкой шатуна. Таким образом, при двухшатунной приводной схеме движения в испытаниях может участвовать одновременно до четырех трибологических пар, движущихся по схеме ВПД. Это достигается фрезерованием бокового паза в неподвижном образце, что дает возможность избежать серьезного видоизменения конца неподвижного образца со стороны нижней мертвой точки. Боковое смещение шатуна относительно образцов регулируется втулками 10. Для дополнительного поджатия образцов по нормали используются регулировочные винты 11.

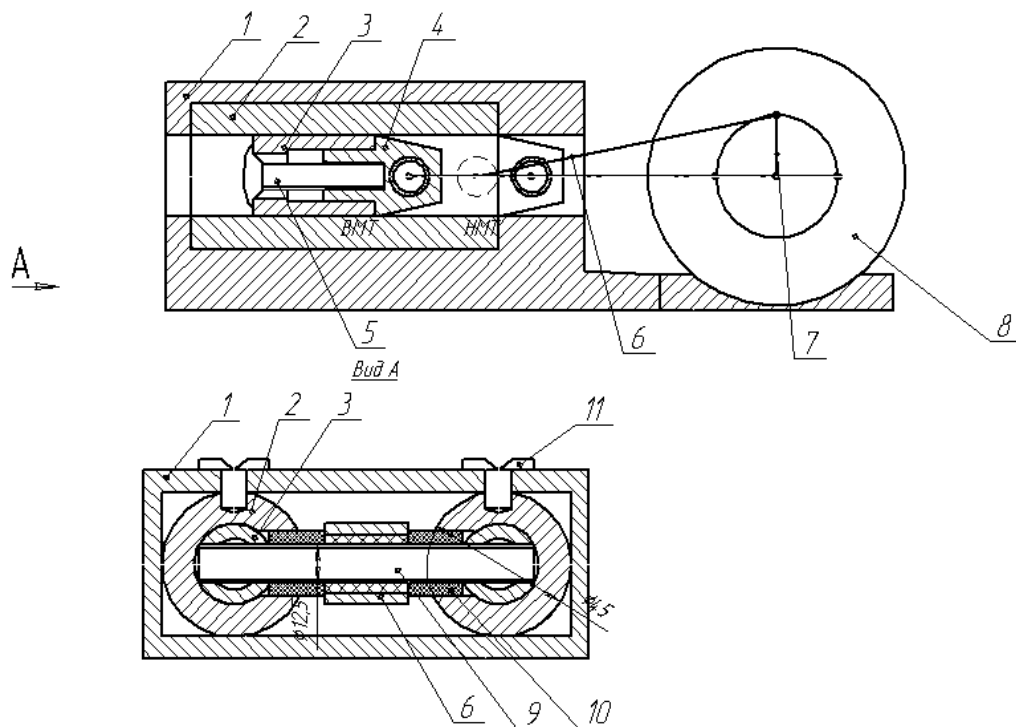


Рис. 1. Конструктивная схема экспериментальной установки ВПД

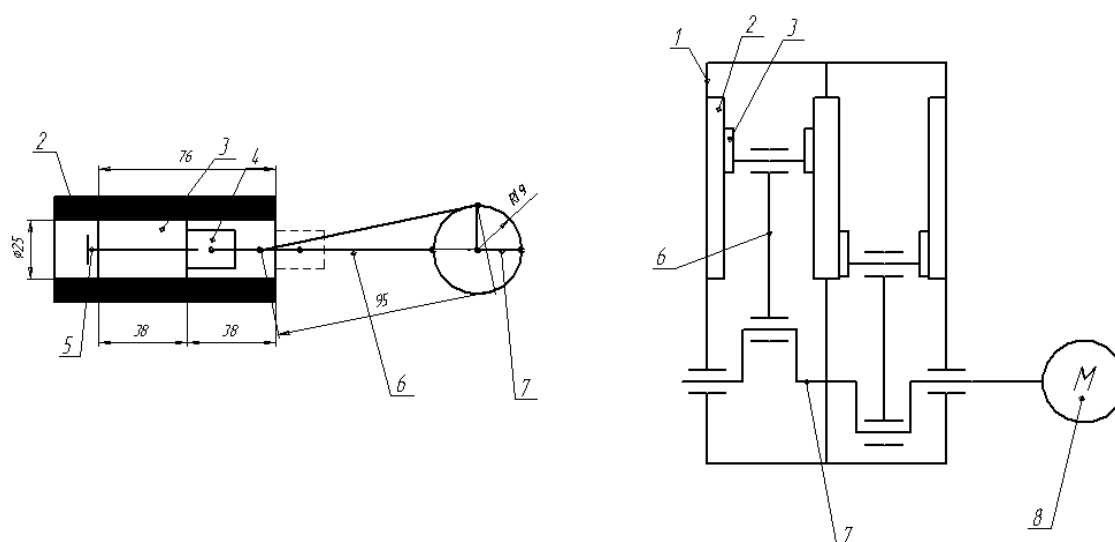


Рис. 2. Размерная схема установки и ее принципиальная схема

Основные размерные и кинематические параметры (рис. 2) установки следующие: ход подвижного образца $S=38$ мм, длина подвижного образца $l=38$ мм, длина неподвижного образца $l_1=76$ мм, внутренний диаметр поверхности трения неподвижного образца $D=25$ мм, внешний диаметр поверхности трения подвижного образца $d=25^{+0,015}$ мм.

Указанная схема испытаний достаточно хорошо подходит для исследований износостойкости любых поверхностей трения и смазочных материалов при перемещении образцов по схеме ВПД. Способ подачи смазки в зону трения – капельный посредством наклона осевой линии движения образцов – в пределах до 30 град. Планируемая к применению при испытаниях измерительная система состоит из двух температурных датчиков, установленных оппозитно в местах верхней перекладки подвижного образца, а также струнного датчика перемещения закрепленного на его переднем конце.

Магнитное поле для реализации металлоплакирующего эффекта при применении указанных присадок создается двумя постоянными магнитами, установленными в районе верхней мертвой точки хода ползуна и создающими полюсное магнитное поле. Область действия поля охватывает не всю зону трения образцов, что дает возможность сравнительно оценивать результаты воздействия магнитного поля на магнитожидкостную суспензию и результаты ее применения в отсутствие магнитного поля.

Проводимые испытания должны дать ответ на следующие поставленные в ходе авторского исследования вопросы:

- 1.) Насколько оптимально данная схема организации многодвигательного ВПД подходит для традиционных трибологических испытаний;
- 2.) В какой мере дифференцируются результаты сравнительных испытаний на износостойкость образцов при различных смазочных композициях и способах внешнего на них воздействия (магнитное поле);
- 3.) Насколько эффективны магнитожидкостные суспензии в концентрации твердых агрегатов ферромагнитных порошков от 0,5 до 2% объема смазочной среды перед базовыми маслами;
- 4.) Насколько надежна в долговременной (циклами испытаний образцов до 25 и более часов) эксплуатации указанная триботехническая установка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. - М.: Машиностроение, 1989. – с. 186;
2. Патент № 2276681 РФ, МПК C10L 1/18 (2006.01) Противоизносная присадка / Перекрестов А.П., Сычёва А.А. - № 2004132806/04, заявл. 10.11.2004; опублик. 20.05.2006, Бюл. № 14;

3. Путинцев С.В., Аникин С.А., Галата Р.А. Основы расчета и проектирования узлов трения ДВС: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 35 с.

4. Путинцев С.В. Механические потери в поршневых двигателях: Учебное пособие по курсу: «Специальные главы конструирования и САПР» –М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 288 с.

Гужвенко Иван Николаевич – аспирант кафедры «Теоретическая и прикладная механика» Астраханского государственного технического университета

Ivan N. Googvenko – postgraduate student, the sub-faculty “Theoretic and applied mechanics” of Astrakhan state technical university

Перекрестов Аршавир Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая и прикладная механика» Астраханского государственного технического университета, научный руководитель Гужвенко И.Н.

Arshavir P. Perekrestov – candidate of the technical science, ass. professor, the sub-faculty “Theoretic and applied mechanics” of Astrakhan state technical university, scientific leader of Googvenko I.N.

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 378.16

В.М. Власов, И.В. Конин

ОПЫТ МАДИ ПО ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИТС

Материал статьи посвящен вопросам подготовки специалистов в высшей школе в области «Транспортной телематики», «Интеллектуальных транспортных систем». В статье представлена информация относительно материально-технической базы МАДИ, используемой в учебной и научной работе в сфере ИТС. Рассмотрена организационная структура Технического комитета №57 «Интеллектуальные транспортные системы» Росстандарта.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), кафедра «Транспортная телематика», Интеллектуальные транспортные системы, центр компетенций, исследовательский комплекс, технический комитет ТК 57 ИТС, организационная структура, тестовый полигон «Умная дорога».

V.M. Vlasov, I.V. Konin

MADI ACHIEVEMENTS IN QUALIFYING SPECIALISTS OF AUTOMOBILE TRANSPORT INDUSTRY IN THE AREA OF DEVELOPMENT AND MAINTANANCE TELEMATIC SYSTEMS AND ITS.

The article concerns the qualification specialists of automobile transport industry in the university in the area of «Transport telematics», «Intelligent Transport Systems (ITS)». Material and technical provision of MADI is observed which is used for teaching process and for research activities about ITS. Structure of technical committee «Intelligent Transport Systems» of Rosstandart is introduced.

Moscow state technical university of autotransport and roads (MADI), Department of «Transport telematics», Intelligent Transport Systems, Competence Center, research center, technical committee TC 57 ITS, organizational structure, test butts «Smart Road».

Многочисленные разработки, базирующиеся на телематических, навигационных, Интеллектуальных транспортных системах (ИТС) все активнее внедряются практически во все сферы автотранс-

портного комплекса, как в России, а так и за рубежом. Кроме того, с каждым годом возрастает число отраслей, где целесообразно применение телематических сервисов.

В связи с этим наиболее остро встает вопрос подготовки специалистов для автотранспортного комплекса, способных оперативно, на высоком качественном уровне заниматься вопросами разработки инновационных телематических систем, их эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом, а также способных уверенно развивать бизнес в сегменте навигационно-информационных услуг и транспортной телематики.

В Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ), на кафедре «Транспортная телематика» (ТТ) разработаны тематические модули лекционно-практических занятий по вопросам «Транспортной телематики», которые в большей степени учитывают специфику подготовки студентов на каждом из 8 факультетов соответствующих специализаций и профилей.

Сотрудники кафедры ТТ одной из своих задач считают задачу формирования у студентов МАДИ базовых, фундаментальных компетенций в области транспортной телематики на автомобильном транспорте, дорожном хозяйстве.

Возможность применения гибкой, адресной системы обучения студентов позволяет Болонская система подготовки специалистов в высшей школе. Это позволило кафедре практически для каждого факультета сформировать спектр из 2-3 дисциплин по теме «Транспортная телематика» для их изучения по выбору студента, как на уровне бакалавра, специалиста, так и магистра.

Темы занятий дисциплин по выбору студентов построены по принципу:

а) Лекции, практические занятия для всех направлений подготовки, где изучаются общетеоретические вопросы транспортной телематики, спутнико-навигационных систем, географическо-информационных, телекоммуникационных технологий и систем на автомобильном транспорте, Интеллектуальных транспортных систем.

б) Специализированные лекции, практические занятия, сориентированные под конкретные специализации и профили подготовки студентов на факультетах.

Кафедра ТТ является выпускающей кафедрой. Ежегодно на кафедре защищают дипломные проекты студенты двух групп, одна из которых обучалась по профилю «Телематика на автомобильном транспорте», другая «Телематика в автосервисе».

Основная цель обучения студентов в этих двух группах – получение эксклюзивной подготовки по вопросам технического обеспечения прогрессивных транспортных технологий на основе использования информационных технологий и интеллектуальных транспортных систем на базе спутниковой навигации, геоинформационных систем и автоматизированных систем управления на транспорте.

Обучение студентов кафедры ведется в соответствии с современными тенденциями, основанными на использовании беспроводных технологий передачи информации, интернет и интернет-технологий.

В процессе обучения подробно рассматриваются основы технологии диспетчерского и информационного управления наземным транспортом. У студентов формируются базовые представления по вопросам, связанным с современными методами проектирования, разработки и сопровождения транспортно-телематических систем, ИТС городов.

Активно участвуют в работе кафедры и представители научно-производственных организаций в транспортной сфере. Также в учебном процессе кафедры ТТ практикуются выездные занятия со студентами – на объектах внедрения реально функционирующих телематических систем.

Работая в сфере подготовки специалистов высшей школы для автотранспортного комплекса РФ, кафедра ТТ МАДИ целенаправленно развивает свое научное и методическое обеспечение в области разработки и эксплуатации «Интеллектуальных транспортных систем»(ИТС).

Результатом такой работы является создание структуры, которая размещается на площадке МАДИ (рис.1.):

На сегодняшний день в научном сообществе нет единого мнения по определению термина «ИТС».

Наиболее всеобъемлющее и отражающее суть понятия «ИТС», на наш взгляд, представлено определение ниже [1], которое используется в дидактических материалах кафедры при обучении студентов МАДИ.

«Интеллектуальная транспортная система» – система, интегрирующая современные информационные, коммуникационные и телематические технологии, технологии управления и предназначен-

ная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортной системой региона (города, дороги), конкретным транспортным средством или группой транспортных средств, с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта.

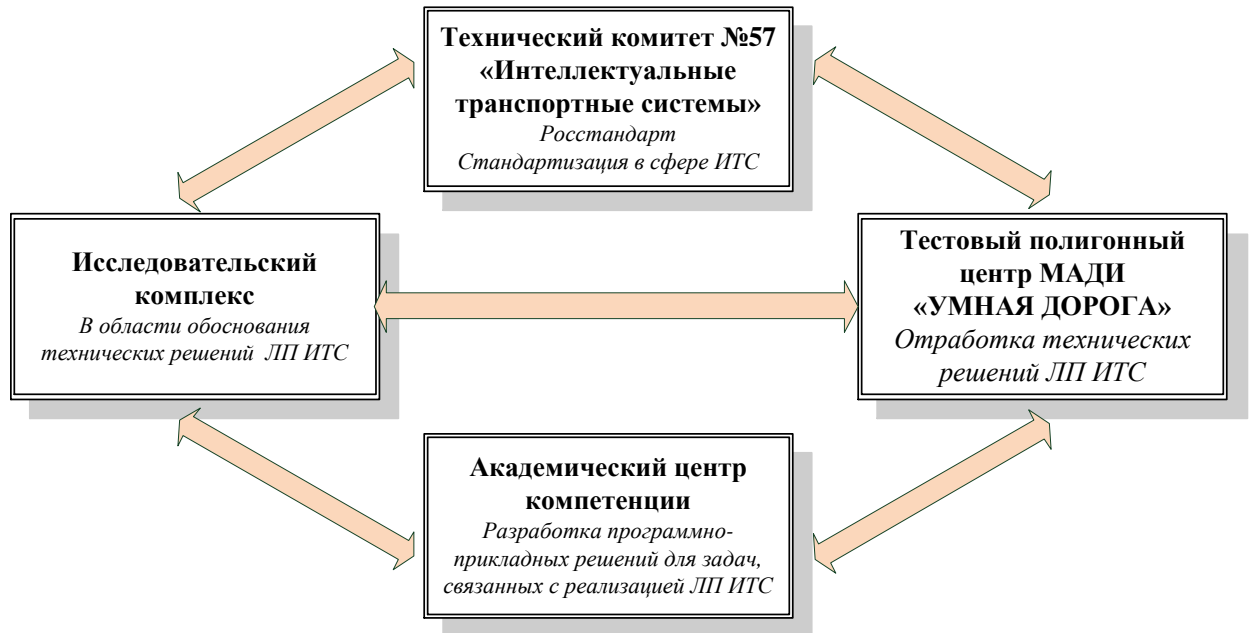


Рис. 1. Организационная структура научно-методической базы МАДИ в области транспортной телематики, Интеллектуально транспортных систем

Иными словами, можно сказать, что «ИТС» – это комплексная интеллектуальная система, которая создает комфортные и безопасные условия для всех участников транспортного процесса, включая окружающую среду и сервисную инфраструктуру.

Исходя из этого на кафедре «Транспортная телематика» была разработана и реализована концепция организации и развития Научно-исследовательского комплекса ИТС, включающего в себя, прежде всего:

- комплекс имитационного моделирования транспортных потоков и построения цифровой модели УДС;
- центр компетенции;
- симулятор моделирования дорожной ситуации;
- исследовательский комплекс построения и оценки поведенческой модели участников дорожного движения при возникновении тех или иных коллизионных ситуаций;
- полигон МАДИ «Умная дорога».

Комплекс имитационного моделирования транспортных потоков в качестве инструмента использует программное обеспечение Aimsun 6.0.

Этот инструмент позволяет выполнить микро, мезо- и макро моделирование транспортных потоков и оценить эффективность технических решений при организации дорожного движения.

Разработка программно-прикладных решений для задач, связанных с реализацией локальных проектов ИТС базируется на деятельности центра компетенции при поддержке IBM;

Симулятор моделирования дорожных ситуаций был создан из реального автомобиля и представляет собой часть кузова с органами управления, экран, пяти проекторов, создающих полную и реалистичную картину дорожного движения, серверного помещения, симулятора для создания дорожных коллизий, комплекса, позволяющего выполнять психофизический анализ поведения водителя, при возникновении дорожной ситуации.

С использованием данного симулятора в МАДИ ведутся работы связанные с вопросами информирования водителя о превышении установленных скоростных ограничений на участке дороги;

рассматриваются вопросы межбортового взаимодействия автомобилей и другие темы исследования в области ИТС.

Практическая отработка полученных результатов в ходе научно-исследовательской работы, апробация и доводка технических решений ИТС, осуществляется на полигоне МАДИ «Умная дорога», где реализована работа практически всех подсистем ИТС.

Практика показывает, что в конечном итоге большая проделанная научно-исследовательская работа, как правило, кристаллизуется в виде методических рекомендаций, директивных документов, в частности, стандартов, которые используются как в учебном процессе кафедры, так и в ежегодных дипломных проектах 15-20 выпускников кафедры.

Рецензирующим органом, оценивающим и рекомендуемым к публикации и внедрению стандартов ИТС на национальном уровне, является Технический комитет №57 «Интеллектуальные транспортные системы», созданный приказом № 3821 от 22.07.2011г Федерального агентства по стандартизации и метрологии, на базе МАДИ (рис.2).

В настоящее время работа ТК набирает определенные темпы. В план национальной разработки стандартов на 2013 год через ТК 57 «ИТС» заявлена разработка 23 национальных стандартов в области ИТС.

Свою деятельность ТК 57 ИТС осуществляет также, взаимодействуя с ISO TC 204 ИТС на международном уровне. Так, по инициативе двух заместителей председателя ТК 57 ИТС, 15-17 сентября, в Деловом центре на Красной преснее в Москве, прошло Юбилейное 40-е заседание 204 ТК, где ТК 57 ИТС принял участие в работе пленарного заседания.

Таким образом, имея развитую архитектуру научно-методической базы ИТС на площадке МАДИ, все это позволяет студентам выполнять актуальные дипломные проекты на темы: «Развитие системы телематического обеспечения диспетчерского управления пассажирским транспортом», «Обоснование технического комплекса систем мониторинга состояния водителя в процессе движения», «Использование навигационных данных городского пассажирского транспорта для совершенствования системы информирования пассажиров» и т.п., а научным группам, коллективам кафедры «ТТ» активно участвует в розыгрышах, как внутривузовских грантов, так и Минобрнауки.

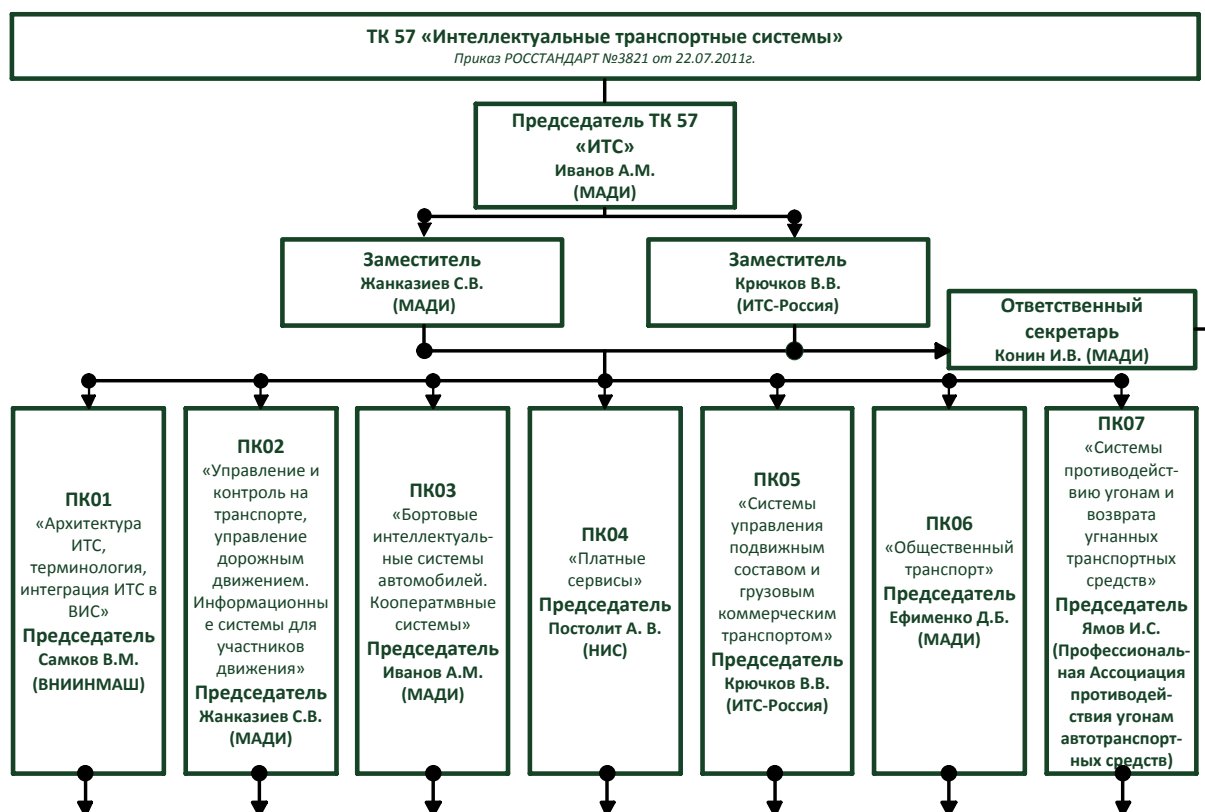


Рис. 2. Организационная структура ТК 57 «ИТС»

Так, в 2012 году кафедрой ТТ было выиграно:

1. Три гранта для научных коллективов по темам:
«Разработка бортового телематического модуля, интегрирующего телематическую периферию автомобиля».
«Разработка интегрированной системы управления дорожным движением, объединяющей подсистемы директивного и косвенного управления транспортными потоками».
«Разработка проекта национального стандарта «Интеллектуальные транспортные системы. Системы диспетчерского управления пассажирским транспортом. Требования к архитектуре, функциям и решаемым задачам ситуационного управления перевозками при обслуживании массовых спортивных мероприятий».
2. Один грант для молодых ученых с тематикой:
«Формирование методики оценки параметров транспортных потоков и мониторинга скоростей пассажирских транспортных средств на основе обработки навигационных данных».
3. Два студенческих гранта на темы:
«Разработка методики определения мест установки системы обеспечения противогололедной обстановки, как подсистемы ИТС».
«Обоснование лоцирования оборудования систем фото и видео фиксации».

Общий объем выполненной работы по грантам, позволил подняться кафедре еще на одну качественную ступень в области развития науки ИТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жанказиев С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов.- Дисс. док.тех. наук. – М.: МАДИ, 2012. - 449 с.
2. Власов В.М., Жанказиев С.В., Николаев А.Б., Приходько В.М.. Телематика на автомобильном транспорте. –М.: МАДИ, 2003. -173 с.

Власов Владимир Михайлович –
доктор технических наук, профессор,
Заведующий кафедрой «Транспортная телематика» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

Vladimir M. Vlasov –
Ph D, prof. «Transport telematics» Department Chief
The Moscow State Automobile and Road Technical University

Конин Игорь Валентинович –
кандидат технических наук, доцент,
Зам. заведующий кафедрой «Транспортная телематика» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

Igor V. Konin –
Ph D, docent, «Transport telematics» Department
Deputy Chief The Moscow State Automobile and Road Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.09.06 (076): 658.56

Г.Ф. Биктимирова

ПРИМЕНЕНИЕ FMEA ДЛЯ РАЗВИТИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ АВТОКОМПОНЕНТОВ

Показана выполнимость подготовки информационного обеспечения процесса управления качеством продукции у производителей автокомпонентов по требованиям ISO/TS 16949:2009. Предложена методика результативного применения метода FMEA, которая в наибольшей степени обеспечивает повышение конкурентоспособности.

Конкурентные преимущества, производство автокомпонентов, потенциальные дефекты, ключевые характеристики технологических переходов

G.F. Biktimirova

FMEA APPLICATION FOR COMPETITIVENESS DEVELOPMENT VENDOR OF AUTOCOMPONENTS

There is shown the administrative process information support preparation feasibility by production quality at vendors of autocomponents according to ISO/TS 16949:2009 requirements. It's offered the FMEA method productive application approach which provides competitiveness increase to the fullest extent.

Competitive advantage, production of autocomponents, potential defects, key characteristics of manufacturing steps

В настоящее время отечественные производители автокомпонентов должны направить свои усилия на повышение качества своей продукции до мирового уровня, а также на снижение потерь. Совместная работа российских головных автозаводов с иностранными фирмами предполагает также соответствие производителей автокомпонентов международным требованиям [1].

Этот стандарт ориентирует поставщика автокомпонентов на достижение абсолютной уверенности головного завода в качестве своей продукции. Поставщик обязан подтверждать не только способность процессов выпускать качественную продукцию, но и качество управления полным жизненным циклом проекта подготовки производства и выпуска автокомпонента (APQP) [2]. Это обеспечивается существенным увеличением и упорядочиванием необходимой управленческой информации.

Методология FMEA (анализ последствий потенциальных дефектов продукции и процессов) применяется на первом и втором этапах APQP- процесса. По результатам FMEA ранжируется степень важности проблем и соответственно жесткость плана управления [3].

Самый первый инструмент, который определяет основное качество автомобиля на всем жизненном цикле - это FMEA – конструкции. С его помощью определяется значимость последствий для потребителя при эксплуатации автомобиля: угроза жизни и здоровья, порча имущества и т.д. Он позволяет через иерархическую взаимосвязь функциональных систем, входящих в них агрегатов и соответствующих им узлов выходить на потенциальные дефекты отдельных деталей. Значимость дефектов детали должна быть отражена в реестре ключевых показателей, которые являются основными входными данными для организации управления процесса её изготовления. Они должны быть обеспечены через планы управления.

На основании ключевых характеристик детали проводится FMEA процесса её изготовления. Технолог, используя информацию о механизмах физических явлений, действующих в технологических операциях, получает ключевые характеристики технологических переходов. На основании реестра ключевых характеристик технологических переходов можно составлять адекватный план управления, и на данной основе формировать контрольные и измерительные системы, а также методики MSA.

Применение методики для улучшения уровня качества приведено на примере детали «корпус крана управления раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ» (далее корпус) (рис.1).

Для данной детали важно проанализировать последствия дефектов при следующих вариантах движения грузового автомобиля:

- по трассе,
- по бездорожью,
- буксование.

Принимаем наиболее существенные последствия - угроза жизни, здоровья потребителя, порча имущества при варианте «движение по бездорожью» (балл значимости равен 10).

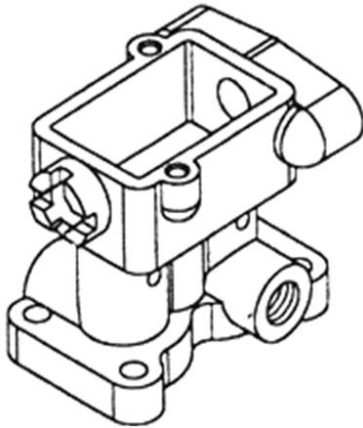


Рис. 1. Корпус крана управления раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ

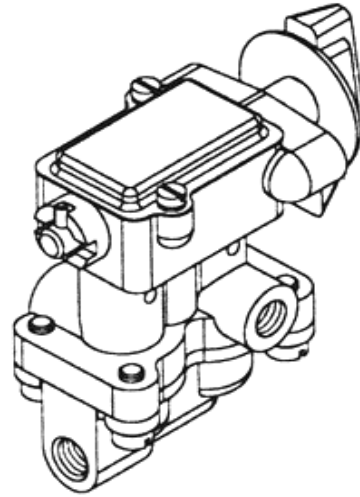


Рис. 2. Кран управления раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ

Применительно к выбранной детали рассмотрим причины отказа системы переключения раздаточной коробки (рис.2) вследствие её дефектов:

- невозможность переключения передачи – поломка детали;
- неполное включение передачи – негерметичность детали (не обеспечивается выдержка давления воздуха 6 МПа) [3];

Также не следует упускать дефекты поверхности детали, влияющие на её внешний вид и получения претензии от потребителя.

Рассмотрим одну из вышеуказанных неисправностей «потеря герметичности в системе управления узлом». Понятно, что данное последствие имеет несколько причин: потеря герметичности в трубках пневмосистемы, в соединениях узла, в корпусе и в крышке корпуса. Выберем для дальнейшего рассмотрения «обеспечение герметичности корпуса при давлении воздуха 6 МПа».

Из карты маршрутных потоков детали корпуса отметим, что лимитирующие маршрутные потоки, которые имеют существенное влияние на данную ключевую характеристику это: получение заготовки, формообразование, сборка. Опираясь на технологическую документацию по сборке, изготовлению корпуса и получение её заготовки отливки, определим причины, которые приведут к данному последствию:

1. трещины сквозные,
2. цепь газовых и (или) усадочных раковин с выходом на поверхность;
3. сквозные цепочки шлаковых включений и оксидных плен;
4. неплоскостность посадочной поверхности фигурного фланца;
5. качество материала герметика.

Ограничимся рассмотрением причин с первой позиции по третью, относящихся к маршрутному потоку «получение заготовки». Данные последствия являются итогом цепочки следующих причин основных и вспомогательных процессов:

1. Не выдержка рецептуры шихты – повышенное содержание примесей;
2. Нарушение процесса приготовления металла – присутствие шлаковых включений и оксидных плен;
3. Несоблюдение технологических параметров заливки металла– газовые раковины и др.;
4. Недоработка конструкции пресс-формы - усадочные раковины, газовые раковины;
5. Нарушение технологии подготовки оснастки к работе - усадочные раковины, газовые раковины и др.,

Рассмотрим последствия с первой по третью позиции. Анализируя карту операционных потоков, резюмируем, что каждый операционный поток:

- транспортирование металла на шихтовый двор;
- завал шихты;
- приготовление сплава;
- получение куста отливки;
- изготовление отливки

имеет существенное влияние на вышеуказанные последствия.



Рис. 3. Технологические переходы получения куста отливки

Далее ограничимся рассмотрением операционного потока «получение куста отливки». Метод получения куста отливки корпуса – литье под высоким давлением с горячей камерой прессования, в этой связи определим технологические переходы (рис.3),

которые существенно влияют на вышеизложенные последствия и соответствующие им ключевые характеристики переходов:

1. Температура металла $430 \pm 15^\circ\text{C}$;
2. Скорость первой фазы поршня прессования $0,5 \pm 0,5$ м/с;
3. Скорость второй фазы поршня прессования $4,5 \pm 0,5$ м/с;
4. Давление в камере прессования 100 МПа.
5. Время кристаллизации 13 с.

Данные ключевые характеристики переходов должны быть выделены в операционной карте технологического процесса, для каждой из них разработан соответствующей жесткости план управления. Планы управления требуется ввести как приложение к операционной карте.

План управления становится завершением процесса формирования комплекта требований к производственному процессу. Далее при осуществлении производственного процесса стандарт [1] требует вести подтверждающие записи выполнения или не выполнения требований ключевых характеристик переходов. Эти записи и результаты их анализа также в качестве приложений вводятся в комплект технологической документации. Соответствующий анализ записей будет адекватно отражать ситуацию по достижению требований потребителя и обеспечивать результативные корректирующие мероприятия в производстве.

На основании предложенной методики внедрения FMEA выполнена оптимизация содержания процессов. Удалось добиться приемлемого уровня качества детали «корпус крана управления раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ».

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51814.1-2009 Особые требования по применению ИСО 9001:2008 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части.
2. ГОСТ Р 51814.6-2005 Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов.
3. ГОСТ Р 51814.2-2001 Системы качества в автомобилестроении, Метод анализа и последствий потенциальных дефектов.

4. Автомобили КАМАЗ: Техническое обслуживание и ремонт/ В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, В.А. Трынов и др.-М.: Транспорт, 1984. 254с.

Биктимирова Гузель Фанисовна – соискатель Филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» в г. Набережные Челны

Guzel F. Biktimirova – Applicant Branch of the federal state the independent educational establishments of the higher professional educations «Kazan (Volga) federal university» to Naberezhnye Chelny

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.004.67

Р.И. Альмеев

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Статья посвящена проблеме обеспечения надёжности двигателей на переходных режимах работы. Представлены результаты расчета, позволяющие оценить работоспособность подшипников при рассматриваемой совокупности эксплуатационных условий, а также предельные значения зазоров и температур смазочного материала. Разработано устройство предпусковой смазки, способствующее оптимизации параметров смазочного процесса на режимах пуска и прогрева. По результатам стендовых испытаний сделаны выводы об эффективности предложенного устройства.

Подшипник скольжения, смазочный процесс, вероятность контактирования, ресурс сопряжения, устройство предпусковой смазки, испытания, эффективность

R.I. Almeev

THE ANALYTICAL PRECONDITIONS OF CRANKSHAFT BEARINGS OPERATING LIFE IMPROVEMENT ON TRANSITIVE OPERATING MODES

The article is devoted to the problem of engines reliability maintenance on transitive operating modes. Results of calculation are presented, which allowing to estimate working capacity of bearings at considered set of operational conditions and critical values of clearances and lubricant oil temperatures. The device for pre-starting lubrication promoting optimization of lubricant process parameters on start-up and warming modes is developed. Conclusions of the offered device efficiency by results of bench tests are makes.

Journal bearing, lubricant process, probability of contact process, interface resource, the device for pre-starting lubrication, tests, efficiency

Условия работы автомобильных двигателей в период пуска и прогрева значительно отличаются от условий работы на номинальных нагрузочных и скоростных режимах и оказывают существенное влияние на долговечность и безотказность основных деталей цилиндрично-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма. Изучение закономерностей влияния температурных факторов на интенсивность изнашивания при пуске и в процессе дальнейшей эксплуатации позволяет понять причины образования повышенных износов деталей двигателя.

Основной эксплуатационной причиной повышенного изнашивания и возникновения отказов подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей является нарушение условий смазки [1]. При недостаточном поступлении масла в подшипник, могут нарушаться условия гидродинамического трения, в результате толщина масляного слоя может стать ниже критической, что повысит вероятность проворачивания вкладышей.

Минимальная толщина масляного слоя h_{\min} в точке наибольшего сближения вала и подшипника должна быть достаточна для того, чтобы предотвратить соприкосновение микронеровностей вала и подшипника при возможных колебаниях режима (увеличение нагрузки, уменьшение частоты вращения, падение вязкости масла от перегрева), а также в результате перекосов вала и упругих деформаций вала и подшипника [5].

Режим трения в сопряжении можно оценить по следующему параметру [7]:

$$k_p = \frac{h_{\min}}{\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}} = \frac{h_{\min}}{R_{z1} + R_{z2}}, \quad (1)$$

где R_{a1} , R_{z1} и R_{a2} , R_{z2} – параметры шероховатости соответственно первой и второй контактирующих поверхностей. При значении $k_p > 3$ наблюдается гидродинамический (жидкостный) режим смазки, при $1 < k_p < 3$ - режим смешанной смазки, а при $k_p < 1$ - граничный режим [7].

Минимальная толщина масляного слоя является функцией безразмерного числа Зоммерфельда [4, 6]:

$$S_0 = \frac{\eta \cdot \omega}{\bar{P} \cdot \psi^2}, \quad (2)$$

и отношения длины подшипника к диаметру l/d , где η - динамическая вязкость масла, $\text{Па} \cdot \text{с}$; ω - угловая скорость, рад/с ; $\bar{P} = P/(d \cdot l)$ - среднее давление, действующее на подшипник, Па ; P - нагрузка, действующая на подшипник, Н ; $\psi = \Delta/d$ - относительный зазор; Δ - диаметральный зазор, мкм .

Для получения рабочих характеристик подшипника, выполняли расчёт нагрузок, действующих на подшипники коленчатого вала, а также минимальной толщины масляного слоя в зависимости от зазоров, температуры и давления масла на входе в подшипник (значения получены для режима прогрева двигателя на холостом ходу) [3, 5, 7]. На рис. 1 показаны зависимости среднециклового значения минимальной толщины масляного слоя в подшипниках от температуры масла в зоне трения.

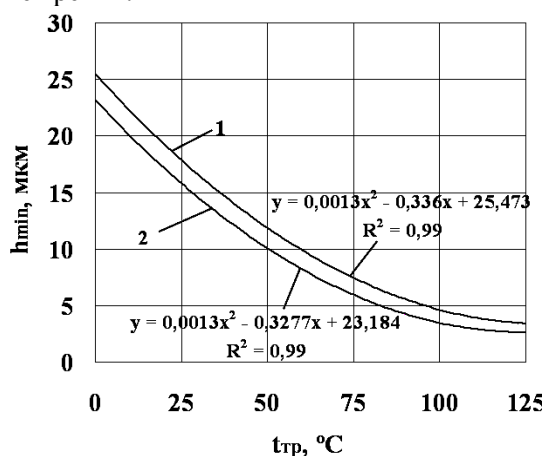


Рис. 1. Зависимости минимальной толщины h_{\min} масляного слоя от температуры масла в зоне трения $t_{\text{тр}}$ и диаметрального зазора в подшипнике Δ : 1 – $\Delta=94$ мкм; 2 – $\Delta=200$ мкм (форсированный двигатель КАМАЗ-740.63)

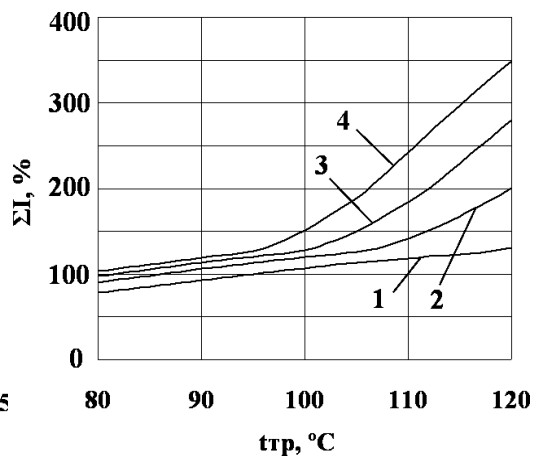


Рис. 2. Зависимости интенсивности изнашивания ΣI от температуры масла в зоне трения $t_{\text{тр}}$: 1 – $\Delta=94$ мкм; 2 – $\Delta=130$ мкм; 3 – $\Delta=160$ мкм; 4 – $\Delta=190$ мкм

Исходя из предположения о линейном характере связи между интенсивностью изнашивания сопряжения и коэффициентом трения, определяемым долей работы подшипника в условиях смешанной смазки, вычисляли интенсивность изнашивания сопряжения ΣI (рис. 2). По данным рис. 2 видно, что в интервале температур 80...100 $^\circ\text{C}$ можно ожидать увеличения интенсивности изнашивания на 40...50%.

Одним из критериев работоспособности нестационарно-нагруженных подшипников является продолжительность зон смешанной смазки [7]. Для данного критерия существует предельное значение, превышение которого может привести к возникновению задира подшипника. Была определена доля цикла работы двигателя, для которой условие $h_{\min} > h_{\text{кр}}$ не выполняется (суммарная

продолжительность зон смешанной смазки) и проведен расчет вероятности контактирования поверхностей ζ , которая в общем случае является функцией отношения минимальной толщины смазочного слоя h_{\min} к критической $h_{кр}$.

На рис. 3 представлена двухфакторная зависимость вероятности контактирования поверхностей ζ от температуры масла в зоне трения $t_{тр}$ и диаметрального зазора в подшипнике Δ . На данном графике отмечено критическое значение $\zeta_{кр} = 0,078$, а также значения температур масла в картере двигателя t_m , соответствующих температурам масла в зоне трения $t_{тр}$. Характер двухфакторной зависимости параметра ζ от температурного режима работы и диаметрального зазора в подшипнике – линейный при температурах масла менее 115°C и 93°C для шатунных подшипников с номинальным и предельным диаметральными зазорами соответственно. При достижении указанных критических температур в подшипнике будет наблюдаться рост вероятности контактирования поверхностей и, как следствие, интенсификация процессов изнашивания.

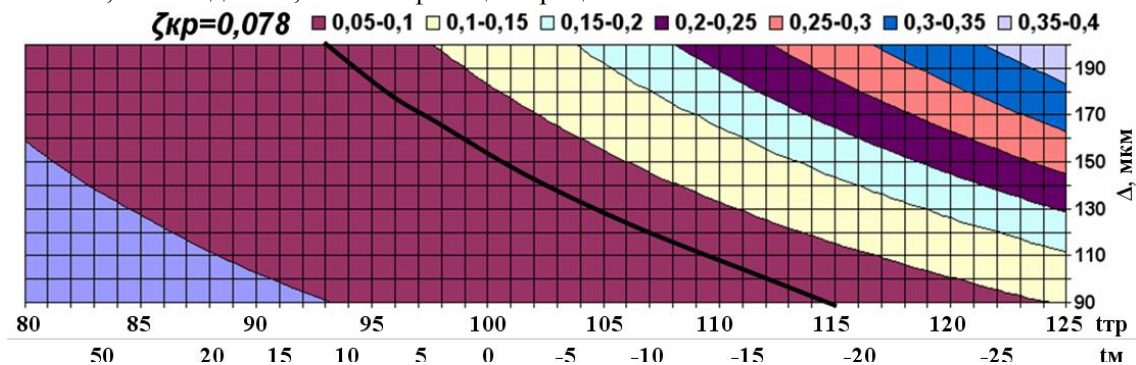


Рис. 3. Двухфакторная зависимость вероятности контактирования поверхностей ζ от температуры масла в зоне трения $t_{тр}$ и диаметрального зазора в подшипнике Δ

Теоретические предпосылки увеличения долговечности путем применения системы предпусковой смазки заключаются в снижении вероятности работы подшипников коленчатого вала в правой области графика (рис. 3), когда не обеспечивается условие $\zeta < \zeta_{кр}$.

Общий характер изменения рассматриваемых параметров в процессе низкотемпературного пуска (температура масла в картере $t_m = -20^\circ\text{C}$) представлен на рис. 4. Влияние предпусковой смазки на снижение вероятности контактирования поверхностей показано заштрихованной областью.

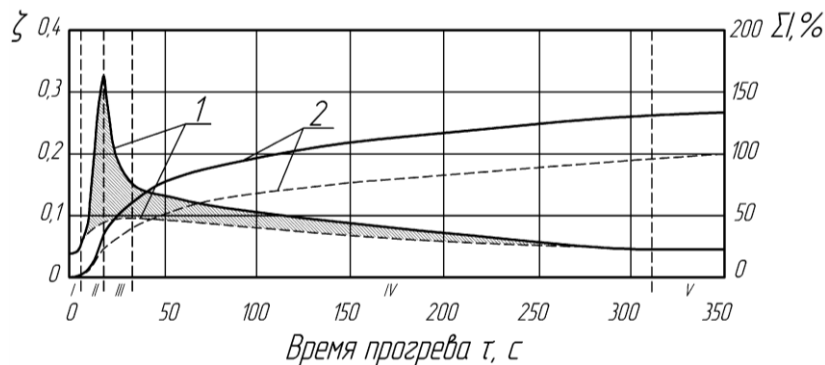


Рис. 4. Зависимости вероятности контактирования поверхностей ζ (1) и интенсивности изнашивания ΣI (2) от времени прогрева с момента пуска двигателя τ (штриховой линией показаны кривые при использовании предпусковой смазки)

С целью повышения долговечности двигателя предложено устройство предпусковой смазки, способствующее оптимизации параметров смазочного процесса на режимах пуска и прогрева [2]. Изготовлен опытный образец устройства и проведены экспериментальные исследования. Цель исследований – анализ параметров смазочного процесса и оценка эффективности работы устройства предпусковой смазки при установке его на двигателях с различной конструкцией систем смазки.

При проведении испытаний использовали двигатель КАМАЗ-740.62-280, установленный на стенде фирмы «AVL». Испытания с имитацией пониженного теплового режима работы проводили на двигателях КАМАЗ-740.10 и ЗМЗ-4062.10. В процессе испытаний выполнен сравнительный анализ

параметров на двигателе со штатной системой смазки и двигателе с установленной системой предпусковой смазки.

Разработаны практические рекомендации и проведена оптимизация параметров работы устройства с целью обеспечения наибольшей эффективности его работы. Для этого определяли зависимость времени нарастания давления от времени прокачки системы при различной температуре масла в картере двигателя t_m (рис. 5). При оптимизации за минимальное значение времени нарастания давления принималось $\tau_{зап}=4...5$ с (соответствует достижению критического значения вероятности контактирования). Полученные данные позволили оценить эффективное время работы системы предпусковой смазки траб (рис. 6).

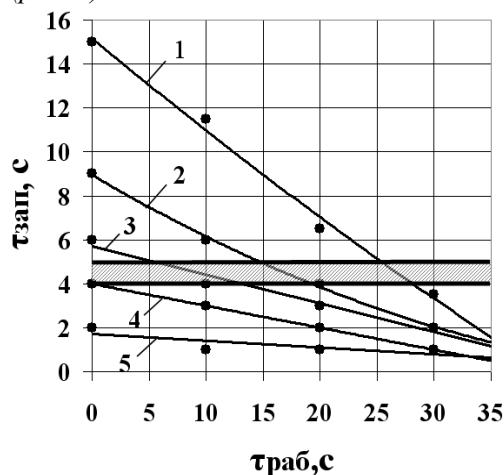


Рис. 5. Зависимости времени нарастания давления в главной масляной магистрали $t_{зап}$ после запуска двигателя от времени работы системы предпусковой смазки траб при различной температуре масла в картере t_m :
1 – минус 30 °С; 2 – минус 10 °С; 3 – 0 °С;
4 – 20 °С; 5 – 50 °С

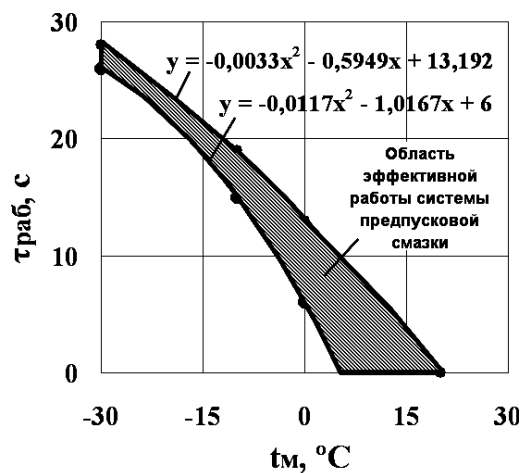


Рис. 6. Зависимости эффективного времени работы системы предпусковой смазки траб от температуры масла в картере t_m (при номинальной производительности насоса предпусковой смазки $Q=5$ л/мин)

По результатам испытаний были сделаны выводы об эффективности работы устройства предпусковой смазки:

- 1) Система обеспечивает поддержание давления масла перед пуском двигателя в пределах 0,06...0,25 МПа, в зависимости от начальной температуры масла в картере двигателя. В результате сокращается время поступления масла к деталям двигателя (в среднем на 80%).
- 2) При номинальной производительности насоса ($Q=5$ л/мин), эффективное время работы системы находится в диапазоне 6...28 с.
- 3) Эффективность использования системы предпусковой смазки заключается в сокращении количества отказов двигателей, связанных с задиром (проворотом) коренных и шатунных подшипников и повышении общего ресурса подшипников скольжения (на 8-10 %).

Применение разработанного устройства целесообразно на высокофорсированных дизельных двигателях, работающих в районах с низкими температурами воздуха. В связи с этим предложенное устройство можно рекомендовать автопроизводителям грузовой техники для испытания и последующей установки на автомобили, поставляемые для эксплуатации в районы Крайнего Севера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов А.С. Обеспечение надежности автотракторных двигателей / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков. – Саратов: СГТУ, 2007. – 422 с.
2. Денисов А.С. Устройство для предпусковой смазки двигателя внутреннего сгорания: пат. на полезную модель № 88737 / А.С. Денисов, Р.И. Альмеев // Бюл. госуд. реестра полезных моделей РФ, 2009, № 32.
3. Колчин А.И. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 496 с.
4. Мур Д. Основы и применения трибоники / Д. Мур. – М.: Мир, 1978. – 487 с.
5. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. / П.И. Орлов. – В 2-х кн. Кн. 2. Под ред. П.Н. Учаева. – 3-е изд. исправл. – М.: Машиностроение, 1988. – 544 с.
6. Чихос Х. Системный анализ в трибонике / Х. Чихос. – М.: Мир, 1982. – 351 с.

7. Чичинадзе А.В. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.

Альмеев Руслан Игоревич -
кандидат технических наук, ассистент кафедры
«Техническая эксплуатация и ремонт
транспортных средств» филиала Самарского
государственного технического университета
в г.Сызрани

Ruslan I. Almeev –
Ph.D., assistant of the chair «Technical explotation
and repair of transport means» of Samara State
Technical university in Syzran

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

Секция 4

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 629.113.004.67

А.С. Денисов, Б.Ф. Тугушев, Е.Ю. Горшенина

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА НАПЛАВКИ
КОЛЕБЛЮЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ НА ФОРМИРОВАНИЕ
МЕТАЛЛОПОКРЫТИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ**

Представлена методика расчета толщины металлопокрытия. Показаны математические зависимости и сделаны соответствующие выводы.

Восстановление, наплавка, кинематика процесса, толщина металлопокрытия

A.S. Denisov, B.F. Tugushev, E.Yu. Gorshenina

**THEORETICAL ANALYSIS OF INFLUENCE WELDING-UP REGIME ELEMENTS BY A
HESITANT ELECTRODE ON THE FORMATION OF METAL COATINGS FOR RECOVERY
PARTS**

A method of calculating the thickness of the metal coating. Showing mathematical relationships and make appropriate.

Rebuilding, welding-up, kinematics of process, thickness of the metal

В современных технологиях восстановления изношенных деталей основную роль играют наплавочные металлопокрытия. В то же время получила распространение широкослойная наплавка рабочих поверхностей колеблющимся электродом (рис. 1а, 1б). Ее применение позволяет избежать многих недостатков, свойственных традиционным методам наплавки по винтовой линии, а именно уменьшить вероятность возникновения трещин и пор в металлопокрытиях, повысив тем самым надежность восстановленной детали [1].

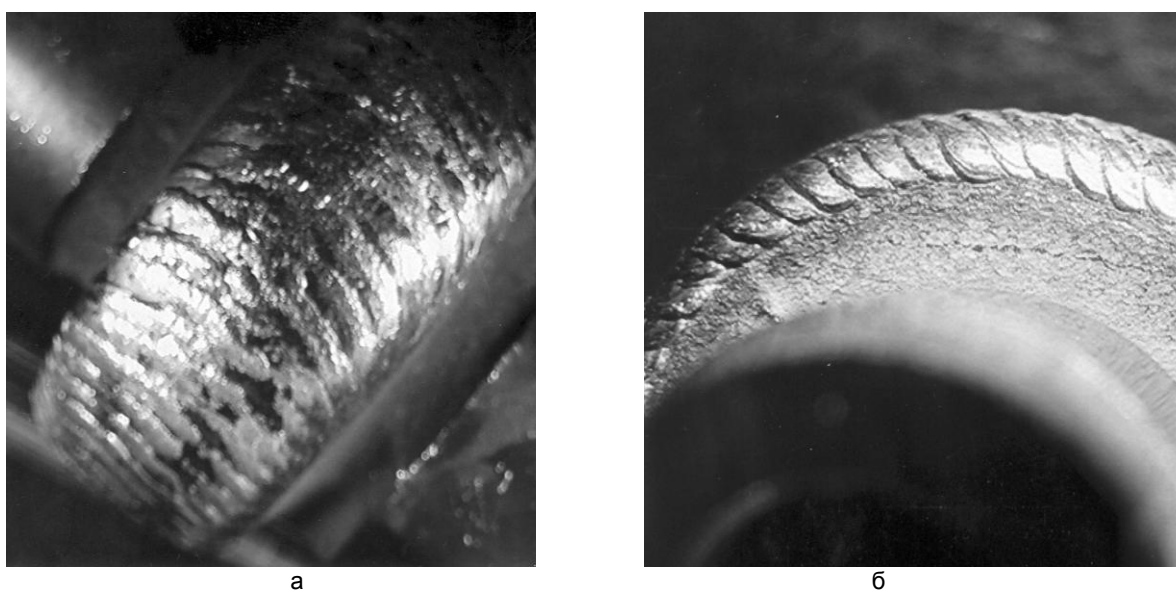


Рис. 1. Поверхность шейки распределительного вала двигателя ВАЗ с металлопокрытием, нанесенным широкослойной наплавкой колеблющимся электродом: фронтальный (а) и боковой (б) виды

Для получения эффективного технологического процесса, применяя широкослойную наплавку колеблющимся электродом, необходимо решить вопрос обеспечения достаточных величин припусков на последующую механическую обработку поверхностей. В связи с этим возникает потребность определения функциональной зависимости между основными элементами режима широкослойной наплавки и геометрическими характеристиками покрытия.

Кинематика процесса широкослойной наплавки цилиндрической поверхности детали произвольного профиля описывается уравнением

$$\bar{v}_H = \bar{v}_1 + \bar{v}_2, \quad (1)$$

где \bar{v}_H - вектор скорости наплавки; \bar{v}_1 - вектор линейной скорости вращательного движения точки, расположенной в зоне наплавки; \bar{v}_2 - вектор скорости движения наплавочной горелки.

В силу того, что $\bar{v}_1 \perp \bar{v}_2$, уравнение (1) в скалярной форме приобретает вид:

$$v_H = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}, \quad (2)$$

где v_H, v_1, v_2 - модули соответствующих векторов скоростей.

Линейную скорость вращательного движения точки, расположенной в зоне наплавки (рис. 2), можно определить по формуле

$$v_1 = \omega_1 \cdot |EF|, \quad (3)$$

где ω_1 - мгновенная угловая скорость вращения наплавляемой поверхности;

$|EF|$ - длина радиус-вектора, проведенного из мгновенного центра вращения детали до точки, расположенной в зоне наплавки.

Уравнение для средней скорости возвратно-поступательного движения наплавочной горелки, в соответствии с [2], имеет вид:

$$\tilde{v}_2 = \frac{u}{\pi} \cdot \omega_2, \quad (4)$$

где \tilde{v}_2 - средняя скорость возвратно-поступательного движения наплавочной горелки; u - ширина наплавляемого участка; ω_2 - угловая скорость вращения вала привода механизма перемещения горелки.

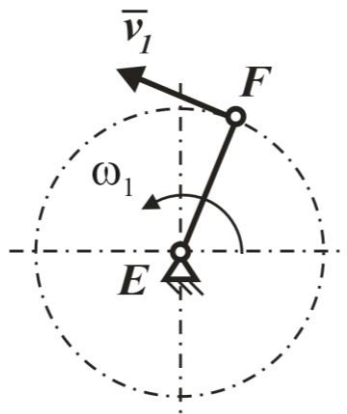


Рис. 2. Кинематическая схема вращательного движения наплавляемой поверхности

Подставляя в уравнение (2) выражения для скоростей из формул (3) и (4), получим зависимость для средней скорости наплавки:

$$\tilde{v}_H = \sqrt{\omega_1^2 \cdot |EF|^2 + \frac{u^2}{\pi^2} \cdot \omega_2^2}, \quad (5)$$

где \tilde{v}_H - средняя скорость наплавки.

В частном случае, при применении кривошипно-шатунного механизма перемещения горелки, мгновенная скорость ее возвратно-поступательного движения относительно наплавляемой поверхности (рис. 3) определяется в соответствии с уравнением [3]:

$$v_2 = |OH| \cdot \omega_2 \cdot \left(\sin \varphi + 0,5 \cdot \frac{|OH|}{|GH|} \cdot \sin 2\varphi \right), \quad (6)$$

где $|OH|$ - величина радиуса кривошипа; φ - угол поворота кривошипа; $|GH|$ - длина шатуна.

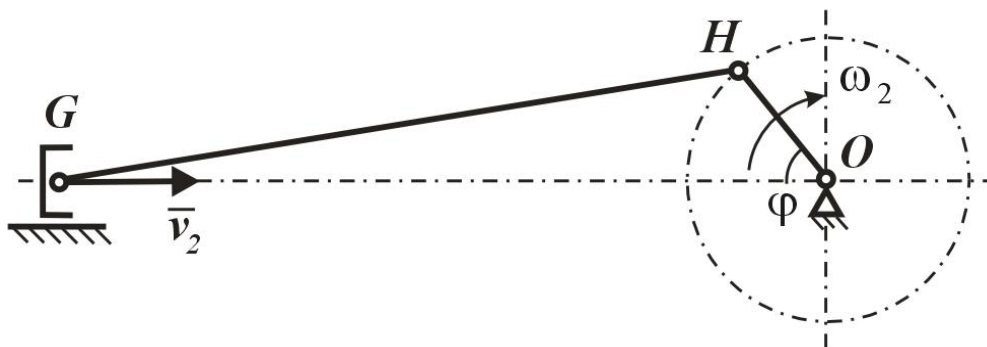


Рис. 3. Кинематическая схема возвратно-поступательного движения наплавочной горелки

С учетом формул (3) и (6), выражение (2) принимает вид:

$$v_H = \sqrt{\omega_1^2 \cdot |EF|^2 + |OH|^2 \cdot \omega_2^2 \cdot \left(\sin \varphi + 0,5 \cdot \frac{|OH|}{|GH|} \cdot \sin 2\varphi \right)^2}. \quad (7)$$

В дальнейших рассуждениях, при выводе математической зависимости толщины слоя, наносимого при широкослойной наплавке колеблющимся электродом, от основных параметров процесса, будем использовать аппарат дифференциального исчисления.

Положим, что на элементарно малом участке поверхности площадью dF наплавлен объем металла, равный dV . Тогда зависимость между этими величинами может быть представлена дифференциальным уравнением

$$dV - h \cdot dF = 0, \quad (8)$$

где dV – дифференциал функции объема наплавленного металла; h – толщина наплавленного покрытия; dF – дифференциал функции площади наплавляемой поверхности.

В свою очередь, наплавка элементарно малого участка поверхности площадью dF происходит в результате нанесения покрытия с определенным шагом наплавки и за определенное количество двойных ходов горелки. То есть в рассматриваемом случае это можно представить в виде

$$dF - u \cdot s \cdot dn_s = 0, \quad (9)$$

где s – шаг наплавки; dn_s – дифференциал функции количества двойных ходов наплавочной горелки.

Для упрощения реальной ситуации принимаем схему наплавки с условной траекторией движения электрода по наплавляемой поверхности (рис. 4). По принятым допущениям участок такой поверхности представлен в виде прямоугольника $KACM$.

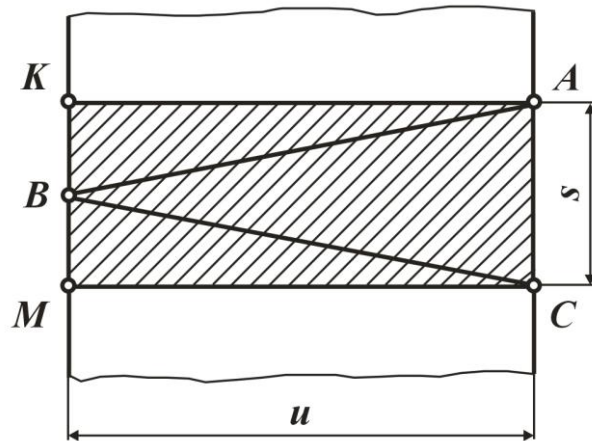


Рис. 4. Условная схема наплавки с траекторией движения электрода по наплавляемой поверхности

В первом приближении (при $v_1 \ll v_2$, что соответствует реальным условиям широкослойной наплавки) можно принять траекторию движения электрода относительно наплавляемой поверхности в виде ломаной линии, элементами которой являются отрезки \overline{AB} и \overline{BC} . Тогда количество двойных ходов горелки может быть представлено формулой

$$n_s = \frac{v_{HT} \cdot t}{|\overline{AB}| + |\overline{BC}|}, \quad (10)$$

где n_s – количество двойных ходов наплавочной горелки; v_{HT} – технологически необходимая скорость наплавки; t – время наплавки; $|\overline{AB}|, |\overline{BC}|$ – длины соответствующих элементов траектории движения электрода, составляющих двойной ход.

Из рис. 4 видно, что

$$|\overline{AB}| = |\overline{BC}| = \sqrt{u^2 + \frac{s^2}{4}}. \quad (11)$$

Таким образом уравнение (10) можно представить в виде:

$$n_s = \frac{v_{HT} \cdot t}{\sqrt{4 \cdot u^2 + s^2}}. \quad (12)$$

Дифференцируя это уравнение по dt , получим:

$$\frac{dn_s}{dt} = \frac{v_{HT}}{\sqrt{4 \cdot u^2 + s^2}}. \quad (13)$$

В этом случае дифференциал функции количества двойных ходов наплавочной горелки может быть представлен в виде:

$$dn_s = \frac{v_{HT} \cdot dt}{\sqrt{4 \cdot u^2 + s^2}}. \quad (14)$$

Здесь справедливым является уравнение

$$dn_s - \frac{v_{HT} \cdot dt}{\sqrt{4 \cdot u^2 + s^2}} = 0. \quad (15)$$

При условии применения в качестве наплавочного материала электродной проволоки, пусть за элементарно малый промежуток времени наплавки dt ее израсходованный объем будет составлять dV_{HP} . Тогда расход наплавочного материала будет описываться дифференциальным уравнением

$$dV_{HP} - 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot v_{HP} \cdot dt = 0, \quad (16)$$

где dV_{HP} – дифференциал функции объема проволоки, израсходованной на наплавку; d – диаметр электродной проволоки; v_{HP} – скорость подачи проволоки; dt – элементарно малый промежуток времени наплавки.

Следует учесть то положение, что при дуговой наплавке не весь объем подаваемого электродного материала переходит в объем наносимого металлопокрытия. Здесь имеет место разбрызгивание расплавленного металла, а также стекание с наплавляемой поверхности. Поэтому справедливым является выражение

$$dV - \eta \cdot dV_{\text{ПР}} = 0, \quad (17)$$

где η – коэффициент эффективности наплавки.

Выражения (8), (9) и (15) являются дифференциальными уравнениями первого порядка в полных дифференциалах. Решая эти три уравнения совместно относительно dV , получим:

$$dV = u \cdot s \cdot h \cdot \frac{v_{\text{HT}} \cdot dt}{\sqrt{4 \cdot u^2 + s^2}}. \quad (18)$$

Выражения (16) и (17) также являются дифференциальными уравнениями в полных дифференциалах. Их совместное решение относительно dV имеет вид:

$$dV = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \eta \cdot v_{\text{ПР}} \cdot dt. \quad (19)$$

Приравняв правые части уравнений (18) и (19) и выражая из полученного равенства толщину наплавленного слоя, будем иметь зависимость:

$$h = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v_{\text{ПР}} \cdot \sqrt{4 \cdot u^2 + s^2}}{4 \cdot u \cdot s \cdot v_{\text{HT}}} \cdot \eta. \quad (20)$$

Вывод формулы (20), основанный на анализе дифференциальных уравнений, позволил определить выражение для h в общем виде вне зависимости от того, являются ли основные входящие в него параметры стационарными, либо они нестационарные.

Для обеспечения технологически необходимой скорости наплавки должно соблюдаться условие:

$$v_{\text{HT}} \approx \tilde{v}_H. \quad (21)$$

В частности, при использовании кривошипно-шатунного механизма привода наплавочной горелки для осуществления ее возвратно-поступательного движения, принимая скорость наплавки v_H из формулы (7) равной технологически необходимой скорости наплавки v_{HT} в выражении (20), можно аналитически определить толщину наносимого металлопокрытия в любой точке образующей по всей ширине наплавляемой поверхности. Все это позволяет учесть величины эксплуатационного износа и припуски на последующие после наплавки операции термической и механической обработки восстанавливаемой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов А.С. Анализ эксплуатационных дефектов коленчатого вала двигателя КамАЗ-740 / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, Б.Ф. Тугушев, Е.Ю. Горшенина, А.А. Видинеев // Ремонт, восстановление, модернизация. 2010. № 6. С. 30-38.
2. Колчин А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1980. 400 с.
3. Автомобильные и тракторные двигатели. Ч. II. Конструкция и расчет двигателей / Под ред. И.М. Ленина. М.: Высшая школа. 1976. 280 с.

Денисов Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander S. Denisov – Dr. Sc., Professor, Head of the Department «Automobiles and automotive enterprise»
Gagarin Saratov State Technical University

Тугушев Борис Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Boris F. Tugushev – Ph. D., Associate Professor of the Department «Automobiles and automotive enterprise»
Gagarin Saratov State Technical University

Горшенина Екатерина Юрьевна –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Автомобили и автомобильное хозяйство» Сара-
товского государственного технического универ-
ситета имени Гагарина Ю.А.

Ekaterina Yu. Gorshenina –
Ph. D., Associate
Professor of the Department «Automobiles
and automotive enterprise»
Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.787:621.7.06

В.М. Сорокин, А.В. Михеев, Н.М. Тудакова

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Приводятся результаты теоретико-экспериментальных исследований комбинированной обработки поверхностей трения изделий, совмещающей операции технологического процесса для обеспечения качества и производительности.

Технологический процесс, комбинированная обработка, совмещение операций, теоретико-экспериментальные исследования, качество, производительность обработки

V.M. Sorokin, A.V. Mischeev, N.M. Tudakova

IMPROVING THE QUALITY AND PERFORMANCE OF THE PRODUCT PROCESSING WHEN COMBINING THE OPERATIONS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS

There are presented of the results theoretic-experimental researche combination working surfaces of friction quality and productivity details at concidence operating the technological processing for providing quality and productivity.

The technological processing, combination treatment, concidence working, of discover-ies, to quality, productivity

Основной задачей технологии металлообрабатывающего производства является изготовление деталей с наименьшими затратами, наибольшей производительностью и качеством поверхности и поверхностного слоя. При этом качество должно удовлетворять условиям эксплуатации [1, 2]. Детали машин, как правило, с заданными чертежом размерами и необходимыми характеристиками качества поверхности: шероховатости (R_a , R_z , t_p и др.) твердости (HV, σ_b) получают резанием, поверхностным пластическим деформированием (ППД). Однако, для обеспечения требуемых характеристик микрорельефа, физико-механических свойств, а также снижения трудозатрат, повышения производительности целесообразно применять способы совмещенной комбинированной обработки (СКО) с использованием операций резания, ППД, нанесения антифрикционных и износостойких покрытий и др., когда элементарные технологические воздействия на объект обработки совмещаются во времени и (или) пространстве.

С этой целью нами разработан, апробирован и запатентован новый процесс СКО и комбинированный инструмент (КИ) (пат. 122055, бюл. 32, [3]), в основу которых положены принципы механо-физико-химического воздействия на обрабатываемую поверхность заготовки. В результате, по сравнению с ранее известными КИ, например, по а.с. 1252146, бюл. 31, обработка предлагаемым КИ позволяет значительно повысить качество обрабатываемой поверхности, ее триботехнологические характеристики, стойкость режущего и деформирующего элементов, производительность обработки. Это достигается за счет одновременной подачи в зоны обработки резцом и деформирующим элементом (вибрирующим шариком) под давлением напорных струй технологических жидкостей (СОЖ и РАС – раствора антифрикционной смеси).

Описание конструкции и принципы работы данного КИ приведены в работах [3, 4]. Здесь рассматриваются результаты теоретико-экспериментального исследования, касающиеся процесса СКО резанием (Р), поверхностным пластическим деформированием (ПД) и воздействием напорных струй технологических жидкостей (НСТЖ) – СОЖ и РАС на зоны контактов резца и шарика с поверхностью заготовки (СПКО-Р-ПД-НСТЖ). При такой совмещенной обработке обеспечиваются более благоприятные условия для процессов резания металла и пластического деформирования за счет подачи под заданным давлением НСТЖ, в частности снижение усилий резания и ПД.

По результатам исследования разработана обобщенная физико-математическая модель процесса обработки, включающая ниже следующие математические зависимости, которые позволяют рассчитать параметры и режимы СПКО-Р-ПД-НСТЖ.

$$q_{\Sigma p} = q_{1p} + q_{2\text{СОЖ}}, \quad q_{\Sigma ш} = q_{1ш} + q_{2\text{РАС}} \quad (1)$$

$$q_{2\text{СОЖ (РАС)}} = K_1 \rho_{ж} C_{ж} v_{\Sigma\text{ТЖ}}, \quad v_{\Sigma\text{ТЖ}} = \frac{0,85 K_T \sigma_B}{\rho_{ж} C_{ж} \sin \alpha} \quad (2)$$

$$q_{\Sigma p} = q_{1p} + q_{2\text{СОЖ}} \geq 0,85 K_{T_1} \sigma_B, \quad q_{\Sigma ш} = q_{1ш} + q_{2\text{РАС}} \geq 0,85 K_{T_2} \sigma_B \quad (3)$$

$$v_{\Sigma\text{ТЖ}} = \sqrt{C_{\ell} v_{ж} \sin \alpha} + v_d^2 + v_s^2, \quad (4)$$

$$n = \frac{120 K_{II} K_c d_{дд} v_H}{v_s C_{ж}} \sqrt{1 - \frac{v_H^2}{C_{ж}}}, \quad d_{дд} = K_c d_c \frac{v_H}{C_{ж}} \sqrt{1 - \frac{v_H^2}{C_{ж}}}, \quad (5)$$

$$f_c = \frac{Q}{K_p \sqrt{\frac{2 \Delta p q}{\rho_{ж}}}}, \quad \Delta p = \frac{0,1 \rho_{ж} v_{ж}^2}{g}, \quad (6)$$

$$P_{рез} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}, \quad P_y = P_z \operatorname{tg}(\eta + \varphi), \quad P_z = \sigma_a St(K_e, +1) \quad (7)$$

$$M = C_M \times P_x \times P_z = C_M \times S^{0,7} \times t \quad (8)$$

$$q_{1p} = \sigma_B \left(K_e + 1 \right) \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\eta + \varphi)}, \quad q_{2ш} = \pi R_{ш}^2 HV \varepsilon C_K \frac{1}{S_0}, \quad \varepsilon = \frac{h}{R_{ш}} \quad (9)$$

$$q_o = 4,65 \left(\frac{3\sigma_B}{1-2\mu} \right)^3 \frac{C_m \beta_o}{S_{\phi}}, \quad \beta_o = \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \quad (10)$$

где $q_{\Sigma p}$ – удельное суммарное давление от действия сил резания и струи ТЖ (СОЖ), МПа; $q_{\Sigma ш}$ – удельное суммарное давление от действия сил вибронакатывания и струи ТЖ (РАС), МПа; q_{1p} и $q_{1ш}$ – удельные давления, создаваемые в зонах обработки резцом и шариком, соответственно, МПа; $q_{2\text{СОЖ}}$ и $q_{2\text{РАС}}$ – удельные давления, (нагрузка), создаваемые в зонах обработки от действия напорных струй СОЖ и РАС, соответственно, МПа; K_1 – коэффициент, учитывающий свойства ТЖ

(СОЖ или РАС); $\rho_{ж}$ – плотность ТЖ, кгс/м³; $C_{ж}$ – скорость звука в ТЖ, м/с; $v_{\Sigma ТЖ}$ – суммарная скорость воздействия струй ТЖ на обрабатываемую поверхность, м/с; K_T – коэффициент, учитывающий изменения условий обработки и свойства ТЖ; σ_b – предел прочности обрабатываемого материала, МПа; α – угол наклона струи ТЖ.

$K_{T1(2)}$ – коэффициенты, учитывающие изменение термодинамического состояния поверхности в результате обработки соответствующей струей ТЖ вращающейся детали с учетом условий поперечного растекания, а также свойств ТЖ; C_ℓ – коэффициент потерь скорости ТЖ, учитывающий расстояние от сопла до поверхности обрабатываемой детали ($C_\ell = 0,7-0,9$); $v_{ж}$ – скорость ТЖ на выходе из сопла, м/с; v_d – скорость вращения детали, м/с; v_s – скорость подачи комбинированного инструмента, м/с. n – Частота действия струй ТЖ; K_n – коэффициент перекрытия зон обработки; K_c – эмпирический коэффициент, учитывающий отличие размера контактной зоны обработки от условного диаметра струи ТЖ ($K_c = 1,2-3$); v_n – скорость с учетом наклона струи $v_n = v_{ж} \sin \alpha$, м/с; $d_{дд}$ – диаметр действия давлений от ТЖ; d_c – диаметр сжатой струи можно принять равным условному диаметру сечения сопла d_y .

Q – расход ТЖ через отверстие d_y ; Δp – перепад давления, кгс/м²; g – ускорение силы тяжести, м/сек²; K_p – коэффициент расхода ТЖ ($K_p = 0,62-0,625$), г/л.

P_y, P_z, P_x – составляющие силы резания, Н; K_e и C_m – коэффициенты пропорциональности; M – момент от сил резания, Н·м;

$R_{ш}$ – диаметр шарика, мм; S_0, S_ϕ – площадь отпечатка шарика номинальная и фактическая, мм²; h – глубина вдавливания шарика при вибронакатывании, мм; C_k – коэффициент учитывающий вибрацию шарика ($C_k = 0,6-0,8$).

E_1, E_2 – модули упругости первого рода заготовки и шарика; q_0 – удельное давление при минимальной нагрузки на шарик, МПа; μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона заготовки и шарика.

Анализ формул обобщенной физико-математической модели показывает, что эффективность и качество процесса СКО с воздействием напорных струй ТЖ зависят от конструктивно-технологических параметров процесса, условий обработки, геометрических параметров КИ и физико-механических характеристик контактирующих тел. Для оценки влияния ТЖ необходимо проводить эксперименты по определению зависимости интенсивности воздействия напорных струй на процесс перехода металла из упругого состояния в упругопластическое. Эксперимент позволяет определить влияние на процессы резания и упрочения инструментом воздействия напорных струй ТЖ, а так же без них.

Использование предложенных математических зависимостей для заданных технологических условий обработки Р-ПД-НСТЖ позволяет определить основные конструктивно-технологические параметры процесса и комбинированного инструмента ($P_{1ш}, q_{ср}, R_{ш}, V_\Sigma, d_{сг}, f_c$ и др). Например, задаваясь $\varepsilon = h/R_{ш} \approx 0,0001-0,0003$, параметрами канавки РМР глубиной 2-5 мкм, шириной 0,2-0,3 мм определяют величины $R_{ш} = 2-3$ мм; $P_{ш} = 50-150$ Н, $\Delta_p = (15-25) \cdot 10^5$ Па; $V_d = 130-160$ м/мин; $V_\Sigma = 600-900$ м/мин.

Для оценки эффективности данной обработки проводили комплекс исследований на цилиндрических образцах-валах с наружным диаметром 30-60 мм; 80-100 мм, длиной 600-700 мм из сталей 45, 40, 30ХГСА, получивших распространение при изготовлении штоков различных пневмо- и гидроагрегатов. Обработку проводили на металлорежущем станке мод. 1А616 при следующих условиях и режимах, полученных расчетно-экспериментальным путем, исходная точность заготовки – 10-11 квалитет, чашечный резец $\varnothing 60$ мм с режущим элементом из материала Т15К6, деформирующий элемент – шарик диаметром 5-6 мм (ШХ15, HRC 60), скорость вращения заготовки 130-160 м/мин, осевая подача инструмента 0,08-0,15 мм/об, усилие деформирования 50-150 Н, амплитуда колебаний шарика 1-1,5 мм, глубина резания 1,5-2 мм, фаска на торце заготовки,

выполненная предварительно высотой 4 мм, статический натяг деформирования 1,5-2 мм, площадь сечения сопла 1-1,5мм²; $V_{\Sigma} = 10 - 20$ м/с, СОЖ - эмульсия под давлением (15-20)·10⁵ Па, раствор антифрикционной смеси – состав масс %: медь хлорная – 10, олово двуххлористое – 3-4, стеариновая кислота – 0,5, уксусная кислота – 8-10, мочевины (карбамид) – 1, дисульфид молибдена – 4, вода – 10, глицерин (динамитный) – остальное, давление подачи РАС – 20-25·10⁵ Па.

В результате исследований, после такого комплексного воздействия на заготовку, выявлено, что при совмещенной обработке Р-ПД-НСТЖ на указанных выше режимах обеспечивается устойчивое резание и упрочнение вибронакатыванием металла, сплошное равномерное покрытие пленкой толщиной до 1,5 мкм на микровыступах неровностей обработанной поверхности с шероховатостью после обработки резцом $0,6 < R_a < 5$ мкм. В зависимости от режима обработки и исходной шероховатости происходит изменение (улучшение) в сравнении с обработкой без РАС параметров качества поверхностного слоя: по критериям R_a с 0,63-0,45 до 0,3-0,16 мкм; S_m с 0,3-0,6 до 1 мм; $t_{p=50\%}$ с 38-40% до 32%; радиуса скругления вершин r_1 и впадин r_2 микронеровностей соответственно r_1 с 0,8-1,2 до 2 мм и r_2 с 1,4-1,7 до 2,5-3 мм. Таким образом, на поверхности формируется более пологий микрорельеф с особой вытянутой текстурой покрытия и тончайшего слоя металла основы толщиной до 1,5 мкм. Это происходит за счет благоприятного действия РАС, обеспечивающей смазку при пластическом деформировании шариком металлов покрытия и основы. При этом микротвердость покрытия повышается на 30-40%, а металла основы на 15-20%. В поверхностном слое образуются остаточные напряжения сжатия величиной до 700 МПа, переходящие в растягивающие на глубине 0,2 мм. Точность при совмещенной обработке Р-ПД-НСТЖ повышается с 11-10 квалитета после резания до 9-8 квалитета после традиционного вибронакатывания и 8-7 квалитета с подачей СОЖ и РАС под давлением (15- 20)·10⁵ МПа. Производительность увеличивается в 2-3 раза за счет совмещения операций обработки.

Изменения параметров качества поверхностного слоя приводят к значительному уменьшению контактного давления между деталями и коэффициентов трения, что резко снижает вероятность задиоров рабочей поверхности и теоретически (в некоторых случаях практически) исключает изнашивание основных металлов трущихся деталей. Для подтверждения указанного, проводились сравнительные испытания на специальных установках типа 77МТ, СМЦ-2. Результаты испытаний приведены в таблице.

Результаты сравнительных испытаний образцов

Показатели качества обработки	Обработка КИ, СОЖ поливом (без давления)	Обработка КИ с подачей СОЖ и РАС под давлением $\approx 20-25 \cdot 10^5$ Па
Износ обработанной поверхности, МГ, в условиях ($P_{нар}=6$ МПа, $t=104$ ч, $v=800$ мин ⁻¹)	116,7	38,4
Интенсивность износа $J_{ir} 10^5$, мг/м	4,8-5,2	1,74-1,81
Коэффициент трения	0,11-0,12	0,065-0,07
Задиростойкость, сек	71-73	172-225
Коррозионная стойкость в условиях влажного воздуха и морской воды, в %	100	350-450
Стойкость резца, мин	36	65

Таким образом, выше указанные результаты исследования и данные таблицы свидетельствуют, что новый совмещенный способ Р-ПД-НСТЖ (патент №122055), [3] обеспечивает более высокие показатели качества поверхностного слоя и точности обработки, стойкости резца (шара), износо- и задиростойкости и др. по сравнению с обработкой данным КИ в обычных традиционных условиях, когда СОЖ в зону обработки резцом подавали способом полива (без давления), а в зону обработки шариком РАС не подавали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качество машин: Справочник в 2 т. Т 2 / А.Г. Суслов, Ю.В. Гуляев, А.М. Дальский и др. М.:Машиностроение,1995.- 430с.
2. Сорокин В.М., Комбинированная антифрикционно-упрочняющая обработка деталей машин. Горький: Всесоюз. совет науч.-техн. обществ. 1985.-91с.

3. Сорокин В.М., Тудакова Н.М., Михеев А.В. и др. Многофункциональное устройство для режущо-деформирующей обработки с нанесением антифрикционных покрытий. / Вопросы вибрационной технологии. Межвуз. сб. науч. статей. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2012.-с.116-119.

4. Сорокин В.М., Иванов В.В., Колпаков А.В., и др. Устройство для комплексной обработки трущихся поверхностей валов. / Инновационные технологии в машиностроении: проблемы, задачи, решения. Сб. науч. трудов. Орск: Изд. ОГТИ (филиал) ОГУ. 2012.-с.117-120.

Сорокин Виталий Матвеевич –
доктор технических наук, профессор кафедры
«Надежность и ремонт машин» Нижегородской
государственной сельскохозяйственной акаде-
мии.

Vitaliy M. Sorokin –
Dr., professor of Department «Reliability and
maintenance of machinery» Nizhny Novgorod state
agricultural academy

Михеев Александр Владимирович –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технология машиностроения» Нижегородского
государственного технического университета.

Alexander V. Mischeev –
Ph.D., associate professor, Department «Technology
machin» Nizhny Novgorod state Technical
University.

Тудакова Нина Михайловна –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Технология машиностроения Нижегородского
государственного технического университета

Nina M. Tudakova –
Ph.D., associate professor, Department «Technology
machin» Nizhny Novgorod state Technical
University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.436

Д.В. Синчурин, С.П. Косырев

МЕТОД СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ЦИЛИНДРОВОЙ ВТУЛКЕ В УСЛОВИЯХ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Применение гидродробеструйной обработки в условиях виброударного нагружения в местах концентрации напряжений является актуальным решением задачи повышения эксплуатационной надежности цилиндровых втулок современных дизелей, т.к. стоимость замены этих деталей при выходе из строя на порядок выше себестоимости самой цилиндрической втулки.

Усталостные разрушения, галтель, гидродробеструйная обработка, остаточные напряжения

D. V. Sinchurin, S. P. Kosyrev

METHOD OF DECREASE IN CONCENTRATION OF TENSION IN THE CYLINDER PLUG IN THE CONDITIONS OF SUPERFICIAL PLASTIC DEFORMATION

Application of gidrodrobestruyny processing in the conditions of vibroshock loading in places of concentration of tension is the actual solution of a problem of increase of operational reliability of cylinder plugs of modern diesels, since the cost of replacement of these details at failure 10 times more prime cost of the most cylinder plug.

Fatigue failures, galtel, gidrodrobestruyny processing, residual tension

При динамическом знакопеременном нагружении цилиндровых втулок современных дизелей возникает необходимость обеспечения усталостной прочности за счет нейтрализации концентрации напряжений, применения высокопрочных материалов, снижения действующих динамических на-

пряжений, увеличения размеров сечений. Развитие других направлений увеличения сопротивления усталости, связанных с прогрессивными безотходными и высокоэффективными методами упрочнения только тех мест концентрации, где усталостное разрушение наиболее вероятно приобретает большее значение в этих условиях.

Зарождение усталостной трещины наблюдается в галтельном радиусе перехода опорного фланца в образующую стенку втулки в зоне наименьшего сечения, как показывает анализ усталостных разрушений цилиндрических втулок высокофорсированных дизелей. Высокий уровень рабочих динамических напряжений и наличия их концентрации с высоким градиентом приводит к вышесказанной закономерности трещинообразования. Применение поверхностного пластического деформирования для снижения концентрации напряжений и повышения несущей способности галтельной зоны цилиндрической втулки является упрочнение радиусного перехода опорного фланца во втулку гидродробеструйной обработкой, позволяющей регулировать свойства поверхностного слоя формированием в нем остаточных напряжений [1].

При действии знакопеременных нагрузок основное значение приобретает не характер распределения остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя детали, а величина и знак напряжений на поверхности [2]. Решающее значение на служебные свойства гидроупрочненной цилиндрической втулки оказывают направленные вдоль втулки осевые остаточные напряжения сжатия, проявление которых совпадает с развивающимися рабочими динамическими напряжениями. Безотходная технология изготовления цилиндрических втулок требует исследование влияния остаточных напряжений на несущую способность упрочненных цилиндрических втулок и предусматривает компенсацию разупрочняющего влияния обезуглероженного слоя гидродробеструйной обработкой. Отсутствие обобщенных публикаций по проблеме повышения сопротивления усталости цилиндрических втулок дифференцированной гидродробеструйной обработкой приводит к снижению развития работ в этой области и их практическому применению.

Для комплексной оценки изменения физико-механического состояния поверхностного слоя в зоне концентрации напряжений на радиусе галтельной зоны цилиндрической втулки при гидродробеструйной обработке использовали контрольные пластины как образцы - свидетели, изготовленные в масштабе 5:1 из материала упрочняемой детали, полагая при этом, что статистическая стрела прогиба является мерой интенсивности и стабильности процесса гидродробеструйной обработки упрочняемой конструкции [1]. Так как остаточные напряжения сжатия искажают форму галтельного радиусного перехода, целесообразен новый подход к оценке остаточных напряжений в условиях виброударного нагружения при гидродробеструйной обработке.

Схема экспериментального определения остаточных напряжений в отдельной полоске галтельной зоны (рис.1) содержит жестко закрепленный поверхностный элемент радиусом R , впадина которого односторонне обрабатывается виброударно шарами из сопла 2 в камере гидродробеструйной электрической установки (ГДЭУ-5).

На противоположной стороне поверхностного элемента наклеиваются рабочие R_1 и R_2 компенсационные тензодатчики, причем, тензодатчик R_2 устанавливается на плоском участке элемента в непосредственной близости от тензодатчика R_1 наклеенного в скругленной зоне. Такая схема установки позволяет исследовать напряженное состояние как плоского, так и скругленного участков галтельной зоны, исключить таким образом погрешности, связанные с изменением напряженного состояния на концах образца (краевой эффект) [1].

Изготовление плоских образцов велось шлифовальным кругом с малой подачей на чистовых режимах при обильном охлаждении. Остаточные напряжения в вырезанной пластине определялись по методу Н.Н. Давиденкова.

На начальные и остаточные напряжения в поверхностном слое цилиндрической втулке влияют следующие особенности гидродробеструйной обработки.

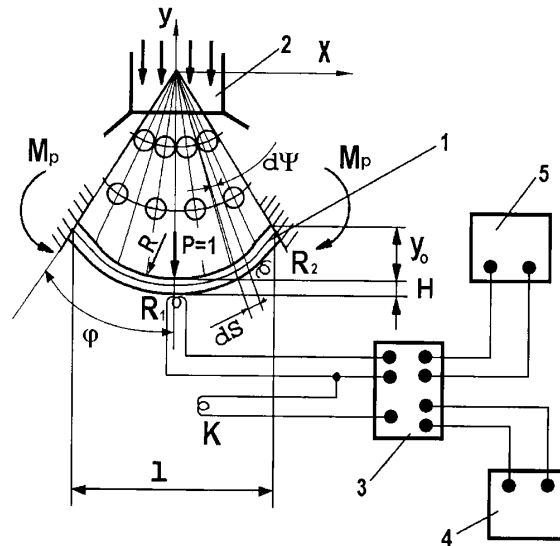


Рис. 1. Схема исследования остаточных напряжений в галтельной зоне и на плоском участке образца - свидетеля при гидродробеструйной обработке: R1 - R2 - рабочие тензодатчики; K - компенсационный тензодатчик; H - толщина пластины; 1 - образец-свидетель; 2 - сопло ГДЭУ-5; 3 - усилитель тензостанции 8АНЧ-ТМ; 4 - осциллограф Н-115; 5 - блок питания

Для всех вариантов упрочнения шариками диаметрами 1,6, 2 и 3 мм в поверхностном слое детали формируется начальное остаточное напряжение (рис.2). С увеличением диаметра шариков с 1,6 до 3 мм уменьшается удельная энергия удара, что снижает максимальные начальные остаточные напряжения с 600 МПа до 350 МПа, увеличивает глубину их проникновения. Уменьшение же диаметра шариков увеличивает максимальные значения остаточных напряжений сжатия и снижает глубину их залегания в упрочненном слое. Таким образом, для увеличения глубины упрочненного слоя сжимающими остаточными напряжениями необходимо увеличить диаметр шариков, а для увеличения уровня начальных остаточных напряжений целесообразно его уменьшать.

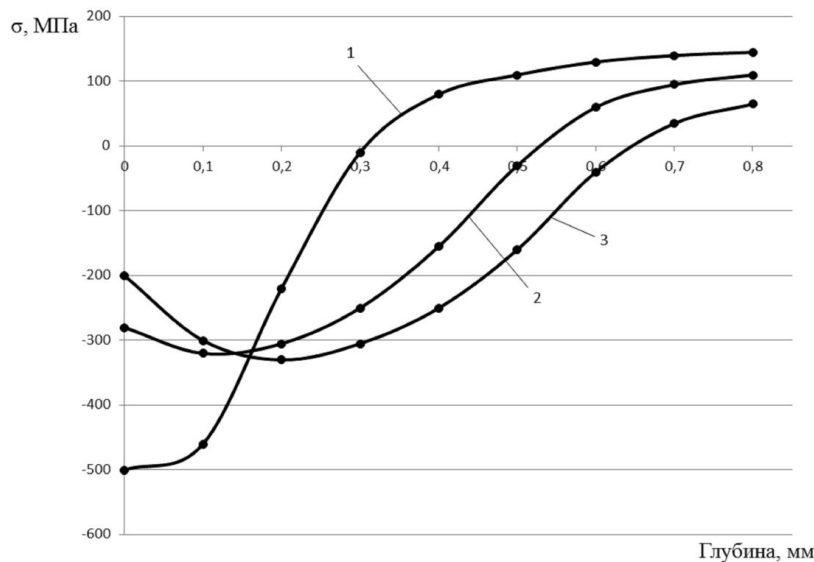


Рис. 2. Влияние диаметра шариков на начальные остаточные напряжения после гидродробеструйной обработки: 1 - Ø1,6 мм; 2- Ø2,0 мм; 3 - Ø3,0 мм

Полученные данные дают основания утверждать, что глубина проникновения начальных остаточных напряжений определяется энергетическими возможностями установки ГДЭУ-5, ее производительностью и кинетикой удара шариков.

Как пример, на рис. 3 представлены осциллограммы динамических напряжений в зоне их концентрации и на плоском участке.

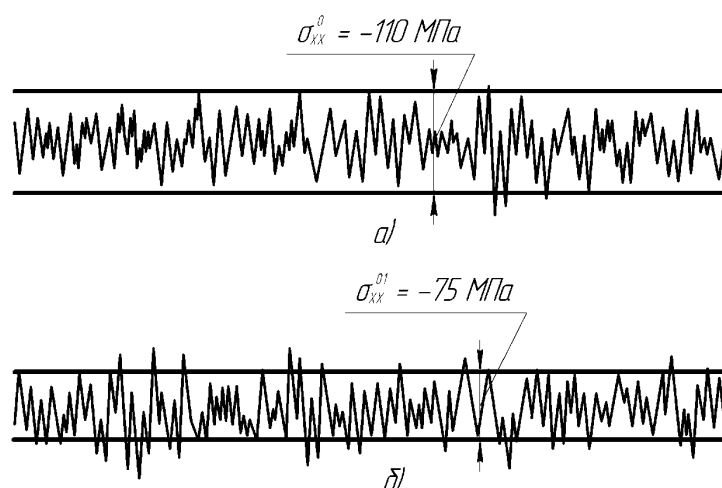


Рис. 3. Осциллограммы динамических напряжений в зоне их концентрации и на плоском участке поверхностного элемента в процессе гидродробеструйной обработки:
а) в зоне концентрации; б) на плоском участке

В процессе исследований установлено: остаточные напряжения сжатия в радиусном сопряжении деталей при гидродробеструйной обработке создают такую же концентрацию напряжений, как и рабочие динамические напряжения от внешнего знакопеременного нагружения. Гидродробеструйным упрочнением галтельной зоны цилиндровой втулки удается нейтрализовать концентрацию напряжений $\alpha_\sigma = 2,73$ до $\alpha_\sigma = 1,5$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косырев С.П., Кудашева И.О., Марьина Н. Л. Концентрация остаточных напряжений в коленчатом вале форсированного дизеля в условиях поверхностного пластического деформирования. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2011. № 5. С. 35 – 38.
2. Подзей А.В. Технологические остаточные напряжения. М.: Машиностроение, 1973. С.156.

Косырев Сергей Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и автоматизация машиностроения» Балаковского института техники, технологии и управления Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.

Sergey P. Kosyrev – Doctor of Engineering, the professor of «Technology and mechanical engineering automation» Balakovskiy institute of technics, technology and management Gagarin Saratov State Technical University

Синчурин Денис Васильевич – аспирант, ассистент кафедры «Технология и автоматизация машиностроения» Балаковского института техники, технологии и управления Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.

Denis V. Sinchurin – post-graduate student, the assistant to chair «Technology and mechanical engineering automation» Balakovskiy institute of technics, technology and management Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.791.75:669.146; 621.951.45-45.001.63

В.В. Погораздов, В.О. Горбачёв

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МЕЖЗУБЦОВОЙ ВПАДИНЫ КОНИЧЕСКОГО КОЛЕСА ПО СХЕМЕ РИВАСАЙКЛ

Показано строго численное решение задачи формообразования дисковой протяжкой поверхности межзубцовой впадины конического прямозубого колеса. Решение найдено на основе вычислительных и графических средств системы MathCad.

Коническое прямозубое колесо, дисковая протяжка, чистовые резцы, координатная модель, кулак продольной подачи, схема резания, числовой массив, сортировка матрицы, поперечное сечение впадины

V.V. Pogorazdov, V.O. Gorbachev

SIMULATION OF THE FORMATION OF THE SURFACE OF THE CAVITY UNDER THE SCHEME RIVASAYKL

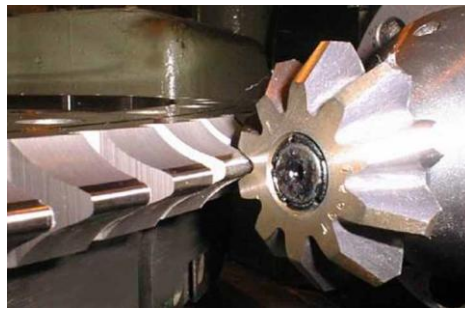
It is shown strictly numerical solution of a problem of forming disk installation of the surface of a hollow cone straight-toothed wheels. A solution is found on the basis of computing and graphics system tools MathCad.

Conical wheel, disk drive mode finishing cutters, coordinate model, a longitudinal feed, cutting scheme, a numeric array, sorting of the matrix cross-section of depression

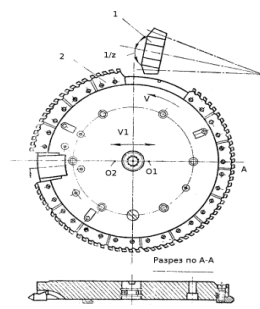
Наиболее производительным методом механической обработки конических прямозубых колёс в настоящее время, безусловно, является метод кругового протягивания (Rivacykle), разработанный выдающимся американским инженером Э. Вильдгабером во время второй мировой войны и приравненный по значению к изобретению в то же время пенициллина и «фаустпатрона». Он нашёл широкое применение (Рис.1а) в сверх массовом производстве шестерён приближённого зацепления для дифференциальных механизмов автомобилей и других механизмов сельхозмашин.



а – станок Глисон 726



б – процесс обработки



в - протяжка

Рис. 1. Станок и инструмент для кругового протягивания

Центральное место в данной технологии принадлежит инструменту (Рис.1в), весьма дорогому и сложному в расчёте, алгоритм которого американцы хранили в строгом секрете. Раскрыть секрет метода, разработать полноценную теорию и создать эквивалентное оборудование удалось лишь благодаря коллективным усилиям отечественных учёных (Г.И. Шевелева, В.Г. Новиков, Ф.Л. Литвин, М.Г. Сегаль, Б.Д. Зотов, Л.З. Ганопольский, И.Т. Коротков,) и практиков (А.М. Бадаев, К.И. Байков, С.Н. Калашников, С. Штейнер, Б. Вардашкин, Ю.А. Синичкин, Г. Левашов, Л.К. Семёнов и др.).¹ В результате чего потребности автотракторных предприятий страны в данной технологии были удовлетворены в полной мере уже в 70-х годах прошлого века.

В настоящее время метод кругового протягивания сохраняет свою привлекательность у специалистов и продолжает использоваться, к сожалению, без «местной» теоретической и инструментальной поддержки. Поэтому авторы данной статьи решили ещё раз обратить внимание на один из важных аспектов теории проектирования дисковых круговых протяжек, связанного с численным моделированием схемы резания и формообразования поверхности межзубцовой впадины нарезаемого зуба, и решить его на основе авторского алгоритма и современной вычислительной техники с её вычислительными и графическими возможностями.

Опишем сначала профилирующие боковые кромки чистовых резцов протяжки с учетом их геометрии и схемы формообразования, приняв во внимание координатную модель (рис.2а).

¹ Лица, внесшие наибольший вклад в решение проблемы зубопроотягивания в России

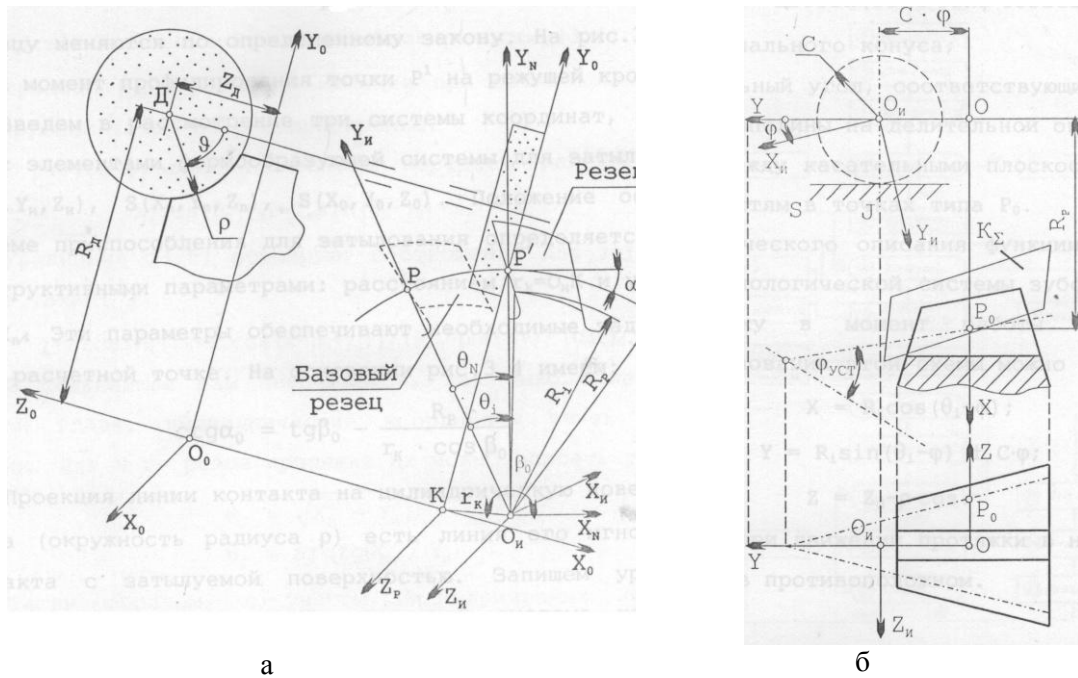


Рис. 2. Модель круговой протяжки и его относительного движения

Один из чистовых резцов протяжки принимается за базовый с расчетной точкой на боковой кромке P, лежащей на радиусе R_п и плоской передней грани, касательной к воображаемому цилиндру с радиусом, равным

$$r_0 = R_p \cdot \sin \gamma_0, \quad (1)$$

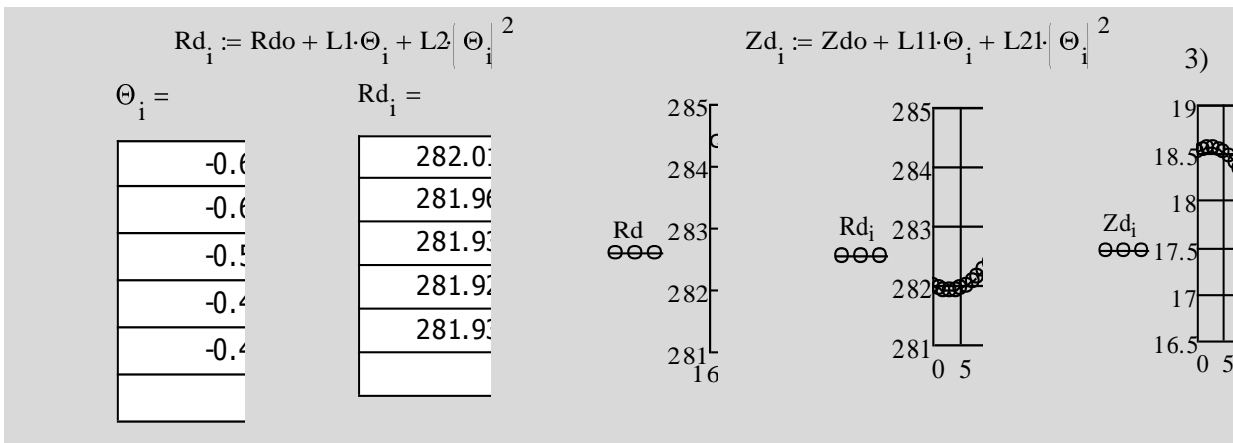
где γ_0 - положительный передний угол на в расчётной точке резца.

Обозначив рассматриваемый резец протяжки номером N (базовый резец примем за нулевой), можно записать:

$$\Theta_n = q \cdot N, \quad (2)$$

где g - угловой шаг резцов протяжки.

Боковая задняя поверхность профилируется затылованием с помощью шлифовального круга радиуса ρ при повороте его вокруг оси K. Координаты установки круга R_d и Z_d от резца к резцу меняются по «законам» (3)²:



² Выражения (3) и радиус кривизны ρ – важнейшие параметры процесса в конкретном случае. Заливкой цветом здесь и далее в статье выделены места, взятые из листинга реализующей алгоритм программы.

Введем в рассмотрение три системы координат, связанные с элементами формообразующей системы для затылования: $S_n(X_n, Y_n, Z_n)$, $S(X_n, Y_n, Z_n)$, $S(X_0, Y_0, Z_0)$. Положение оси К в системе приспособления для затылования определяется двумя конструктивными параметрами: расстоянием $r_k = O_n K$ и углом $\beta = \angle KO_n X_n$. Эти параметры обеспечивают необходимые задние углы в расчетной точке. На основании рис.2а имеем:

$$\operatorname{ctg} \alpha_0 = \operatorname{tg} \beta_0 - \frac{R_p}{r_k \cdot \cos \beta_0}, \quad (4)$$

Проекция линии контакта на цилиндрическую поверхность круга (окружность радиуса ρ) есть линия его мгновенного контакта с затылуемой поверхностью. Запишем уравнения этой окружности в условно подвижной системе координат $S_0^1(X_0^1, Y_0^1, Z_0^1)$, отличающейся от S_0 поворотом вокруг оси Z_0 на некоторый угол χ . Они имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} X_0^1 &= 0; \\ Y_0^1 &= R_d - \rho \sin v; \\ Z_0^1 &= Z_d - \rho \cos v. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Уравнения боковой затылованной поверхности N-го резца запишем в системе S, связанной с протяжкой, переписав в нее уравнения (4), получим следующие выражения для координат:

$$\left. \begin{aligned} X_{II} &= (R_{dn} - \rho \sin v) \sin(\alpha_0 + \theta_n + \chi) - r_k \cos(\pi - \beta_0 + \theta_n); \\ Y_{II} &= (R_{dn} - \rho \sin v) \cos(\alpha_0 + \theta_n + \chi) + r_k \sin(\pi - \beta_0 + \theta_n); \\ Z_{II} &= Z_{dn} - \rho \cos v. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Криволинейными координатами поверхности (6) являются параметр χ , отражающий качание (блока или круга) при затыловании, и v , фиксирующий точку на дуговой режущей кромке шлифовального круга.

С учетом уравнения плоскости передней грани (7)

$$X_{II} \cdot \cos(\theta_n - \gamma_0) - Y_{II} \cdot \sin(\theta_n - \gamma_0) - r_0 = 0 \quad (7)$$

Уравнения (6) формируют соотношение для $\chi = \chi(v)$. Оно будет таким:

$$\chi = \arcsin[(r_0 + r_k \cos(\pi - \beta_0 + \gamma_0)] / (R_{dn} - \rho \cdot \sin v) - (\alpha_0 + \gamma_0) \quad (8)$$

В дальнейшем нам потребуются, цилиндрические координаты точек режущей кромки. Для N-го резца протяжки их можно описать так:

$$\left. \begin{aligned} R_i &= \sqrt{X_{II}^2 - Y_{II}^2}; \\ \theta_i &= \operatorname{arctg}(X_{II} / Y_{II}). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Таким образом, с учетом цилиндрических координат (9), уравнения режущей кромки запишутся в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} X_0^1 &= R_i \sin \theta_i; \\ Y_0^1 &= R_i \cos \theta_i; \\ Z_0^1 &= Z_d - \rho \cos v. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Круговая протяжка в процессе резания совершает сложно-плоское движение. Поступательное перемещение протяжки находится в строгом соответствии с углом ее поворота и определяется профилем кулака подачи.

Найдем поверхность резания для N-го резца протяжки. Для этого свяжем с обрабатываемым изделием (см. рис.2б) условно неподвижную систему координат нарезаемой впадины S (X, Y, Z).

Ось Y направим вдоль направления подачи, а ось X проведем в плоскости симметрии обрабатываемой впадины; при этом плоскость Y = 0 проходит через расчетную точку P₀ на боковой поверхности зуба. Ось Z системы S(X, Y, Z) совпадает с осью протяжки в момент профилирования расчетной точки P₀.

Для аналитического описания функции формообразования двухзвенной технологической системы зубопротяжного станка покажем протяжку в момент работы N-го резца (см. рис.2б). На основании этой схемы можно записать выражения для поверхностей резания i-го резца протяжки:

$$\begin{aligned} X &= R_i \times \cos(\theta_i - \phi); \\ Y &= R_i \times \sin(\theta_i - \phi) \pm C \times \phi \\ Z &= Z_d - \rho \times \cos(v) \end{aligned} \quad (11)$$

Независимыми параметрами поверхности (3.12) являются углы θ_i и ϕ , а величина R_i - функция от параметра θ_n . При $\phi = \text{const}$ уравнения (11) представляют кромку в одном из положений протяжки, а при $\theta_n, R_i = \text{const}$ - кривую, которую описывает точка режущей кромки в системе S изделия.

Зафиксировать точку кривой в контролируемом поперечном сечении впадины $Y = S = \text{Const}$ можно численным решением второго трансцендентного уравнения из (11) относительно переменной ϕ встроенной функцией системы **Mathcad** `root(f(i,j,φ), φ, -1, 1)` и построить её по координатам (X_{i,j}, Z_{i,j}) той же системы (11). Здесь $[-1 \leq \phi \leq 1]$ исходный диапазон неопределённости (в радианах) при поиске решения уравнения $f(i,j,φ)$.

Соответствующий фрагмент листинга программы приводится ниже:

```
f(i,j,φ) := ai,j · sin | εi,j - φ | + C · φ - S
Xi,j := Δ - ai,j · cos | εi,j - root(f(i,j,φ), φ, -1, 1) |
Yi,j := ai,j · sin | εi,j - root(f(i,j,φ), φ, -1, 1) | + C · root(f(i,j,φ), φ, -1, 1)
Zi,j := Zd - ρ · cos | vi,j |
```

Трансцендентное уравнение относительно φ
Выражения для координат схемы резания в плоскости Y = S

Реализация алгоритма и программы показана на рис.3. для примера сателлитной шестерни (m_е = 5мм.; z = 11мм.) дифференциала автомобиля ГАЗ-53 однопроходной протяжкой с параметрами: R_p = 270мм.; ρ = 17.72мм.; R_{d0} = 282.39мм.; Z_{d0} = 18.16мм.; L1 = 1.929; L2 = 1.987; L11 = -1.446; L22 = -1.335. Координата z в рассматриваемом примере изменялась в диапазоне [2 ≤ z ≤ 8] с дискретой 0.25мм. Параметр кулака продольной подачи дисковой протяжки C = 28.66. Масштаб для большей ясности изображения легко регулируется).

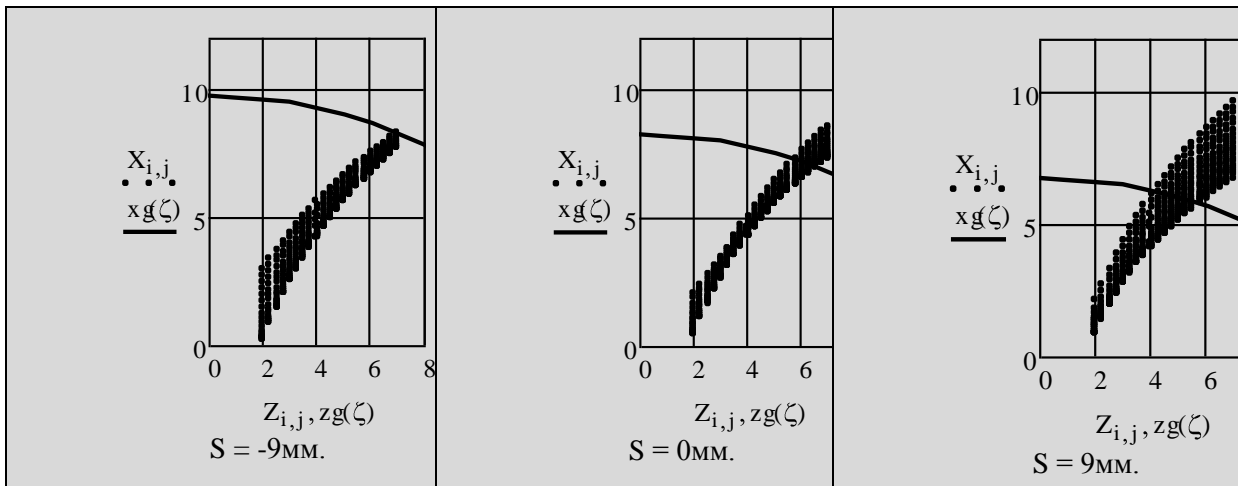


Рис. 3. Схемы резания в трёх поперечных сечениях впадины

Графические возможности **Mathcad** позволяют рассмотреть схему и в трёхмерном изображении, как показано на рис. 4.

Для строго численного анализа геометрической ситуации в каждом сечении впадины возникает потребность в генерации числового массива в виде матрицы X (рис.5) с числом строк, равным числу резцов и с числом столбцов, равным числу фиксированных значений координаты z в диапазоне её изменения.

Матрица с ячейками даёт ответ на главный вопрос моделирования, как реализуется процесс огибания ограниченным числом режущих кромок, нет ли значительных «срезов» и какова величина остаточных гребешков на обработанной поверхности. Для этого в матрице цветом отмечаются ячейки с минимальными значениями в столбцах с учётом номера соответствующего резца.

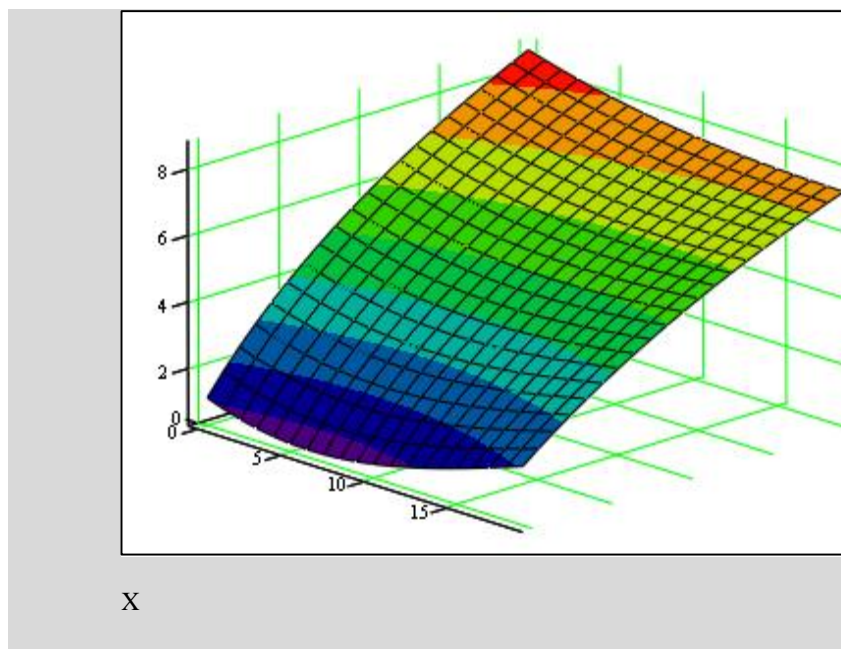


Рис. 4. Схема резания в среднем поперечном сечении межзубцовой впадины

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.118	1.766	2.354	2.893	3.393	3.86	4.298	4.711	5.101	5.472
1	0.933	1.588	2.18	2.723	3.226	3.695	4.136	4.55	4.943	5.315
2	0.782	1.439	2.033	2.578	3.082	3.552	3.993	4.409	4.802	5.175
3	0.665	1.321	1.914	2.458	2.961	3.431	3.871	4.286	4.679	5.051
4	0.581	1.232	1.822	2.363	2.864	3.331	3.77	4.183	4.574	4.945
5	0.53	1.173	1.756	2.292	2.789	3.252	3.688	4.098	4.487	4.855
6	0.511	1.142	1.716	2.245	2.736	3.194	3.625	4.032	4.417	4.782
7	0.521	1.138	1.701	2.221	2.704	3.156	3.581	3.983	4.363	4.725
8	0.558	1.159	1.71	2.218	2.693	3.137	3.555	3.951	4.326	4.683
9	0.62	1.203	1.739	2.236	2.7	3.136	3.546	3.935	4.304	4.655
10	0.703	1.268	1.789	2.273	2.725	3.151	3.553	3.934	4.296	4.641
11	0.807	1.352	1.856	2.326	2.767	3.182	3.575	3.948	4.302	4.64
12	0.928	1.452	1.939	2.395	2.823	3.228	3.611	3.974	4.321	4.652
13	1.063	1.567	2.037	2.478	2.893	3.286	3.658	4.013	4.351	4.674
14	1.21	1.694	2.147	2.572	2.974	3.355	3.717	4.062	4.391	4.706
15	1.368	1.832	2.267	2.677	3.066	3.435	3.786	4.121	4.44	...

Рис. 5/ Матрица для процесса формообразования межзубцовой поверхности (размеры матрицы в интересах публикации сокращены)

Сортировка столбцов матрицы выполняется программным блоком с использованием встроенной функции `csort(X,j)` системы **Mathcad**.

$i := 0..nr$ Цикл по резцам nr =20	$k := 0..2$ Цикл по кромке	$Y11_k :=$ for $j \in 0..20$ $A1 \leftarrow csort(X,j)$ $Y11_j \leftarrow A1_{0,j}$ $Y11_j$																														
	$z =$ <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>3</td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td></tr> </table>	0		1	2	2		3	2	4		5	3	6		7	3	8		9		$Y11 =$ <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0.891</td></tr> <tr><td>1.457</td></tr> <tr><td>1.962</td></tr> <tr><td>2.418</td></tr> <tr><td>2.831</td></tr> <tr><td>3.208</td></tr> <tr><td>3.553</td></tr> <tr><td>3.864</td></tr> <tr><td>4.146</td></tr> <tr><td>...</td></tr> </table>	0.891	1.457	1.962	2.418	2.831	3.208	3.553	3.864	4.146	...
0																																
1	2																															
2																																
3	2																															
4																																
5	3																															
6																																
7	3																															
8																																
9																																
0.891																																
1.457																																
1.962																																
2.418																																
2.831																																
3.208																																
3.553																																
3.864																																
4.146																																
...																																

После сортировки матрицы по массивам $Y11, z$ строится огибающая (не в дифференциальном смысле) к схеме резания, как полупрофиль обрабатываемой впадины, показанный на рисунке первой трассировкой в равных масштабах по координатным осям. Полупрофиля впадины вполне достаточно вследствие её симметричности.

Авторы будут считать свою задачу выполненной, если изложенные в статье результаты хоть в малой степени поспособствуют развитию теории зубопротягивания конических прямозубых колёс.

Погораздов Валерий Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование и компьютерное моделирование технологического оборудования в машино- и приборостроении» Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.

Pogorazdov Valery Vasilievitch – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department “Designing and Computer Modeling of Technological Equipment in Machine and Instrument Building” of the Saratov State Technical University of Gagarin Y.A.

Горбачёв Валерий Олегович – инженер, аспирант кафедры «Конструирование и компьютерное моделирование технологического оборудования в машино- и приборостроении» Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.

Gorbachev Valery Olegovich – engineer, graduate student, «Designing and Computer Modeling of Technological Equipment in Machine and Instrument Building» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

М.П. Лебедев, И.И. Ноев, П.П. Петров, М.Е. Габышев, К.В. Степанова, А.А. Борисов

ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Проведены структурные исследования в околошовной зоне низколегированных конструкционных сталей после лазерной обработки. Определено влияние технологических параметров лазерной обработки на структурные изменения исследованных сталей. Показаны факторы, влияющие на изменение механических свойств и прочностных характеристик материалов в зависимости от глубины проникновения лазерного излучения.

Лазерная обработка, фазовые превращения, микротвердость, зона термического влияния

M.P. Lebedev, I.I. Noev, P.P. Petrov, M.E. Gabyshev, K.V. Stepanova, A.A. Borisov

LASER TREATMENT OF A HEAT-AFFECTED ZONE AFTER ARC WELDING OF CONSTRUCTIONAL STEELS

The change of structure in a heat-affected zone of low-alloyed constructional steels after laser processing is considered. The influence of technological parameters of laser processing on structural changes of the investigated steels is determined. The factors influencing the change of mechanical properties and strength characteristics of materials depending on the depth of penetration of the laser radiation are shown.

Laser treatment; phase changes; microhardness; heat-affected zone

Введение

Лазерная обработка изделий является одним из распространенных методов улучшения физико-механических свойств материалов. Варьирование методов защиты шва, материала электрода, скорости обработки и мощности лазерного излучения с последующим оплавлением их с основой позволяет получить практически новый состав, отвечающий требованиям, предъявляемым к элементам конструкций, работающим в экстремальных условиях эксплуатации.

Изменение формирующихся структур и их фазовые превращения в том или ином материале чаще всего определяется тепловым воздействием проникающего лазерного излучения [1, 2].

Образование структурных изменений в околошовной зоне при лазерном сканировании зависит с одной стороны от элементного состава основного материала, а с другой от параметров лазерной обработки, таких как мощность лазерного излучения, скорость сканирования и положения фокуса над верхней поверхностью обрабатываемого изделия [3, 6, 7].

Выявление связи структурных изменений приповерхностных слоев основного материала с параметрами лазерного сканирования позволит прогнозировать изменения как прочностных характеристик тех или иных материалов, а также их сварных конструкций [4, 5].

Целью предложенной работы является экспериментальное исследование влияния лазерного отпуска в околошовной зоне для материалов используемых в экспериментальных условиях эксплуатации с помощью непрерывного СО₂-лазера и сопоставление результатов данной работы с расчетными оценками.

Методика выполнения исследований

В качестве экспериментальных материалов использованы пластины из низкоуглеродистой стали Ст. 3сп толщиной 5 мм после сварки дугой.

Расплавление участков поверхности в околошовной зоне осуществлялось непрерывным CO₂-лазером при одном режиме вводимой мощности: P=2 кВт, луч диаметром 1 мм сканировал со скоростью от 1 до 4 м/мин.

Металлографические исследования проводились на оптическом микроскопе МЕТАМ РВ 21 (Россия).

Микротвердость измерялась на приборе LECO LM 700 при нагрузке 0,1 Н.

Обсуждение результатов

При металлографических исследованиях лазерно-обработанной стали выделяется неоднородность структуры, проявляющаяся в образовании зон оплавления (ЗО) и зоны термического влияния (ЗТВ), формирующихся при нагреве основного металла за счет теплоотвода сфокусированного лазерного луча.

Структура основного металла феррито-перлитная, перлит пластинчатый (Рис.1). Величина зерна соответствует 8 баллам (средний диаметр зерна – 22 мкм) шкалы по ГОСТ 5639-82.

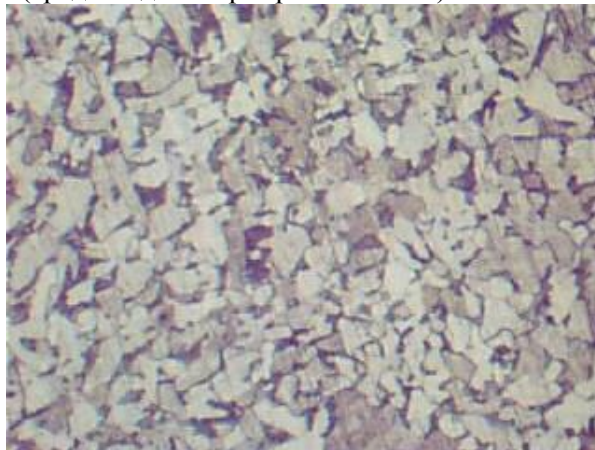
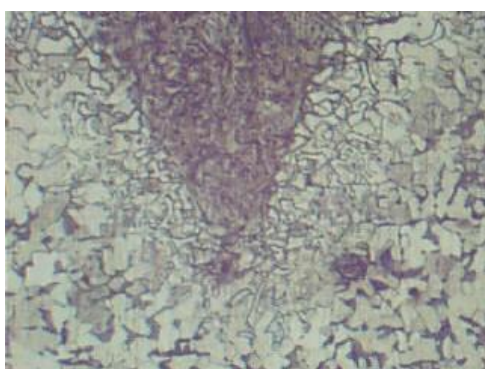


Рис.1. Структура основного металла и (Ст3). x500.

Место воздействия лазерного луча – клинообразное (кинжальное), с глубины расширяющееся кверху (Рис.2 а,б). Кинжальный характер проплавления объясняется неравномерным распределением теплоты по объему сварочной ванны. Наиболее высокая температура наблюдается в верхней части шва. Неравномерность по значениям температур приводит к образованию в сварочной ванне кинжальной формы проплавления, уширения в верхней части шва [4].



а



б

Рис.2. Место воздействия лазера, а) малый клин; б) большой клин. x500

Размер зоны термического влияния лазерной сварки – примерно 120 мкм (рис.3,а).

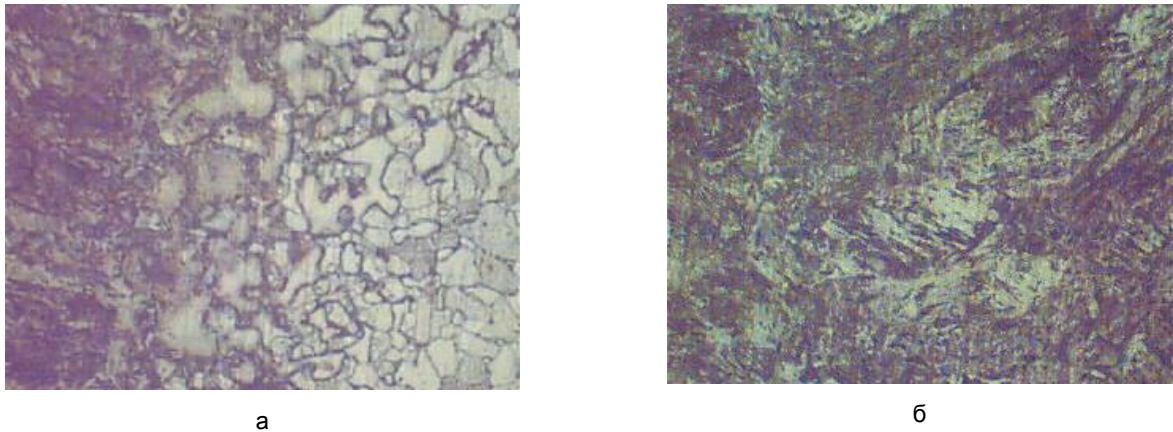


Рис.3. Микроструктура «клинов», а) ЗТВ; б) середина «клина», x800

В местах воздействия лазера наблюдается неравномерная крупнозернистая структура (рис.3,б), так называемая видманштеттова структура, состоящая в доэвтектоидной стали из ферритных кристаллов пластинчатой формы, ориентированных по плоскостям аустенита. Пластины видманштеттова (бокового, речного) феррита, расчлняя аустенитное зерно на отдельные элементы, вызывают формирование перлитных зерен в виде тонких образований. В зоне ЗТВ сталь обезуглерожена.

На рис. 5 приведено распределение микротвердости от центра сварного шва по трем линиям с шагом 500 мкм в сторону лазерной сварки. Точка 8 (отмечена стрелкой) – место воздействия лазера. Измерения проводились по линии середины «клинов» (h/2), на кончиках «клинов»(h) и посередине образца (1/2 обр.)(рис.4).

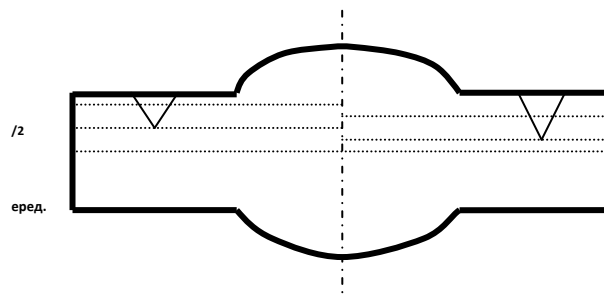


Рис.4. Схема измерения микротвердости.

Кривые изменения микротвердости имеют монотонный характер с максимальным значением на кончиках лазерных клинков (рис. 5).

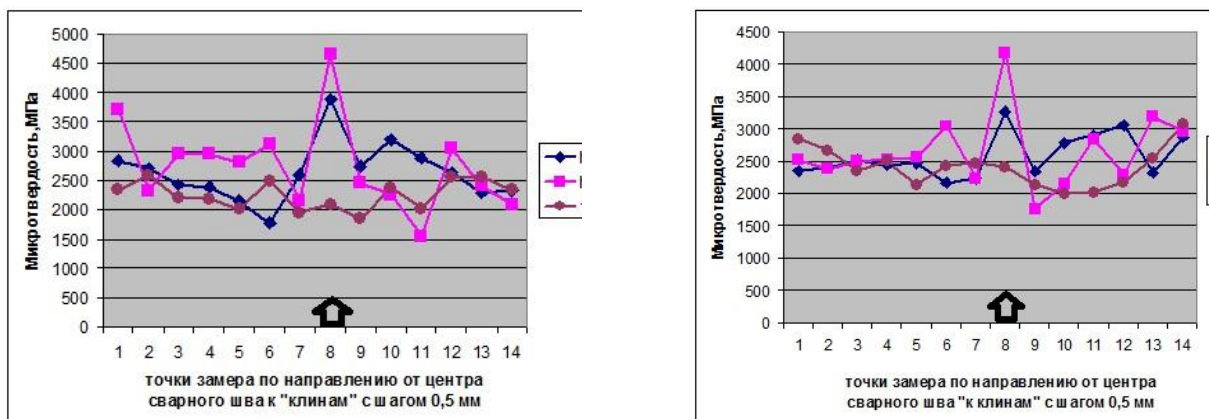


Рис.5. Распределение микротвердости от центра сварного шва, а) зона около малого «клина», б) зона около большого «клина».

Повышенное значение микротвердости наблюдается именно в зоне лазерного воздействия на расстоянии около 120 мкм от границы лазерного оплавления. Увеличение микротвердости на глубине $h/2$ (боковая зона) достигает 63% при «малом клине» и 78% при «большом клине».

Увеличение микротвердости на глубине h (зона на кончике клина) достигает 57% , при «малом клине» и 58% при «большом клине» (рис.5)

По результатам распределения величин микротвердости в зоне термического влияния после лазерной обработки происходит процесс разупрочнения. В случае стали Ст.3 сп величина микротвердости снижается на величину (250 – 300) МПа относительно исходного состояния, т.е. до лазерной обработки;

Исходя из вышесказанного, лазерная обработка параллельно сварному шву для рассмотренных марок конструкционных сталей способствует процессу отпуска в зоне термического влияния, т.е. феррито – перлитные стали, не претерпевая существенных структурных изменений, снижают напряженно – деформированное состояние, приводящее к уменьшению остаточных напряжений.

Выводы

1. Лазерная обработка вблизи зоны термического влияния в сварных соединениях низколегированных конструкционных сталей Ст.3 сп снижает уровень напряженно – деформированного состояния, при этом существенно не изменяя фазовый состав и не внося дополнительную дефектную микроструктуру.

2. Данный метод еще требует исследований в области подбора режимов для различных типов сталей, толщин и условий нагружения.

3. Данное исследование направлено на создание портативной лазерной установки для обработки деталей элементов конструкций, подвергнутых различным температурным и силовым нагрузкам, а также для повышения долговечности в послеремонтный период эксплуатации дорожно-транспортной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веденов А.А., Гладуш Г.Г. Физические процессы при лазерной обработке материалов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. 208 с.

2. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 663 с.

3. Ларионов В.П., Н.П. Болотина, Винокуров В.Г., Аргунова Т.В. Тепловые процессы и изменение структуры при лазерном легировании поверхностей сталей.// Известия Сибирского отделения Академии наук СССР: Серия технических наук: Новосибирск «Наука», Сибирское отделение, 1990 г. С.94-98 .

4. Панченко В.Я. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 664 с.

5. Пугачева Н.Б., Смирнов С.В., Вичужанин Д.И., Афонин Ю.В., Оришич А.М., Задворкин С.М., Горулева Л.С. Прочность и структура неразъемного соединения сплава ВТ1-0 и стали 12Х18Н10Т при различных режимах лазерной сварки.// Деформация и разрушение материалов. 2012. №7. С. 26 – 32.

6. Афонин Ю.В., Гольшев А.П. и др. Генерация излучения с высоким качеством пучка в непрерывном СО₂-лазере мощностью 8 кВт // Квантовая электроника, 2004, т.34, №4. С. 307-309.

7. М.П.Лебедев, В.П.Ларионов, Н.П. Болотина, Т.В. Аргунова Влияние лазерной обработки на структуру и состав плазменно напыленных покрытий системы Ni-Cr-B-Si.// Физика и химия обработки металлов, 1987, № 1. С. 73-77.

Лебедев Михаил Петрович –
доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РАН,
Директор Института Физико-Технических Проблем Севера имени В.П. Ларионова СО РАН,
заведующий кафедрой «Машиноведение» Автодорожного факультета Северо-Восточного Федерального Университета имени М.К. Аммосова

Mikhail P. Lebedev –
Dr. Sc., professor,
the corresponding member of RAS,
Director of the V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North SB RAS,
head of Department “Science of machines” of Road Faculty of North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosov

Ноев Иван Иванович –
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Машиноведение»
Северо-Восточного Федерального Университета
имени М.К. Аммосова

Ivan I. Noev –
Ph.D., associate professor of Department “Science of
machines”,
North-Eastern Federal University named after
M.K.Ammosov

Петров Петр Петрович –
кандидат физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Института Физико-
Технических Проблем Севера имени В.П. Ларио-
нова СО РАН

Petr P. Petrov –
Ph.D., chief scientific officer of
the V.P. Larionov Institute of Physical and Technical
Problems of the North SB RAS

Габышев Максим Евгеньевич –
заведующий лабораторией Технологического
Института Северо-Восточного Федерального
Университета имени М.К. Аммосова

Maksim E. Gabyshev –
laboratory manager of Technological Institute,
North-Eastern Federal University named after
M.K.Ammosov

Степанова Ксения Валерьевна –
научный сотрудник Института Физико-
Технических Проблем Севера имени В.П. Ларио-
нова СО РАН

Kseniya V. Stepanova –
research worker of
the V.P. Larionov Institute of Physical and Technical
Problems of the North SB RAS

Борисов Александр Афанасьевич –
старший преподаватель кафедры «Машиноведе-
ние» Автодорожного факультета Северо-
Восточного Федерального Университета имени
М.К. Аммосова

Aleksandr A. Borisov –
senior lecturer of Department “Science of machines”
of Road Faculty of
North-Eastern Federal University named after
M.K.Ammosov

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 6166:614:9:

А.Н. Виноградов, Д.К. Кушалиев

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРУЖИННОГО
ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА ДЛЯ ВОЗВРАТНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ,
ПРИМЕНЯЕМОГО В УЗЛАХ АВТОМОБИЛЕЙ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЛОЖЕННОЙ
ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ**

*В статье теоретически обосновывается изменение диаметра пружинного вкла-
дыша подшипника скольжения под действием осевой нагрузки, влияющее на работоспо-
собность подшипника.*

Детали подшипников, пружинный вкладыш, эффект храповика, изменение диамет-
ра вкладыша, упругий натяг вместо зазора.

A.N. Vinogradov, D.K. Kushaliev

**THEORETICAL MODEL CHANGE SETTINGS SPRING INLAYS BEARING FOR
RECIPROCATING ROTATIONAL MOTIONS, UNITS USED IN CARS, DEPENDING ON THE
APPLICATION OF AXIAL LOAD**

*The paper theoretically substantiated change in the diameter of spring bearing sliding
under the influence of the axial load, which affects the efficiency of the bearing.*

Details of bearings, spring inserts, ratchet effect, changing the diameter of the liner, instead of spring preload gap.

Для ряда узлов автомобилей и технологического оборудования предложен подшипник, снабженный подвижным вкладышем в виде винтовой цилиндрической пружины (промежуточным элементом), который в колебательном режиме принудительно поворачивается только в одну сторону и таким образом достигается равномерность износа и распределение смазки. Натяг пружины, необходимый для достижения микропластических деформаций, создается ее поджатием. В колебательном режиме за счет закручивания или раскручивания пружинного вкладыша возникает упругое натяжение соответственно на внутренней или наружной поверхности, и он принудительно поворачивается в одном направлении (эффект храповика). Подавление окислительных процессов в предложенной конструкции легко достигается сальниковым уплотнением. Положительный эффект получается также за счет снижения адгезионной составляющей трения (трения покоя) и частичной реализации идей Н.Е. Жуковского «о движении без трения» (вращением промежуточной опоры) без использования для этого внешнего источника энергии. Подобный подшипник может найти широкое применение взамен игольчатых подшипников карданного вала, сайлентблоков подвески, шарнирах рулевого управления и других шарнирных узлах, работающих в возвратно-вращательном режиме.

При изменении длины пружинного вкладыша под действием осевой нагрузки он будет изменять свои основные параметры:

$$\begin{aligned} D &= D_0 + \Delta D; \\ \alpha &= \alpha_0 + \Delta \alpha; \\ l &= l_0 + \Delta l; \end{aligned} \quad (1)$$

где: D_0 – начальный диаметр образующего цилиндра ненагруженной пружины;
 ΔD – изменение диаметра образующего цилиндра;
 α_0 – начальный угол подъема оси винтового бруса ненагруженной пружины;
 $\Delta \alpha$ – изменение угла подъема оси винтового бруса;
 l_0 – начальная длина оси рабочей части винтового бруса ненагруженной пружины;
 Δl – изменение длины оси рабочей части винтового бруса.

Наиболее существенное значение имеет изменение угла подъема витков пружины и связанное с ним изменение диаметра пружины. Величину Δl ввиду ее малости можно во внимание не принимать и считать ось винтового бруса нерастяжимой, т.е. принять $\Delta l = 0$.

Величины ΔD и $\Delta \alpha$ являются функциями нагрузки P и начальных размеров пружины, а также зависят от упругих свойств материала.

Из литературы [1, 2, 3] известны расчетные формулы для определения изменения диаметра образующего цилиндра ΔD , которое представляет для нас больший интерес:

$$\Delta D = -\frac{D^2 \cos 2\alpha}{2 \cos^2 \alpha} \Delta \mathcal{N} - \frac{D^2 \sin \alpha}{\cos \alpha} \Delta k. \quad (2)$$

Минус в формуле означает что сила, сжимающая пружину, считается отрицательной. Предполагается, что напряжения не превосходят предела пропорциональности, а винтовой брус, образующий пружину, при определении перемещений можно считать брусом малой кривизны, общая длина которого остается неизменной ($\Delta l = 0$), то $\Delta \mathcal{N} = \frac{M_b}{B}$, а $\Delta k = \frac{M_t}{C}$, где $B = EJ_b$ – жесткость бруса при изгибе; J_b – момент инерции сечения относительно бинормали; C – жесткость при кручении. Значения B и C приведены на рис. 1. E – модуль упругости первого рода.

Значения B и C для расчета характеристики пружинного вкладыша в подшипнике возвратно-вращательного движения приведены ниже.

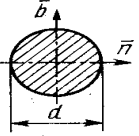
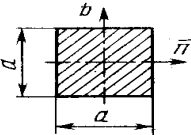
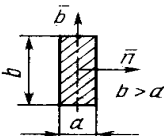
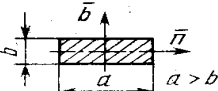
Форма поперечного сечения витка и его расположение относительно оси пружины	B	C
	$\frac{\pi d^4}{64} E$	$\frac{\pi d^4}{32} G$
	$\frac{a^4}{12} E$	0,141a ⁴ G
	$\frac{ba^3}{12} E$	$\eta ba^3 G$
	$\frac{ba^3}{12} E$	$\eta ab^3 G$

Рис. 1. Значения B и C для расчета характеристики пружинного вкладыша в подшипнике возвратно-вращательного движения.

Здесь G – модуль сдвига, значения коэффициента η

Учитывая, что упругие перемещения пружины малы по сравнению с соответствующими им размерами, можно воспользоваться принципом начальных размеров, т.е. принять $D=D_0$, $\alpha=\alpha_0$. В таком случае изменение диаметра пружины можно рассчитать по формуле:

$$\Delta D = -PD_0^3 \sin \alpha_0 \left(\frac{1}{2C} - \frac{\cos 2\alpha_0}{4B \cos^2 \alpha_0} \right) - M \frac{D_0^2}{2 \cos \alpha_0} \left(\frac{2 \sin^2 \alpha_0}{C} + \frac{\cos 2\alpha_0}{B} \right). \quad (3)$$

Чтобы не дать одному торцу пружины, нагруженной осевой силой P, проворачиваться относительно другого, к торцам необходимо приложить момент $M=M_0$:

$$M_0 = - \frac{PD_0(B - C) \sin 2\alpha_0}{4(B \sin^2 \alpha_0 + C \cos^2 \alpha_0)}. \quad (4)$$

Осевую силу P можно выразить как функцию угла подъема α:

$$P = \frac{4BC}{D_0^2} \sin(\alpha - \alpha_0) \frac{\cos^2 \alpha_0}{\cos \alpha} \cdot \frac{B \cos \alpha \cos \alpha_0 + C \sin \alpha \sin \alpha_0}{(B \cos^2 \alpha + C \sin^2 \alpha)^2}. \quad (5)$$

Угол подъема α постепенно изменяется в процессе нагружения пружины. Для пружин растяжения-сжатия с неповорачивающимися торцами:

$$D = D_0 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_0}. \quad (6)$$

Заменяв диаметр D деформированной пружины его значением из формулы 6, получим выражение для определения осевой силы P:

$$P = \frac{4 \cos^2 \alpha_0}{D_0^2} \left[C(\sin \alpha - \sin \alpha_0) - B \sin \alpha \left(1 - \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} \right) \right]. \quad (7)$$

Осевое перемещение концов пружины

$$\lambda=(H-H_0)=l_0(\sin\alpha-\sin\alpha_0). \quad (8)$$

Задавая последовательными значениями угла подъема α можно подсчитать силу P и соответствующее ей осевое перемещение концов пружины λ и построить нелинейную характеристику в координатах λ , P , рис. 2. Расчет произведен при помощи математического пакета MAPLESOFT MAPLE 9.5.

Получив значение ΔD , можно рассчитать величину натяга, образующегося при сдавливании пружины усилием P , сопровождающееся изменением длины пружины H . Так, необходимо в сопряжении внутренней рабочей поверхности наружного кольца и внешней поверхности пружинного вкладыша обеспечить нулевой натяг-зазор, а в сопряжении наружная поверхность внутреннего кольца – внутренняя поверхность вкладыша обеспечить натяг, величина которого при сдавливании вкладыша в процессе сборки уменьшится наполовину.

На рабочей поверхности наружного кольца и наружной поверхности вкладыша после сборки также образуется натяг (рис. 3). Процесс изготовления деталей подшипника упрощается, а требуемые посадки рабочих поверхностей получаются в процессе сборки. Упрощается и сам процесс сборки.

```

> D0:=25.1:
  p:=3.1415926:
> a0:=(6/180)*p:
> a:=3.3:
> b:=3:
> E:=20*10^4:
  n:=0.141:
  m:=0.6:
> B:=(E*b*a^3)/12:
> C:=n*b*a^3*E/(2*(1+m));
                                     C := 9.500844375 10^5
> l0:=p*D0/cos(a0);
                                     l0 := 79.28832398
> H0:=l0*sin(a0):
P:=t->4*((cos(a0))^2/D0^2*(C*(sin(t)-sin(a0))-B*sin(t)*(1-cos(a0)/cos(t)
));
                                     P := t -> \frac{4 \cos(a0)^2 \left( C \sin(t) - \sin(a0) - B \sin(t) \left( 1 - \frac{\cos(a0)}{\cos(t)} \right) \right)}{D0^2}
> M:=t->P(t)*D0*(B-C)*sin(2*a0)/(4*(B*(sin(a0))^2+C*(cos(a0))^2)):
M(1.0);
                                     14255.08238
> L:=t->l0*(-sin(t)+sin(a0));
                                     L := t -> l0 (-sin(t) + sin(a0))
> DP:=t->-P(t)*(D0^3)*sin(a0)*(1/(2*C)-cos(2*a0)/(4*B*(cos(a0))^2))-M(t)*D0
2/(2*cos(a0))*(2/C*(sin(a0))^2+cos(2*a0)/B);
x:=[5/180*p,5/180*p+1/6*1/180*p,5/180*p+2/6*1/180*p,5/180*p+3/6*1/180*p,5
180*p+4/6*1/180*p,5/180*p+5/6*1/180*p,5/180*p+6/6*1/180*p]:
Matrix([[L(x[7]),L(x[6]),L(x[5]),L(x[4]),L(x[3]),L(x[2]),L(x[1])],[DP(x[7]
),DP(x[6]),DP(x[5]),DP(x[4]),DP(x[3]),DP(x[2]),DP(x[1])]]);

```

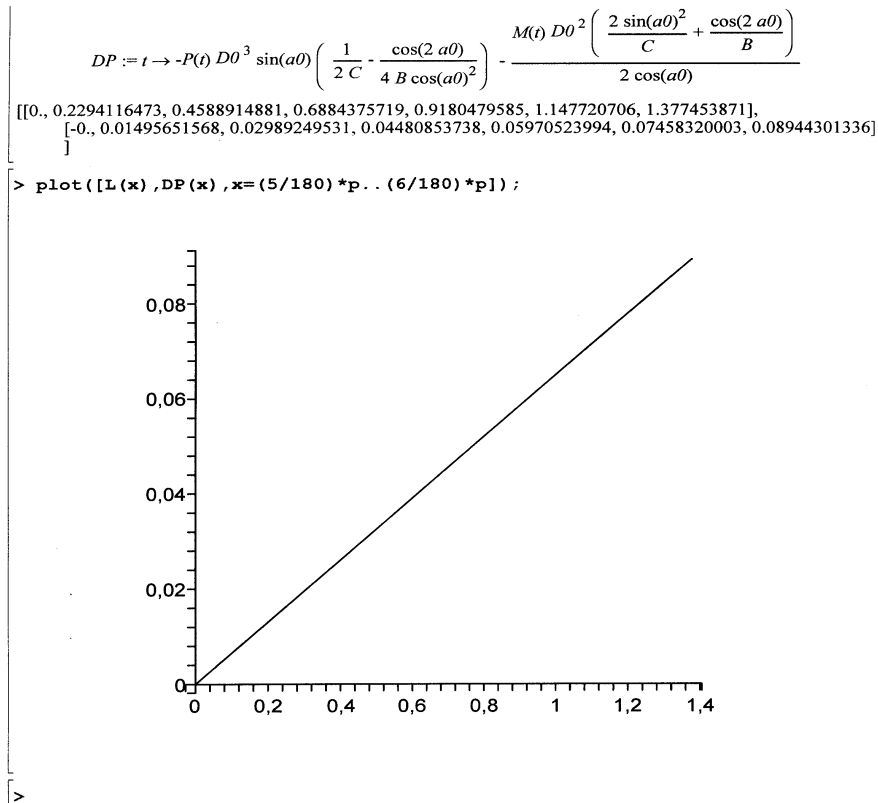


Рис. 2. Пример расчета характеристики пружинного вкладыша в подшипнике для возвратно-вращательного движения

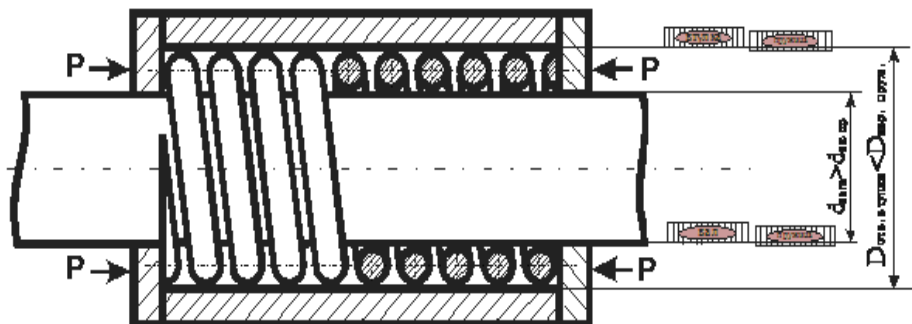


Рис. 3. Схема посадок на рабочих поверхностях шарнирного подшипника с упругим пружинным вкладышем: подшипник находится в покое

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарев С.Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С.Д. Пономарев, Л.Е. Андреева. М.: Машиностроение, 1980. 326 с.
2. Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов / Л.Е. Андреева. М.: Машгиз, 1962. 456 с.
3. Бидерман В.Л. Растяжение и кручение ленточных цилиндрических пружин при больших перемещениях / В.Л. Бидерман, В.Н. Шитиков // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. 1970. №1. С. 137–141.

Виноградов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexandr N. Vinogradov – Dr. Sc., professor, managing chair deputy dean «Cars and motor-car economy» Gagarin Saratov State Technical University

Кушалиев Даурен кайсарович – магистр транспорта, транспортной техники и технологии, старший преподаватель кафедры «Строительство и строительные материалы», Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана

Dauren K. Kushaliev – Magister of transport, transport equipment and technology senior teacher of «Building materials» West Kazakhstan agro-technical university named after Zhangir han

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.89:539.62:681.5.01

В.В. Куранов, В.Г. Куранов

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ СМАЗКИ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ

Рассматривается воздействие электрических и магнитных явлений на состояние смазки трибосопряжений.

Деструкция смазки, трибосопряжение

V.V. Kuranov, V.G. Kuranov

INFLUENCE OF ELECTRIC AND MAGNETIC PHENOMENA IMPACT LUBRICATION OF FRICTION PAIRS

The influence of the electric and magnetic phenomenas to condition of lubricant in tribointerfaces is considered.

Destruction of lubricant, tribointerface

Наблюдения за трибосопряжениями различного назначения, в том числе, подшипниками качения и скольжения, шарнирами, неподвижными и подвижными контактами, показывают, что качество их работы во многом определяется состоянием смазки соприкасающихся поверхностей, которое объясняется воздействием множества внутренних и внешних процессов, приводящих к обратимым или необратимым изменениям ее физико-химических свойств.

Наиболее вредными считаются необратимые изменения свойств смазки, так как они особенно сильно влияют на долговечность трибосопряжения и, следовательно, на надежность системы в целом.

Многочисленные исследования в данной области показывают, что основное внимание при проектировании трибосопряжений уделяется вопросам стойкости смазочных материалов к воздействиям температуры, давления, загрязненности, загазованности, смываемости водой, другими жидкостями и т.д. Однако практически мало известно о свойствах смазки, заключенной между контактирующими поверхностями, которые подвергаются воздействию электрических и магнитных явлений со стороны сопряженных с ними элементов конструкций. Сюда также относятся трибосопряжения, предназначенные для передачи электрических сигналов, которые должны совмещать в себе свойства проводимости и износостойкости. Эти свойства оказываются сложно совместимыми, требующими для их реализации противоположных мер. Совместить эти свойства удалось только в контактирующих материалах на основе золота, окислы которого неустойчивы (диссоциируют при 200°С) и практически не образуются при трении [1].

Исследования особенностей явления «фрикционной непроводимости» показали, что его механизм может быть использован и в некоторых «неэлектрических» трибосопряжениях, износостойкость которых зависит и от их электропроводности.

Это особенно заметно в подшипниках электрических машин, коммутаторах, распределителях зажигания и т.п., где есть условия для возникновения вихревых токов и электрических разрядов, вызывающих деструкцию смазки, которая при продолжении работы теряет свои смазывающие свойства,

а процесс износа переходит в аномальный с возникновением схватывания, задиров, заклинивания и усталостного разрушения.

Явление деструкции смазки в электрическом разряде авторы впервые наблюдали при исследовании причин отказов микродвигателей с контактными регуляторами частоты вращения. При этом увеличение смазки в подшипниках вызывало сбои в контактах регулятора, а ее снижение – разрушение подшипника. Частное решение было найдено путем дозирования количества смазки [2].

Особенно показательным в плане разрушения смазки (МК-8) явилось исследование коллекторных узлов, работающих при полном погружении в масло. Наблюдалось полное превращение жидкого масла в пастообразную массу с полностью утраченными смазочными свойствами. Подобные явления возникают как в катапитически активных платиновых контактах, образующих пленки фрикционного полимера, так и в контактах из сплава золота, окисляющихся избирательно за счет легирующих, неблагородных, компонентов (рис. 1).

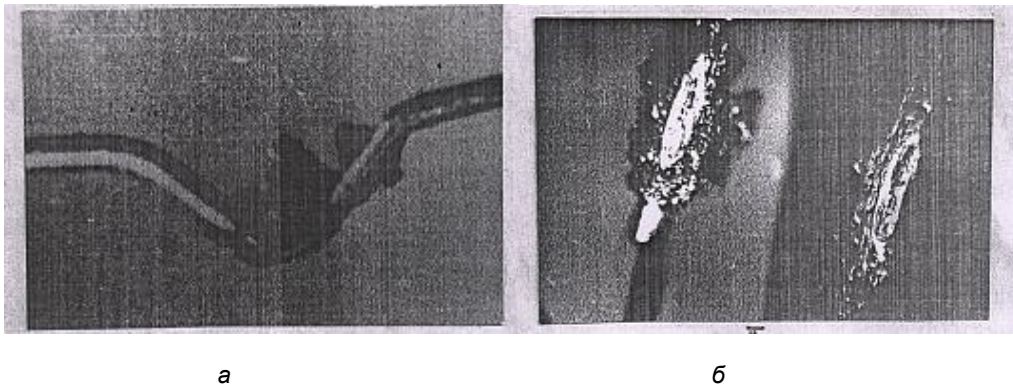


Рис. 1. Деструкция смазки во время работы ССК в ванне с маслом МК-8
а - МК-8 на щетке (ПЛИ-25); б - МК-8 на щетке (ЗЛМ-800).

В подшипниках электрических машин деструкция смазки вызывается электрическими разрядами при нарушении электрического контакта между шарами и кольцами от вихревых токов, возбуждаемых вращением подшипника в магнитном поле статора. Поэтому в электрических устройствах подшипники изнашиваются и разрушаются быстрее, чем в «неэлектрических».

В опорах скольжения деструкция смазки вызывает переход к сухому трению и схватыванию, неравномерности вращения и заклиниванию. В результате сбоев в контактных элементах возникают даже при отсутствии образования на их поверхности диэлектрических пленок и продуктов даже при многократном резервировании (рис. 2).

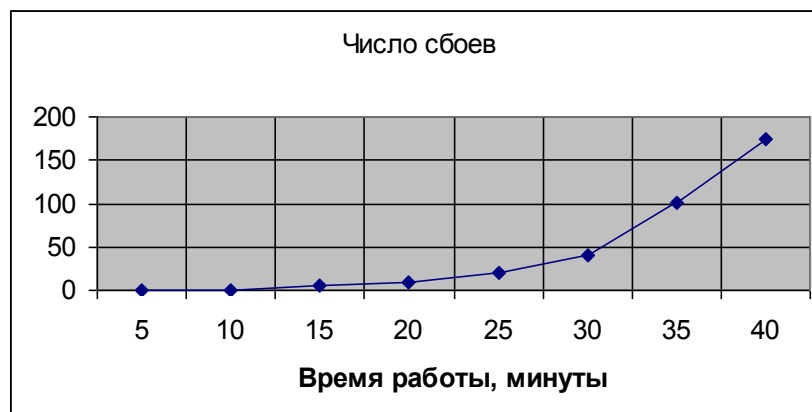


Рис. 2. Нарастание числа сбоев при работе коммутатора
($I_k = 0,1 \text{ mA}$, $\Delta R \geq 1 \Omega$, $\Delta t \geq 0,1 \text{ ms}$)

Это хорошо наблюдается при малых скоростях ($n=1 \text{ об/с}$), когда имеют место переходы трение движения в трение покоя, и резко повышается сила трения, зависящая от времени покоя [3] (рис. 3).

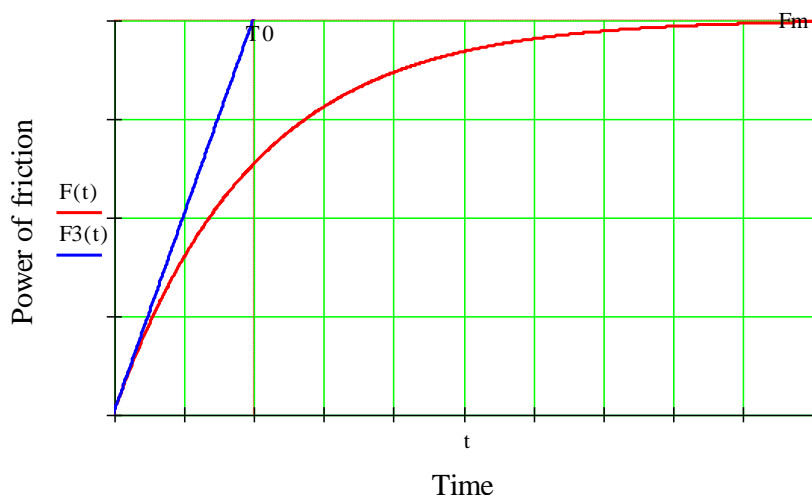


Рис.3. Зависимость силы трения F от времени покоя t .

T_0 – постоянная времени перехода трибосопряжения из состояния движения в состояние покоя.

F_m – максимальная сила покоя трибосопряжения.

Интенсивность деструкции смазки повышается с увеличением тока в трибосопряжении и нарушением контактирования, вызванных образованием зазора и диэлектрических пленок. Деструкция смазки заметно снижается в плотном контакте, свободном от окислов и полностью исчезает в обесточенном контакте, а также при использовании смазок и присадок, формирующих токопроводное покрытие[4].

В подтверждение этого проведены испытания кольцевого коммутатора электрических сигналов, где деструкция смазки вызывала неравномерность вращения и образование диэлектрической пленки на контактирующей поверхности, вызывавшей сбой в работе устройства (рис. 4).

Для устранения этих явлений предлагается дорабатывать трибосопряжение с помощью металло-керамических присадок типа «ХАДО», формирующих токопроводное фрикционное покрытие и снижающих интенсивность деструкции смазки.

Для проверки данного способа проведены испытания при тех же режимах и условиях, результаты которых иллюстрируются рис. 5.

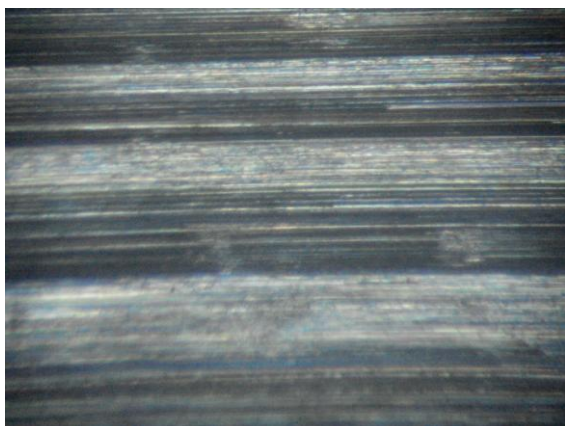


Рис.4. Вид контактной поверхности после испытаний. Темные области фотографии соответствуют образовавшимся пленкам окислов и продуктам деструкции смазки. Контактная пара БрБ -2 + NiВ, смазка ТАД-17

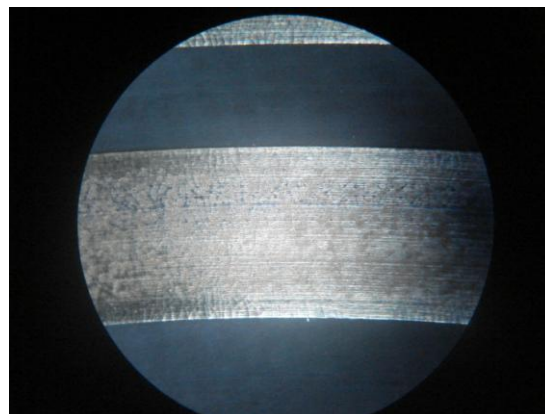


Рис.5. Вид контактной поверхности кольцевого коммутатора после испытаний, доработанного с металло-керамической присадкой

Проведенные исследования подтверждают эффективность предложенных методов повышения эксплуатационной надежности трибосопряжений, работающих в условиях электрических и магнитных воздействий, и могут быть рекомендованы для применения в высокоответственных узлах различного назначения без использования в них драгоценных металлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куранов В.Г., Куранов В.В. Сверхпроводимость и безызносность слаботочных контактов. // Трение и смазка в машинах и механизмах. М.: Машиностроение. 2008. №1 С. 34-38.
2. Куранов В.Г. Фрикционная непроводимость слаботочных контактов (открытие, исследование и использование). Саратов: СГТУ. 1996. 60 с.

3. Гаркунов Д.Н. Избирательный перенос в узлах трения / Д.Н. Гаркунов, И.В. Крагельский, А.А. Поляков. М.: Транспорт, 1969. 90с.

4. Куранов В.Г., Куранов В.В. Трибологические эффекты и отказы и их предотвращение на основе закономерностей в самоорганизации трибосопряжений // Известия Самарского научного центра РАН. спец. выпуск. Самара: Самарский научный центр РАН, 2009. С.79-83.

Куранов Владимир Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Vladimir G. Kuranov – professor of Department « Automation and management of technological processes» Gagarin Saratov State Technical University

Куранов Владимир Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Vladimir V. Kuranov – assistant professor of Department « Automation and management of technological processes» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 004.891

А. В. Каракозова, А. А. Игнатьев

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Применение экспертной системы при системе мониторинга контроля качества изготовления деталей подшипников.

Экспертная система, мониторинг, динамическая система, подшипник, управление качеством

A.V. Karakozova, A.A. Ignatyev

QUALITY MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION OF BEARINGS WITH USE OF EXPERT SYSTEM

Use of expert system at system of monitoring of quality control of production of details of bearings.

Expert system, monitoring, dynamic system, bearing, quality management.

Экспертные системы – это прикладные системы искусственного интеллекта, в которых база знаний представляет собой формализованные эмпирические знания высококвалифицированных специалистов (экспертов) в какой-либо узкой предметной области, они аккумулируют эти знания и тиражируют их для консультации менее квалифицированных специалистов [1].

Классификация экспертных систем и оболочек экспертных систем

Существующее множество экспертных систем делится на несколько классов (рис. 1) по различным критериям [1].

Средства разработки экспертных систем

Существующие средства разработки экспертных систем можно разделить на 3 класса (рис. 2)[2]. Традиционные языки программирования (C++, Java, Delphi) позволяют построить экспертные системы «с нуля» для конкретной задачи или предметной области, обеспечив хорошие показатели

качества и необходимую функциональность системы, но на разработку требуются значительные временные и финансовые ресурсы. Так создают экспертные системы любой стадии существования, в особенности коммерческие системы, продажа которых возместит затраты.

Языки искусственного интеллекта (LISP, PROLOG, Рефал) были разработаны специально для представления знаний. Построение с их помощью экспертных систем позволяет более легко оперировать экспертными знаниями, но ограничивает способ их представления структурой языка. С помощью языков искусственного интеллекта создаются исследовательские и демонстрационные образцы.

Следующий класс средств построения экспертных систем – *специальный программный инструментарий* – ориентирован только на создание интеллектуальных информационных систем и делится на два подкласса: оболочки и среды разработки интеллектуальных систем.

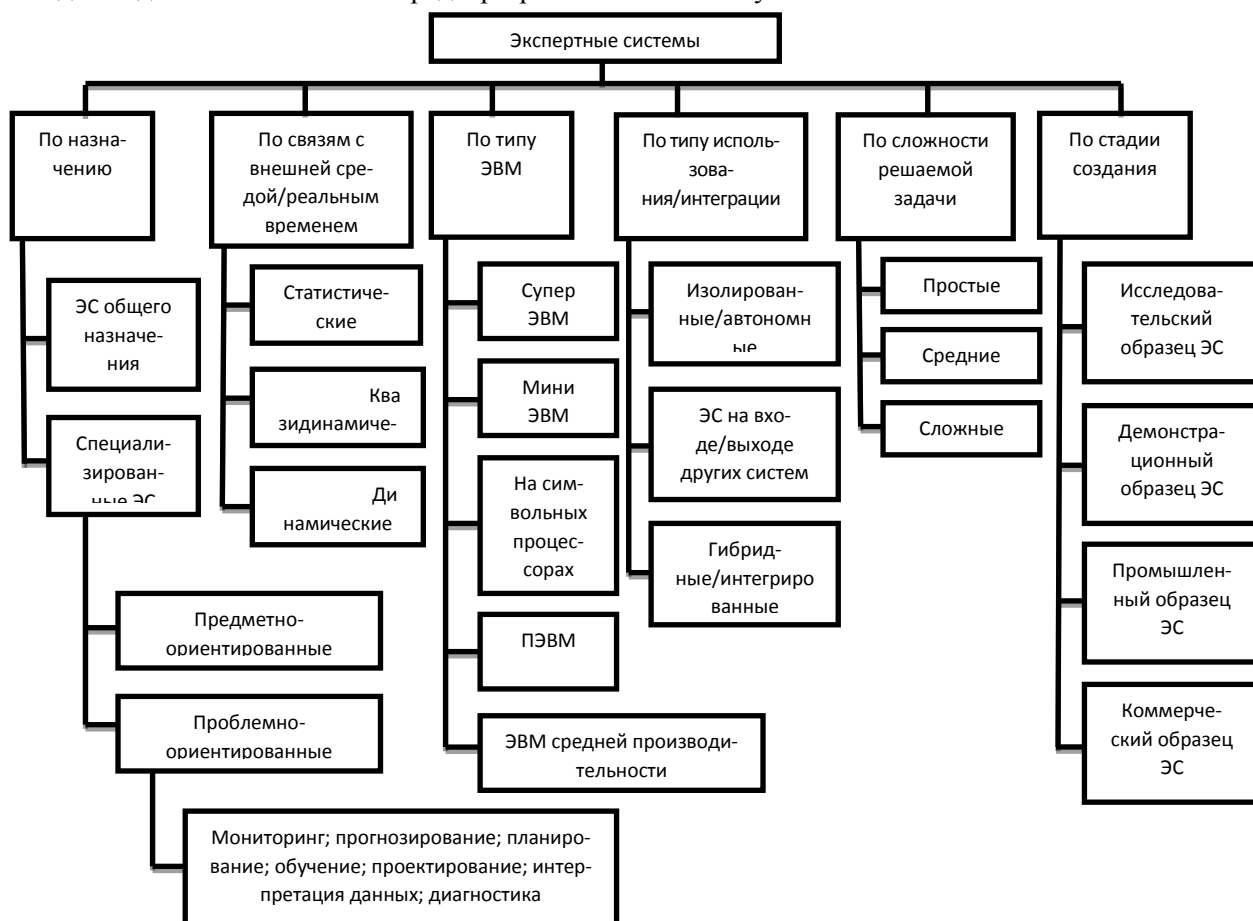


Рис. 1. Классификация экспертных систем

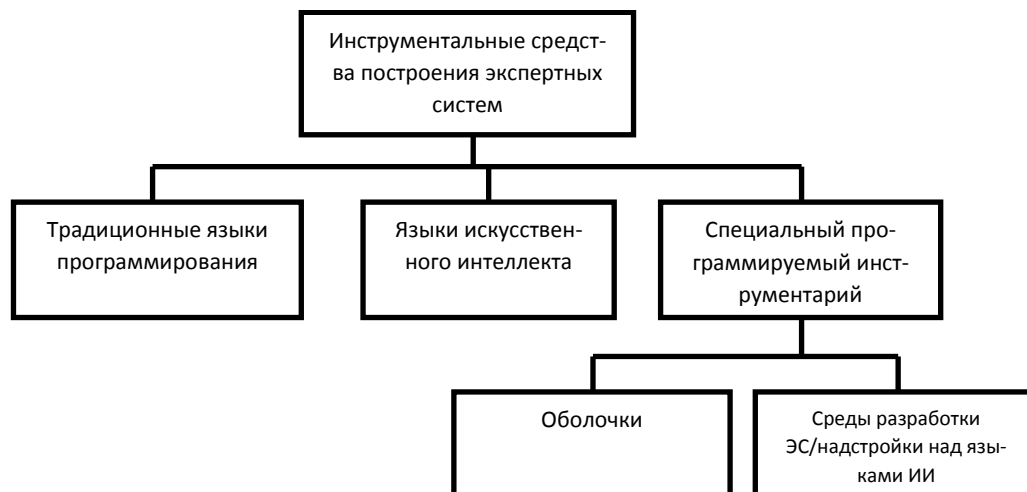


Рис. 2. Классификация инструментальных средств разработки ЭС

Среды разработки являются программными комплексами, позволяющими строить системы из отдельных готовых блоков. На их основе создаются демонстрационные и промышленные образцы экспертных систем.

Оболочка экспертных систем – инструментальное средство для проектирования и создания экспертных систем. В состав оболочки входят средства проектирования базы знаний с различными формами представления знаний и выбора режима работы решателя задач. Для конкретной предметной области инженер по знаниям определяет нужное представление знаний и стратегии решения задач, а затем, вводя их в оболочку, создает конкретную экспертную систему[2].

Применение оболочки позволяет достаточно быстро и с минимальными затратами создать исследовательскую, демонстрационную или промышленную экспертную систему. По степени отработанности выделяют экспериментальную (GPSI), исследовательскую (Expert) и коммерческую (EXSYS) оболочки.

Знания в базе могут быть представлены одним способом (EMYCIN, CLIPS) – семантической сетью, продукциями, фреймами и т.д. или же несколькими (MINEVRA, EsWin) для создания более полной, гибкой и наглядной модели предметной области.

Системы поддержки принятия решений – это программные средства и информационно-аналитические технологии, предназначенные специально для оказания помощи в решении задач поиска, анализа и выбора лучших из возможных вариантов. При этом лицо, принимающее решение, должно обеспечиваться не только информационной, но в первую очередь технологической поддержкой процедуры, вплоть до выбора лучшего решения.

Структура систем поддержки принятия решений

Структура системы поддержки принятия решений зависит от решаемой задачи, предметной области, аппаратно-программной платформы и конкретной реализации. В самом общем виде систему поддержки принятия решения можно представить в виде двух подсистем: системы поддержки генерации решений и системы поддержки выбора решений (рис. 3)[3]. Системы поддержки генерации решений можно разделить на эвристические и оптимизационные. Эвристические технологии стимулируют и дисциплинируют мышление (например, структурный и морфологический анализ), помогают находить варианты решений на базе известных правил, принципов и аналогов. Однако при формировании вариантов решений уникальных задач (например, при стратегическом планировании) их применимость часто ограничивают вспомогательными функциями. Оптимизационные системы поддержки принятия решений основаны на методах оптимального структурного синтеза и параметрической оптимизации.

Системы поддержки выбора решений предназначены для выбора эффективных вариантов решения, сгенерированных любым из вышеперечисленных методов либо поступивших извне (например, заявок на финансирование инвестиционных проектов). Эти системы базируются на методах многокритериального анализа и экспертных оценок. Другой вариант обобщенной архитектуры системы поддержки принятия решений состоит из пяти частей (рис. 4)[3]: источники данных (часто используется база данных), система управления данными (если источников несколько, подсистема объединяет, проверяет и синхронизирует их), модели управления (включают в себя модели решаемой задачи и внешнего мира), машина вывода (позволяет с помощью имеющихся данных и моделей получить и обосновать решение) и интерфейс пользователя.

Систему поддержки принятия решений можно представить в виде процессов (рис. 5)[3].

Система проводит сбор запрашиваемых у пользователя или внешних датчиков данных и вложенных в нее при создании данных и знаний. После этого определяет состояние, в котором находится система и решаемая задача, критерии и цели (может запрашивать и уточнять у пользователя).

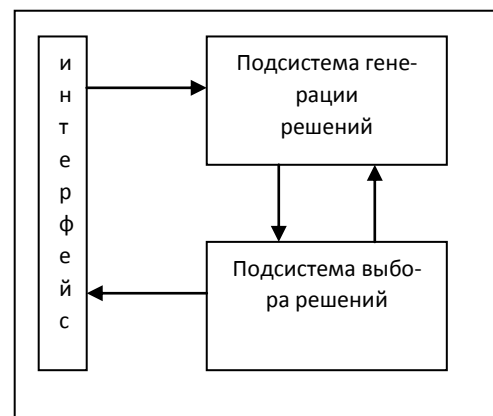


Рис. 3. Обобщенная структура системы поддержки принятия решений

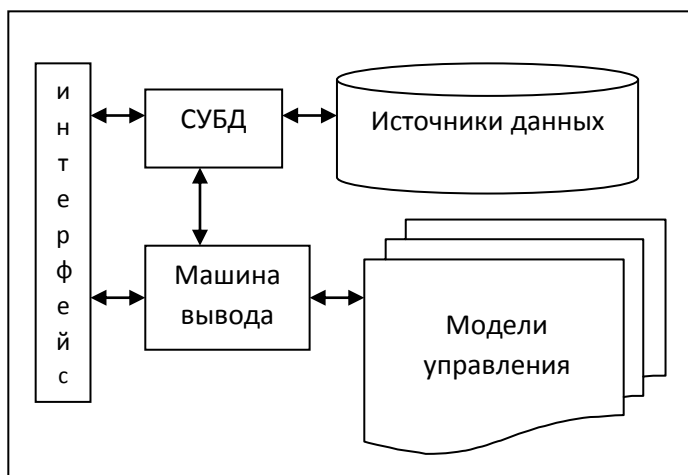


Рис. 4. Компоненты системы поддержки принятия решений

На основе полученных данных, которые содержатся в памяти, и имеющейся модели системы или задачи с учетом сформированных критериев и целей генерируется множество решений, которые проверяются на модели, и выбирается лучшее. После реализации решения производится оценка результатов: если она неудовлетворительная, то процессы генерации и выбора повторяются с учетом новых данных.



Рис. 5. Процессы системы поддержки принятия решений

Управление качеством изготавливаемой продукции

Экспертные системы поддержки принятия решения направлены на оказание помощи при принятии решений при оценке качества продукции и выбора режима обработки. В области машиностроения данные системы нашли применение для принятия технологических решений [4].

Важнейшим направлением обеспечения качества продукции промышленных предприятий является мониторинг технологических процессов, неотъемлемую часть которого составляет мониторинг технологического состояния оборудования. Под мониторингом технологического состояния оборудования понимается научно спроектированная система непрерывных наблюдений и измерений с применением соответствующих оценочных процедур идентификации, анализа текущего состояния, распознавания особых состояний, краткосрочного и долгосрочного прогнозирования и автоматического принятия оперативных и тактических решений [5].

Решить задачу мониторинга технического состояния технологического оборудования (ТО) только на основе формальных методов не представляется возможным. Необходимо привлечение экспертной информации о не формализуемых и слабо формализуемых ситуациях, возникающих при функционировании ТО.

Результаты исследований, выполненных в условиях реального производства, показывают, что динамическое состояние станков является одним из доминирующих факторов, определяющих качество обработки колец подшипников. Следовательно, на этапе эксплуатации важно осуществлять периодические испытания станков с целью контроля их динамического состояния [6].

Для обеспечения эффективности обработки колец подшипников на станках помимо активного контроля размеров, автоматизированного контроля однородности структуры поверхностного слоя дорожек качения необходимо осуществлять автоматизированный контроль динамического состояния каждого станка до и в процессе обработки по уровню вибраций основных формообразующих узлов – шпиндельных узлов (ШУ) детали и инструмента, причем следует учитывать не только собственные вибрации шпинделя, но и вибрации подшипников качения.

В общем случае на процесс шлифования действует большое количество возмущающих воздействий, отличающихся по своей природе, по характеру проявления и уровням.

К ним относятся: изменения упругих деформаций отдельных узлов ТС по интересующим нас координатам соответственно: станка, приспособления, инструмента и детали; температурные деформации отдельных узлов системы; изменение физико-механических свойств обрабатываемой детали; неточность установки обрабатываемой заготовки; изменение состава и расхода смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС); изменение геометрии обрабатываемой детали (вариации припуска в осевом и радиальном направлениях, разностенность и т.п.); вариации потерь холостого хода и нагрузочных потерь в кинематической цепи станка; вариации скоростей шпинделей шлифовального круга и обрабатываемой детали, соответственно, по причине изменения напряжения сети, питающей электродвигатели шпинделей, и изменения момента сопротивления на валах этих электродвигателей.

По характеру проявления все указанные возмущения можно разбить на постоянно действующие, периодические и случайные. Постоянно действующие возмущения изменяются по определенным закономерностям в зависимости от времени, режима обработки, диаметра шлифовального круга и других факторов.

К случайным возмущениям относятся погрешности в установке заготовок в приспособлении, колебания геометрии и физико-механических свойств заготовок, изменение расхода и состава охлаждающей жидкости и другие. Некоторые из возмущений носят периодический характер: к ним относятся периодические колебания технологических параметров (мощности, затрачиваемой на резание, усилий), связанные с овальностью обрабатываемых заготовок, с неравномерностью скорости продольной подачи и т.д.

Мониторинг технологического процесса (ТП) должен предусматривать три вида контроля: техническое состояние станков, режим обработки и параметров качества деталей

Контроль качества функционирования станков непосредственно связан с ходом ТП, определяющего качество шлифования поверхностей качения колец подшипников и включающего в себя макро- и микрогеометрические параметры точности, а также физико-механические свойства поверхностного слоя. Размеры колец и профиль дорожек качения определяются точностью формообразующих перемещений рабочих органов станков, точностью базирования заготовки и точностью профиля шлифовального круга.

Моделирование динамической системы станка позволяет рассчитать для станка спектр колебаний ДС для номинального состояния с учетом реальных частотных характеристик ШУ детали и ШУ инструмента, а затем сравнить его с измеренным спектром вибраций в условиях эксплуатации. Далее, полученные вибрационные характеристики с учетом моделирования сравниваются с паспортными (эталонными) значениями динамических характеристик станка и попадают в базу данных о динамическом состоянии, обслуживании и ремонте станков (БД). Таким образом на основе некоторых критериев в БД хранится информация о динамическом состоянии шлифовального станка, тем самым, характеризуя его техническое состояние и возможность обрабатывать детали с заданным качеством. Параллельно с контролем динамического состояния станка обязательно производится контроль геометрических параметров точности дорожек качения колец (некруглости, волнистости, шероховатости, профиля), а также качества поверхностного слоя до и после финишной операции.

В базу данных будут записываться значения, характеризующие динамическое состояние станков и качество обработки на них колец подшипников, полученные в результате обучающего эксперимента и при последующем периодическом контроле.

Результатом работы программы будут рекомендации по техническому обслуживанию станков и алгоритм корректировки маршрута технологического процесса обработки колец подшипников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смагин, А. А. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие / А. А. Смагин, С. В. Липатова, А. С. Мельниченко. – Ульяновск: УлГУ, 2010. – 136 с.
2. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование: пер. с англ. / Д. Джарратано, Г. Райлт. – 4-е изд. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.
3. Лисянский, К. Архитектуры систем поддержки принятия решений [Электронный ресурс] / К. Лисянский. – Режим доступа: <http://lissianski.narod.ru/index.html>
4. Козлова Т. Д. Экспертная система поддержки принятия решений при диагностировании автоматизированных станочных модулей/ Т.Д. Козлова // Вестник СГТУ. 2011. №3(58). С. 182 – 187.
5. Иващенко В. А. Мониторинг технического состояния оборудования промышленных предприятий на основе использования систем нечёткого вывода / В. А. Иващенко, С. А. Игнатъев, А. А. Игнатъев. // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. науч. тр. Саратов: Изд-во СГТУ, 2009. С.78-89.
6. Каракозова А. В. Предпосылки создания экспертной системы для контроля динамического состояния шлифовальных станков / А. В. Каракозова, А. А. Игнатъев // Вестник СГТУ. 2011. №3(58). С. 170 – 176.

7.

Игнатъев Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление технологическими процессами и производством» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander A. Ignatyev – doctor of technical sciences, professor, head of department «Automation and process control», Gagarin Saratov State Technical University

Каракозова Анна Владимировна – аспирант специальности «Автоматизация и управления технологическими процессами и производствами (в машиностроении)» машиностроительного факультета Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А.

Anna V. Karakozova – graduate student of the specialty «Automation and Managements of Technological Processes and Productions (in Mechanical Engineering)» of machine-building faculty of the Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.923

А.А. Игнатъев, Е.М. Самойлова

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ
СЕТЕЙ**

Рассматривается вопрос применения систем распознавания локальных дефектов шлифованных поверхностей деталей подшипников с использованием нейронных сетей.

Детали подшипников, шлифование, дефекты, распознавание, нейронные сети, сети Кохонена

A.A. Ignatiev, E.M. Samoylova

**EXPERIMENTAL ANALYSIS OF LOCAL DEFECTS SURFACES BEARING BASED ON
NEURAL NETWORK**

The question of the recognition systems of local defects of bearing ground surfaces using neural networks.

Details of bearings, grinding, defects recognition, neural networks, Kohonen network

Наиболее широкое распространение в подшипниковой промышленности при сплошном либо выборочном контроле деталей на отсутствие микротрещин и шлифовальных прижогов в процессе анализа поверхностного слоя деталей подшипников получили следующие методы неразрушающего контроля: травление, магнитные, индукционные (вихретоковый метод)[1].

Вихретоковый метод контроля, основанный на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля, является наиболее эффективным на финишных операциях и позволяет получать хорошие результаты контроля даже при высоких скоростях движения объектов. Одна из наиболее эффективных систем мониторинга технологических процессов в подшипниковом производстве - автоматизированная система вихретокового контроля (АСВК) - применена в ОАО «Саратовский подшипниковый завод». Основным образующим элементом АСВК является автоматизированный прибор неразрушающего вихретокового контроля ПВК - К2М (ВТП). Основные типы дефектов, выявляемые ВТП, это периодические прижоги; одиночные прижоги на шлифуемой поверхности; циклические прижоги по краю обработанной поверхности; трещины и микротрещины и пятна с пониженным содержанием углерода [2,3]. Прибор разрабатывался совместно ОАО «Саратовский подшипниковый завод», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. и ГУНТП «СТОМА». По вихретоковым образам автоматизированной системы мониторинга технологического процесса, формируемым ВТП, возможен оперативный контроль отклонений технологического процесса или неисправностей шлифовального оборудования, в частности, превышение уровня вибрации, сопровождающей шлифование [4,9].

Мониторинг качества шлифовальной обработки деталей подшипников по степени неоднородности поверхностного слоя и выявления дефектов представляет собой два этапа: выявление и распознавание дефектов поверхностного слоя с обнаружением закономерностей и проведение обучающего эксперимента с использованием нейронной сети для автоматического распознавания и принятия решения о качестве технологического процесса[4].

Наиболее распространенным приемом исследования сигналов до настоящего времени являлся частотный анализ, основанный на преобразовании Фурье, который не позволяет выявлять локальные дефекты, не имеющие достаточно выраженной периодичности, т.е. не решена задача автоматизации распознавания и идентификации дефектов. Для ее решения в настоящее время проводятся исследования по нескольким направлениям. Одно из них - исследования по различным аспектам распознавания изображений с помощью нейросетей[5]. Для решения задачи идентификации неоднородностей и определения типов дефектов наиболее подходящей является сеть Кохонена. Это объясняется тем, что по сравнению с RBFN-сетью, которая содержит большее число скрытых элементов, она требует более скромных затрат памяти, а по сравнению с небинарной ART-сетью она более проста и предсказуема. Сеть Кохонена является типичным представителем сетей решающих задачу классификации без учителя, в связи с этим блоки кодирования имен классов не используются [7,8].

Выявление и разделение неоднородностей поверхностного слоя деталей подшипников, как первый этап мониторинга, строится на основе двух числовых массивов значений характеристик амплитуды и фазы, где сигнал, полученный по каждому из каналов, проходит фильтрацию, сглаживание, ранжирование по 16-ти уровням и проверку на выход значения сигнала за экспериментально установленные граничные значения фазы и амплитуды сигнала ВТП. Экспериментальные замеры проводились на деталях подшипников из стали марки ШХ-15. В блоке выделения участков неоднородности наряду с массивами значений параметров сигнала ВТП использовался массив типов неоднородностей и их областей.

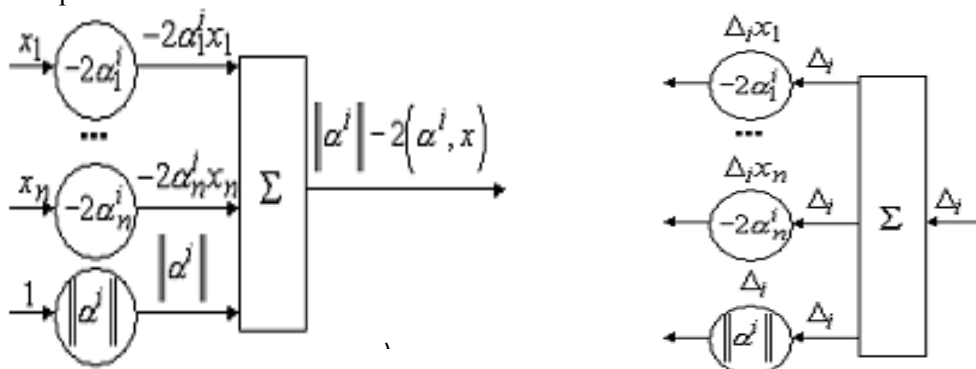
Следующим этапом является разделение выделенных неоднородностей или объединение однотипных неоднородностей в случае, если они разделены разрывом развертки поверхности деталей подшипников. Информация, полученная на этом этапе обработки, передается в виде массива неоднородностей в блок - классификатор формы участков неоднородностей.

Определение характеристик участков неоднородностей поверхностного слоя проводилось на основании параметров формы неоднородностей, значения которых вычислялись автоматически с помощью специально разработанного программного обеспечения. Вычисленные значения параметров подавались на вход искусственной нейронной сети Кохонена упрощенной версии. Обучение

проводилось без учителя по сформированной выборке, включающей вихретоковые образы 34 деталей, содержащих 683 неоднородности различных форм и типов [6].

Алгоритм классификации:

1. На вход нейронной сети, состоящей из одного слоя нейронов, приведенных на рисунке (а), подается вектор входных дискретных значений с АСВК (x).
2. Номер нейрона, выдавшего минимальный ответ, является номером класса, к которому принадлежит вектор x .



Прямое функционирование i -ого нейрона сети Кохонена (а), обратное функционирование i -го нейрона сети Кохонена (б) (над синапсами отмечены вычисленные на последнем шаге поправки)

Алгоритм обучения:

1. Полагаем поправки всех синапсов равными нулю.
2. Для каждой точки множества $\{x^p\}$ выполняем следующую процедуру.
 - Предъявляем точку сети для классификации.
 - Пусть при классификации получен ответ – класс l . Тогда для обратного функционирования сети подается вектор Δ , координаты которого определяются по следующему правилу: $\Delta_i = 0$, при $i \neq l$; $\Delta_i = 1$, при $i = l$.
 - Вычисленные для данной точки поправки добавляются к ранее вычисленным.
3. Для каждого нейрона производим следующую процедуру.
 - Если поправка, вычисленная последним синапсом равна 0, то нейрон удаляется из сети.
 - Полагаем параметр обучения равным величине, обратной к поправке, вычисленной последним синапсом.
 - Вычисляем сумму квадратов накопленных в первых n синапсах поправок и, разделив на -2, заносим в поправку последнего синапса.
4. Проводим шаг обучения с параметрами $h_1 = 0$, $h_2 = -2$.
 - Если вновь вычисленные синаптические веса отличаются от полученных на предыдущем шаге, то переходим к первому шагу алгоритма.

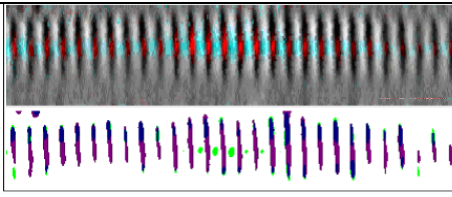
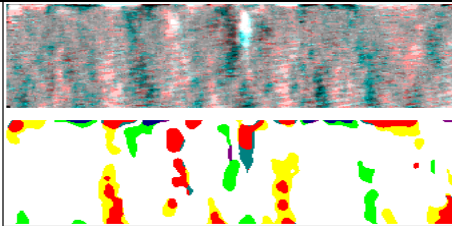
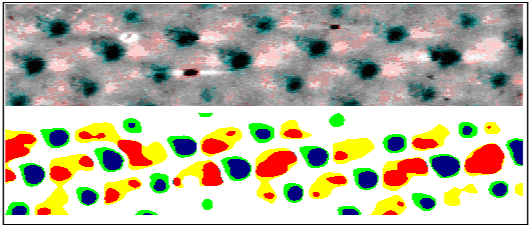
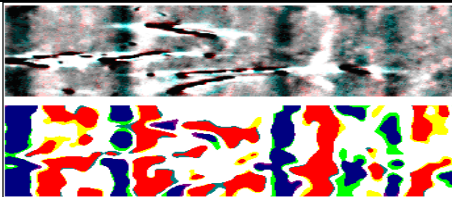
В результате проведенного исследования было выявлено 12 кластеров неоднородностей: 1 (1,96%) – крупные по размеру неоднородности - соответствуют крупным и глубоким единичным трещинам; 2 (2,11%) – крупные по размеру неоднородности с фигурными границами области соответствует трещинам, образующим сетку; 3 (7,08%) – средние неоднородности с фигурными границами области; 4 (7,68%) – неоднородности неправильной прямоугольной формы - представляют элементы крупных дефектов; 5 (10,24%) – округлые области неоднородностей с каймой из точек неоднородностей - соответствуют глубоким пятнистым прижогам; 6 (10,99%) – прямоугольные области неоднородностей - соответствуют крупным периодическим прижогам; 7 (12,35%) – прямоугольные области неоднородностей - соответствуют областям напряженного состояния поверхностного слоя между периодическими прижогам; 8 (12,56%) – области неоднородностей в виде «8»-ки с каймой из точек неоднородностей - соответствуют глубоким пятнистым прижогам поверхностного слоя деталей подшипников; 9 (13,55%) – узкие вытянутые области неоднородностей при глубоких периодических прижогах поверхностного слоя деталей подшипников высокой частоты и 10 - 12 (21,39%) – мелкие, округлые области неоднородностей - объединяют незначительные дефекты и области неоднородностей, входящих в состав крупных дефектов [2,6].

Экспериментальные исследования разработанной модели классификации неоднородностей показали, что кластеры, выявленные на основании предлагаемых параметров классификации с помощью нейронной сети Кохонена, могут объединять дефекты одного типа (кластеры 1,2,5,6,7,8,9) и решать задачу распознавания некоторых видов дефектов (прижогов, периодических прижогов и трещин). В результате проведенного исследования было выявлено 5 кластеров, представленных в таблице 1.

Для проверки было проведено экспериментальное распознавание дефектов на поверхности контролируемых деталей. Эталонные карты дефектов и результаты распознавания дефектов показаны в таблице 2.

Экспериментальное исследование модели выявления дефектов поверхностного слоя на основе искусственных нейронных сетей при вихретоковом методе контроля подтвердили возможность формирования описания дефектов на основе результатов классификации неоднородностей с помощью сети Кохонена, что позволяет проводить распознавание неоднородностей путем проведения сравнительного анализа данных описания дефектов и данных о классах выявленных неоднородностей контролируемой детали. Это подтвердило целесообразность использования нейронных сетей и эффективность применения разработанных методов и алгоритмов для решения задач классификации деталей подшипников по уровню качества поверхностного слоя и выявления дефектов при вихретоковом методе контроля, что позволяет исключить человеческий фактор, повысить эффективность управляющих воздействий по корректировке ТП с целью обеспечения заданного высокого уровня качества производимой продукции [8,9].

Таблица 1

№ кластера	Кластеры по степени неоднородности	Вихретоковые образы деталей подшипников/ Результаты распознавания дефектов по эталонам
1 3,03%	Детали, содержащие узкие вытянутые области неоднородностей, что соответствует деталям с глубокими периодическими прижогом поверхностного слоя деталей подшипников высокой частоты	
2 63,64%	Детали, содержащие небольшое количество различных типов небольших по размеру областей неоднородностей. В данный кластер выделены детали с небольшой долей (не более 30%) областей неоднородностей поверхностного слоя, не соответствующие нормам качества.	
3 12,12%	Детали, содержащие большое количество различных типов небольших по размеру областей неоднородностей. В данный кластер выделены детали с большой долей (более 50%) областей неоднородностей поверхностного слоя, не соответствующие нормам качества.	
4 15,16%	Детали, содержащие средние по размеру, с фигурными границами области неоднородности, состоящие из различных типов точек неоднородностей. В данный кластер выделены детали с большой долей (более 70%) областей неоднородностей поверхностного слоя, не соответствующие нормам качества.	

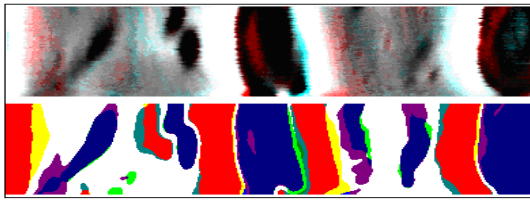



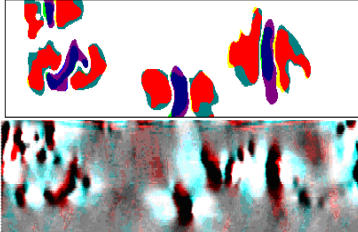
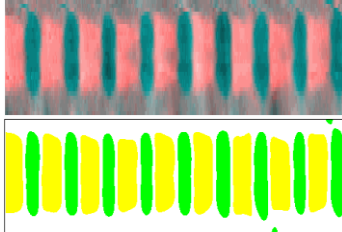
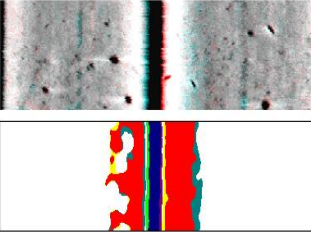
<p>5 6,05%</p>	<p>Детали, содержащие крупные по размеру, с относительно ровными границами области неоднородности, состоящие из различных типов точек неоднородностей. В данный кластер выделены детали с большой долей (более 80%) областей неоднородностей поверхностного слоя, не соответствующие нормам качества.</p>	
--------------------	---	--

Таблица 2

Результаты распознавания дефектов по эталонным описаниям

<p>Эталон</p>	 <p>трещина</p>	 <p>прижог</p>	 <p>метальное обеднение</p>
<p>Идентифицированные дефекты на детали</p>			

ЛИТЕРАТУРА

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / под ред. В.В.Клюева. М.: Машиностроение, 2005. 656с.
2. Игнатъев С.А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции/ С.А. Игнатъев, В.В. Горбунов, А.А. Игнатъев. Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2009. 160 с.
3. Автоматизированный вихретоковый контроль в технологическом процессе производства подшипников/ А.А. Игнатъев, Е.М. Самойлова, С.А. Игнатъев// Научные технологии в машиностроении и авиадвигателе строения: матер. 4 междунар. конф. Рыбинск: РГТУ, 2012. Ч.2. С. 349-353.
4. Игнатъев А.А. Совершенствование управления качеством продукции на основе системы мониторинга с элементами искусственного интеллекта / А.А.Игнатъев, Е.М.Самойлова // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2009. № 3 (41). С. 207-209.
5. Охтиев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов / М.Ю. Охтиев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов. М.: Наука, 2006. 410с.
6. Бахтеев А.Р. Автоматизация распознавания дефектов шлифованных деталей в системе мониторинга технологического процесса производства подшипников /А.Р. Бахтеев, А.А. Игнатъев//Вестник Саратовского государственного технического университета, 2006. № 3 (14). С. 136-142.
7. Hecht-Nielsen R. Counterpropagation Networks. Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, II, IEEE Press New York, NY, pp. 19-32, 1987.
8. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. - М.:Мир, 1992. - 301 с.
9. Самойлова Е.М. Интеграция искусственного интеллекта в автоматизированные системы управления и проектирование технологических процессов / Е.М.Самойлова, А.А. Игнатъев //Вестник Саратовского государственного технического университета, 2010. № 2 (44). С. 117-119.

Игнатъев Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander A. Ignatyev – Dr.Sci.Tech, the professor managing chair «Automation and process control» Gagarin Saratov State Technical University

Самойлова Елена Михайловна –
кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А..

Elena M. Samoylova –
Ph.D., Associate Professor of
«Automation and process control»
Gagarin Saratov State
Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.923

В.А. Каракозова, А.И. Зорин, А.А. Игнатьев

**МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Предлагается уточненная модель съема припуска, используемая для построения динамической системы станка.

Шлифование, подача круга, передаточная функция, динамические характеристики, модель динамической системы, съем припуска

V.A. Karakozova, A.I. Zorin, A.A. Ignatyev

**MODEL OF DYNAMIC SYSTEM OF THE GRINDER FOR PROCESSING OF DETAILS
OF BEARINGS OF TRANSPORT EQUIPMENT AND PROCESSING EQUIPMENT**

The specified model effort of cutting, used for creation of dynamic system of the machine is offered.

Grinding, supply range, the transfer function, dynamic characteristics, the model of a dynamic system, effort of cutting

Для обеспечения качества колец при обработке на современных шлифовальных автоматах необходимо учитывать, как достаточно известные методы технологии машиностроения, так и методы теории управления. Последние позволяют не только эффективно выполнить анализ влияния динамических характеристик станков на результаты обработки, но и учесть воздействие как детерминированных, так и стохастических составляющих процессов в (технологической системе) ТС, а также реализовать управление качеством на основе нескольких информационных параметров, в том числе и по принципу обратной связи с применением приборов активного контроля [1,2]. Поэтому очень важно реализовать в производстве методики управления шлифованием на основе оценки динамического состояния станка по стохастическим характеристикам и контролю качества обработки колец.

Разработка системы автоматического управления (САУ) процессами шлифования связана с наличием достоверной математической модели процесса как объекта управления, который можно описать дифференциальными или операторными уравнениями, передаточными, переходными или частотными функциями [3]. На практике можно построить как теоретическую модель динамической системы (ДС), так и экспериментально-аналитическую модель, применяя методы теории идентификации [4].

В данной статье решена задача построения модели ДС в виде передаточной функции, характерным отличием которой является разработка уточненной модели съема припуска,

Построению модели ДС предшествует составление функциональной схемы [5,6]. Для установившегося процесса шлифования сила резания представляется формулой (1).

$$F = f_1(k_{\text{реж}}, q, v_k, b, h), \quad (1)$$

где $k_{рез}$ - коэффициент, характеризующий режущую способность круга; q - коэффициент, характеризующий физико-механические свойства обрабатываемого материала; v_k - скорость резания; b - ширина шлифования, равная при врезном шлифовании ширине обрабатываемой детали; h - глубина резания.

Кроме того, на динамику процесса резания при врезном шлифовании будут оказывать влияние площадь S контактирующей (активной) режущей поверхности круга и детали (рис.1), которая определяется размерами ширины шлифования b и длиной дуги активного контакта l .

$$S = b \cdot l, \quad (2)$$

От колебаний величины S зависят колебания усилия резания F , которые оказывают влияние на температуру в зоне резания и скорость съема припуска.

При постоянном значении b площадь S контактирующей (активной) режущей поверхности круга зависит от длины дуги контакта l . Применяемые в шлифовании формулы для определения длины дуги контакта, в основном, эмпирического происхождения, не связывающие размеры круга и отверстия детали, что снижает точность вычислений по этим формулам, например [7]

$$l = C_1 \cdot t_{\phi}^{0.5}, \quad (3)$$

где t_{ϕ} - фактическая глубина шлифования

Для выведения более точной формулы длины дуги контакта l рассмотрим схему контакта круга и детали при врезном шлифовании, приведённую на рис. 1.

Найдём точки пересечения окружностей абразивного круга и отверстия в детали. (А, С), (рис. 1), для чего решим систему двух уравнений:

$$\begin{cases} X^2 + Y^2 + (R-r+h)^2 = R^2 \\ X^2 + Y^2 = r^2 \end{cases}, \quad (4)$$

где X, Y - текущие координаты, R - радиус отверстия, r - радиус шлифовального круга.

Из совместного решения уравнений (4) следует:

$$X_A = \frac{C_1 \cdot (R-h)}{C_1+h}, \quad Y_A = \sqrt{\frac{2hrR}{C_1+2h}} \quad (5, 6)$$

где X_A и Y_A координаты точки пересечения А(X_A, Y_A) окружностей круга и детали, $C_1 = R - r$.

При выведении формул (4) и (5) h^2 было приравнено 0, как величина бесконечно малая второго порядка по сравнению с другими входящими в формулу величинами.

В результате преобразований получена формула для расчета длины дуги контакта абразивного круга с обрабатываемой деталью.

$$l = 2 \cdot \int_{\frac{C_1 \cdot (R-h)}{C_1+h}}^r \sqrt{1 + \left(\frac{C_1 \cdot (-h)}{C_1+h}\right)^2} dx, \quad Y = \sqrt{r^2 - X^2} \rightarrow Y' = -\frac{X}{\sqrt{r^2 - X^2}} \quad (7, 8)$$

где $Y^2 + X^2 = r^2$

Подставляя Y' из формулы (8) в формулу (7), получим

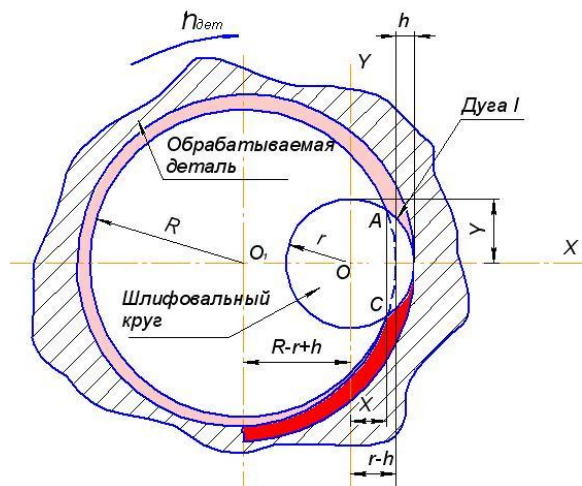


Рис. 1. Схема контакта круга и детали при врезном шлифовании где: R - радиус шлифуемого отверстия, r - радиус шлифовального круга, X, Y - текущие координаты, l - длина дуги активного контакта круга и детали, h - глубина врезания круга в деталь за один оборот детали, А, С - точки пересечения окружностей абразивного круга и отверстия в детали

$$l = r \cdot \arcsin \frac{X}{r} \Big|_{\frac{C_1 \cdot \overleftarrow{h}}{c}}^r = r \cdot \left[\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{C_1 \cdot \overleftarrow{h}}{r \cdot C_1 + 2h} \right] \quad (9)$$

Подставляя значения (8) в формулу (2) получим выражение для площади контактирующей (активной) режущей поверхности шлифовального круга.

$$S = l \cdot b = r \cdot H \cdot \left[\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{C_1 \cdot \overleftarrow{h}}{r \cdot C_1 + 2h} \right] \quad (10)$$

Формула (10) позволяет определить площадь контактирующей (активной) режущей поверхности круга и детали (поверхности резания) при любых размерах круга и отверстия в детали, полученных либо с датчиков, либо рассчитанных аналитически. Зная площадь поверхности резания можно точно рассчитывать и контролировать усилие резания и адекватность процессу шлифования величины поперечной подачи суппорта. В формуле величина h может приравниваться поперечной подаче V_c .

Также одним из важных факторов, влияющих на аппаратный ход процесса управления является мощность N , потребляемая двигателем привода вращения детали. Согласно [8] мощность N

$$N = V \cdot F \quad (11)$$

где V – скорость (линейная), F – сила (в нашем случае сила резания).

Уточним определение скорости V , которая, в общем, определяется траекторией перемещения режущего элемента по шлифуемой поверхности детали и частотой (угловой скоростью) вращения детали.

При выводе формул (8) и (9) за траекторию относительного перемещения активного режущего элемента, как и в известной литературе по шлифованию, в т.ч. и по врезному, принималась дуга окружности. В действительности, из-за непрерывности процесса врезного шлифования, траекторией перемещения режущих элементов является кривая, отличная от окружности, больше напоминающая спираль Архимеда.

С учетом формулы спирали Архимеда

$$\rho = K_{cn} \cdot \varphi = \frac{a}{2\pi} \varphi, \quad (12)$$

получена формула для определения величины текущего («мгновенного») радиуса шлифования r :

$$r = r_0 + V_c \cdot n_t + K_{cn} \cdot \varphi = r_0 + V_c \cdot n_t + \frac{V_c}{2\pi} \cdot \varphi = r_0 + V_c \cdot \left(n_t + \frac{\varphi}{2\pi} \right) \quad (13)$$

где: r_0 – радиус отверстия в заготовке (в момент начального соприкосновения круга и шлифуемой детали); a – шаг спирали Архимеда, принятый равным величине расчетной подачи суппорта V_c шлифовального станка за один оборот детали, n_t – количество оборотов, сделанное деталью с момента начального соприкосновения круга и шлифуемой детали до момента измерения радиуса отверстия.

Из формулы (13) видно, что текущий радиус r вращения режущего элемента непрерывно увеличивается – за каждый оборот детали ($\varphi = 2\pi$) радиус вращения активного режущего элемента будет увеличиваться на V_c . V_c – поперечная подача суппорта на 1 оборот детали) благодаря врезанию в деталь). С увеличением r будет непрерывно увеличиваться линейная скорость перемещения абразивного режущего элемента по шлифуемой поверхности детали и связанная с ней потребляемая мощность двигателя привода вращения детали. Согласно [8] линейная скорость при вращательном движении материальной точки (в нашем случае абразивного режущего элемента

$$V = r\omega \quad (14)$$

Тогда для врезного шлифования линейная текущая (мгновенная) скорость перемещения режущего активного элемента по шлифуемой поверхности детали будет равна с учетом формул (12) и (13)

$$V = r \cdot \omega = \left[r_0 + V_c \cdot \left(n_t + \frac{\varphi}{2\pi} \right) \right] \cdot \omega \quad (15)$$

где ω – угловая скорость вращения детали.

Вводя в формулу мощности (11) коэффициент $k_{шл}$ – пропорциональности, зависящий от специфики внутреннего врезного шлифования и размерности параметров, входящих в формулу и учитывая формулу (14), получим формулу потребляемой мощности двигателя привода вращения детали.

$$N = V \cdot F_Y = K_{шл} \cdot \left[r_0 + V_c \cdot \left(n_t + \frac{\varphi}{2\pi} \right) \right] \cdot F_Y \cdot \omega \quad (16)$$

Формула (2.20) позволяет по сравнению с известными формулами, например [8],

$$N_{заг} = P_z \cdot V_{ар} / (1000 \cdot 60 \cdot n_2) \quad (17)$$

более точно представлять и корректировать управление процессом врезного шлифования. В практическом шлифовании принято считать, что для установившегося процесса, когда подача, усилие резания и частота вращения детали не меняются, должна быть постоянной и мощность. В действительности, согласно формуле (16), потребляемая мощность двигателем вращения детали непрерывно возрастает от минимального до максимального значения в течение одного перехода операции врезного шлифования.

В то же время, скорость резания при увеличении диаметра отверстия может быть принята для данных размеров круга и детали при снятии припуска на чистовых переходах постоянной. Тогда при врезном шлифовании при постоянной скорости резания, при неизменных режущей способности круга и свойствах материала обрабатываемых деталей, при ширине шлифования $b = \text{const}$, колебания площади и скорости контактирующей (активной) режущей поверхности круга и детали не сказываются на глубине резания, сила резания F в установившемся режиме будет определяться лишь фактической толщиной среза a_d :

$$F = f_3(a_d), \quad (18)$$

Под толщиной среза a_d здесь понимается некоторая приведенная (интегральная) толщина срезаемой стружки металла, которая фактически обусловлена параметрами множества микростружек, снимаемых элементарными зёрнами шлифовального круга в текущий момент времени.

В работе [6] автором рассматривается снимаемый с детали при врезном шлифовании припуск (толщина среза) a_0 как сумма припусков a_d – основного (расчетного) припуска, снимаемого с детали, $a_{ИК}$ – приращения припуска из-за износа круга, $a_{уд}$ – упругой деформации технологической системы и приводятся выведенные им формулы, т.е.

$$a_0 = a_d + a_{ИК} + a_{уд} \quad (19)$$

Несмотря на то, что сьем припуска при врезном шлифовании рассматривается в схеме, принятой Михелькевичем В.Н., происходящим по дуге окружности, а не по кривой Архимеда (в этом случае расчетные формулы были бы более точными), основные закономерности, выведенные им для определения толщины среза за один оборот детали, могут быть приняты для построения динамической модели системы.

Так как при врезном шлифовании основная зависимость – это зависимость между силой резания и скоростью поперечной подачи, то если за входную переменную шлифовального станка $x_{вх}(t)$ принять функцию изменения скорости поперечной подачи $v_c(t)$, а за выходную переменную $x_{вых}(t)$ – соответствующую ей функцию изменения радиальной силы $F_y(t)$, то передаточная функция ОУ будет равна:

$$W_c(p) = \frac{F_y(p)}{V_c(p)}. \quad (20)$$

С учетом обратной связи по упругой деформации системы и обратной связи по износу круга получим обобщенную модель ДС при врезном шлифовании.

Для обобщенной структурной схемы процесса врезного внутреннего шлифования доработаны базовые формулы [6], что позволило получить уточненную передаточную функцию ДС.

$$W(p) = \frac{F_Y(p)}{V_c(p)} = \frac{\frac{K_{рез}}{p} \cdot (-e^{-p\tau_d})}{1 + \frac{K_{рез}}{p} \cdot (-e^{-p\tau_d}) \cdot (K_{yc} \cdot p + K_{ик})} \quad (21)$$

После разложения в ряд Пада с точностью (2/2) экспоненциальной функции $(1 - e^{-p\tau_d})$ и алгебраических преобразований формула (21) приняла вид:

$$W(p) = \frac{12\tau_d \cdot K_{рез}}{\tau_d^2 p^2 + 6\tau_d p + 12 + 12\tau_d \cdot K_{рез} \cdot (K_{yc} \cdot p + K_{ик})} \quad (22)$$

Учитывая, что ДС включает совокупность параллельно соединенных шпиндельный узел (ШУ) детали и ШУ инструмента, следовательно $W_{yc}(p) = W_{и}(p) + W_{д}(p)$. Тогда обобщенная структурная схема процесса врезного внутреннего шлифования будет иметь вид, приведенный на (рис.2), а соответствующая ей передаточная функция преобразуется к виду:

$$W(p) = \frac{F_Y(p)}{V_c(p)} = \frac{\frac{K_{рез}}{p} \cdot (-e^{-p\tau_d})}{1 + \frac{K_{рез}}{p} \cdot (-e^{-p\tau_d}) \cdot [K_{yc} \cdot p \cdot (W_{и}(p) + W_{д}(p)) + K_{ик}]} \quad (23)$$

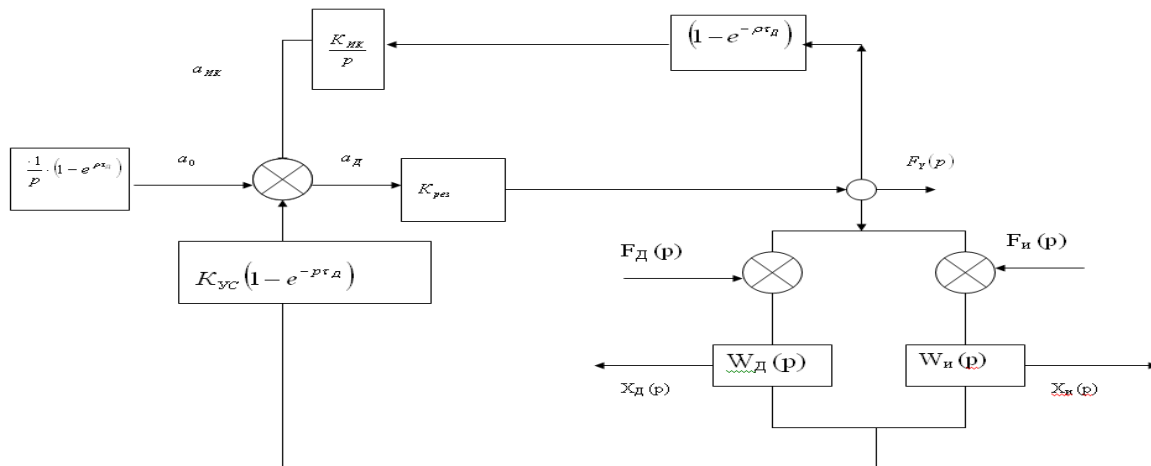


Рис. 2. Структурная схема динамической системы с учетом уточненной схемы съема припуска

Передаточные функции ШУ детали $W_{д}(p)$ и ШУ инструмента $W_{и}(p)$ в общем случае имеют сложную структуру, образованную совокупностью колебательных звеньев [6]. Выражения для них имеют вид

$$W_{д}(p) = \sum_{i=1}^n \frac{h_{дi}}{T_{дi}^2 p^2 + 2\gamma_{дi} T_{дi} p + 1}, \quad W_{и}(p) = \sum_{j=1}^m \frac{h_{иj}}{T_{иj}^2 p^2 + 2\gamma_{иj} T_{иj} p + 1}, \quad (24, 25)$$

где $h_{дi}, h_{иj}$ – коэффициенты, обусловленные статической жесткостью отдельных элементов ШУ; $T_{дi}, T_{иj}$ – постоянные времени, обусловленные собственными частотами отдельных элементов ШУ; $\gamma_{дi}, \gamma_{иj}$ – относительные коэффициенты демпфирования отдельных элементов ШУ.

Анализ формулы (23) с учетом выражений (24) и (25) достаточно сложен, поэтому с целью упрощения передаточной функции $W_{р}(p)$ ШУ инструмента и ШУ детали рассматриваются как колебательные звенья с одной основной частотой, а именно:

$$W_{и}(p) = \frac{h_{и}}{T_{и}^2 p^2 + 2\gamma_{и} T_{и} p + 1}, \quad W_{д}(p) = \frac{h_{д}}{T_{д}^2 p^2 + 2\gamma_{д} T_{д} p + 1} \quad (26)$$

Подставив значения (26) в (23), получим:

$$W \Phi \Rightarrow \frac{1}{\tau_d^2 p^2 + 6\tau_d p + 12 + 12\tau_d K_{рез}} \frac{12\tau_d K_{рез}}{K_{ус} p \left(\frac{h_{и}}{T_{и}^2 p^2 + 2\gamma_{и} T_{и} p + 1} + \frac{h_{д}}{T_{д}^2 p^2 + 2\gamma_{д} T_{д} p + 1} \right) + K_{ик}} \quad (27)$$

Или в форме многочлена:

$$W \Phi \Rightarrow \frac{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{b_4 p^4 + b_3 p^3 + b_2 p^2 + b_1 p + b_0} \quad (28)$$

где a_i - b_i - постоянные коэффициенты, вычисляемые по коэффициентам передаточных функций звеньев ДС.

Отличительной особенностью врезного шлифования с точки зрения управления является инерционность воздействия связанных с ним физических процессов на параметры обработки. Например, после кратковременного действия дискретного источника тепла в любом звене системы, вызываемые им температурные изменения в детали (увеличение размеров) могут идти сравнительно длительное время уже после прекращения функционирования источника тепла. То же может быть сказано и о реакции управляющей системы на колебания съема металла при неравномерном припуске, которая может последовать также не сразу и т.д. Поэтому для инерционных процессов обработки (а это относится не только к шлифованию, но и к любому управляемому технологическому процессу металлообработки), режимы обработки рассчитываются, как правило, за определенный промежуток времени, например, подача мм в минуту или мм за 1 оборот. Для учета подобных допущений в моделях управляющих систем вводятся элементы запаздывания в структуру ДС, что повышает точность и адекватность описания подобных систем управления и их передаточных функций.

В нашем случае введение в структуру ДС передаточных функций $W_{и}(p)$ и $W_{д}(p)$ повысило порядок характеристического уравнения со второго до четвертого, что способствовало повышению точности и адекватности описания ДС.

Построенная модель съема припуска используется для выбора режима шлифования при обработке колец подшипников [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатъев С.А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции. / С.А. Игнатъев, В.В. Горбунов, А.А. Игнатъев Саратов: Изд-во СГТУ. 2009. 160с.
2. Каракозова В.А. Экспериментально-аналитический метод определения передаточной функции динамической системы станка./В.А.Каракозова, А.А.Игнатъев // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. науч. тр. Саратов: Изд-во СГТУ, 2010. С.90-92.
- 3.Егоров К.В. Основы теории автоматического регулирования. / К.В. Егоров М.: Энергия, 1967. 648 с.
- 4.Игнатъев А.А. Основы теории идентификации объектов управления / А.А.Игнатъев, С.А. Игнатъев Саратов: СГТУ, 2008. 44с.
5. . Бржозовский Б.М., Игнатъев С.А. Модель динамической системы шлифовального станка с учетом стохастичности процессов // // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: Сб.тр. – Саратов: СГТУ, 2001. – С. 31-34.
6. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. М.: Машиностроение, 1975. - 34 с.
7. Зубарев Ю.М. Математическое описание процесса шлифования. Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) Источник: Российский научно-технический журнал «Инструмент и технологии №17-18] 2004г.-С.157-161.
8. Яворский Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. М., Наука, 1968. 940 с.

9. Каракозова В.А., Игнатъев А.А. Выбор подачи круга для обеспечения качества обработки колец подшипников на основе идентификации динамической системы шлифовального станка / В.А.Каракозова, А.А.Игнатъев // Вестник Саратовского государственного технического университета 2011. № 2 (56). С.69-73.

Игнатъев Александр Анатольевич - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Aleksandr A. Ignatyev – Dr.Sci.Tech., the professor the chair chief «Automation and management of technological processes» Gagarin Saratov state technical university

Каракозова Вера Алексеевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Vera A. Karakozova – Candidate of Technical Sciences, associate professor, the laboratory chief the chair «Automation and management of technological processes» Gagarin Saratov state technical university

Зорин Анатолий Иванович инженер первой категории лаборатории кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Anatoliy I. Zorin – Engineer of the first category of laboratory the chair «Automation and management of technological processes» Gagarin Saratov state technical university

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.9.06

М.В. Виноградов, А.А. Игнатъев, Е.А. Сигитов

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ПРЕЦИЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ НА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНКАХ

Предложена и обоснована феноменологическая модель точности прецизионной обработки в виде двумерной функции распределения погрешностей, учитывающей погрешности двух формообразующих движений: позиционирование рабочего органа с инструментом и вращение шпинделя с заготовкой, при условии минимизации возмущающих воздействий.

Прецизионная обработка, феноменологическая модель, позиционирование, движение, рабочий орган, привод подачи, фрикционная передача

M.V.Vinogradov, A.A.Ignatyev, E.A.Sigitov

METHODOLOGY OF FORMATION OF ACCURACY PRECISION PROCESSING OF DETAILS OF CARS ON THE AUTOMATED MACHINE TOOLS

In given article the phenomenological model of accuracy of precision processing in the form of two-dimensional function of distribution of the errors, a considering error of two form-building movements is offered and proved: positioning of working body with the tool and rotation of a spindle with preparation, under condition of minimisation of revolting influences.

Precision processing, phenomenological model, positioning, movement, working body, giving drive, friction gear

Метод обработки деталей автомобиля характеризует процесс формирования параметров качества деталей, включая параметры точности и физико-механические свойства поверхностного слоя. Каждый из методов определяется рядом факторов, таких, как способ воздействия (механическое со снятием и без снятия материала, физическое, химическое и другие), применяемый инструмент (лезвийный, абразивный и другие), характер формообразующих движений (кинематика процесса формообразования, зависящая от ряда статических и динамических факторов), технологический режим.

Основная продукция машиностроительных предприятий состоит, как известно, из широкой номенклатуры деталей, обрабатываемых резанием, причем параметры их качества формируются на таких финишных операциях как тонкое точение, шлифование, суперфиниширование и т.п. Указанное обуславливает особое внимание к проблеме обеспечения точности обработки на прецизионных автоматизированных металлорежущих станках (МРС), поскольку обработка деталей с размерами 30...80 мм по 1...3 квалитетам имеет ряд существенных особенностей, связанных с малыми снимаемыми припусками и небольшими силами резания [1, 2]. В рассматриваемом случае реализованы как конструктивные, так и технологические методы обеспечения обработки высокоточных деталей, а также минимизировано влияние динамических процессов различной скорости (тепловых и колебательных), наиболее существенную роль в получении заданных значений параметров деталей играет точность формообразующих движений рабочих органов на финишных операциях, как при точении, так и при шлифовании и суперфинишировании [3].

Качество функционирования МРС, а именно, его технологическую (параметрическую) точность можно оценить некоторым обобщенным показателем, имеющим смысл вероятности обработки с заданной точностью, что согласуется с моделью параметрического отказа, рассмотренной А.С. Прониковым [4].

Оператор связи этих значений параметров с точностью обработки на МРС обычно неизвестен в явном виде. Для решения этой задачи используются методы, основанные на математическом и физическом моделировании, а также экспериментальные исследования с последующим построением экспериментально-аналитических моделей. В конечном итоге формируются параметрическая модель МРС, состоящая из n - мерного вектора \bar{X} , обеспечивающего исчерпывающее описание объекта исследования, и области S_P^{ϵ} , задающей разрешенные значения параметров формообразующей подсистемы и технологического режима.

Для случая n параметров решающее правило для признания МРС соответствующим заданному критерию точности

$$\bar{X} \in S_P^{\epsilon}, \quad (1)$$

где $\bar{X} = [x_1, x_2, \dots, x_n]$. Параметрическая модель создается в течение ряда этапов. Для реальных технических объектов зависимость показателя качества от значений их основных параметров обычно сложна и получить ее в явном виде можно только для простейших объектов. Создание параметрической модели качества обработки на МРС существенно усложняется необходимостью анализа зависимости показателя качества – точности обработки – от параметров формообразующей подсистемы и процесса резания.

Первый этап такого анализа, в наименьшей степени поддающийся формализации – определение перечня параметров (составляющих вектора), оказывающих влияние на показатель качества.

Второй этап создания параметрической модели заключается в определении в пространстве параметров $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ тех их разрешенных значений, которые позволяют сформировать область S_P^{ϵ} , соответствующую заданному значению показателя качества.

Третий этап построения модели связан с выделением доминирующих параметров, связанных с формообразованием на данном МРС при дополнительных ограничениях, накладываемых на внутренние и внешние влияющие факторы и выходные параметры точности обработки. При этом используются результаты экспериментальных исследований с применением методов математической статистики и планирования многофакторных экспериментов. Указанное позволяет в конечном итоге со-

кратить количество измеряемых параметров вектора \bar{X} , и осуществить переход от исходной n -мерной допусксовой области S_p^n к области с меньшей размерностью S_p^m ($m < n$). Следует отметить, что область S_p^m в этом случае представляет собой m -мерный гиперпараллелепипед. Снижение размерности допусксовой области упрощает процесс построения и исследования искомой параметрической модели качества обработки на МРС.

Следует отметить, что в образовании макрогеометрии деталей автомобилей участвуют движения, изменения траекторий которых соизмеримы с размерами и формой обрабатываемой поверхности. Такие движения являются макродвижениями. В образовании микрогеометрии участвуют движения, изменения траекторий которых соизмеримы с микронеровностями обрабатываемой поверхности. Эти движения являются микродвижениями.

Траектории движения заготовки и инструмента оказывают большое влияние на микрогеометрию обработанной поверхности, поскольку неровности расположены по кривым, представляющим собой след фактической траектории относительного движения инструмента и заготовки. Вследствие этого даже незначительные вариации траектории, вызванные изменением технологического режима или вибрациями, влияют на характер и значения микронеровностей. При этом изменяется не только вид кривых, по которым расположены неровности, но и их профиль и высота, поскольку изменение траектории происходит не только в плоскости, но и в пространстве.

При обработке на МРС фактическая траектория движения отличается от теоретической. Величина ее отклонения характеризует кинематическую погрешность, причины которой можно разделить на две группы: статические и динамические. К статическим относятся: неточность основной кинематической схемы, неточность изготовления и сборки элементов системы, определяющих взаимное расположение инструмента и детали в процессе обработки (включая погрешность базирования заготовки). К динамическим относятся причины, связанные с изменением сил и жесткости системы в процессе обработки, обуславливающие возникновение относительных колебаний в паре инструмент-заготовка.

Известно, что при малых скоростях движения в условиях трения твердых тел даже при постоянной силе тяги может возникать неплавность скольжения, представляющая фрикционные автоколебания. Вредными проявлениями этого вида колебаний являются неравномерность скорости движения суппортов с режущим инструментом по направляющим и, как следствие, периодичность микрогеометрии обработанных поверхностей из-за погрешностей позиционирования, представляющих рассогласование между заданной и фактической величинами подач.

Наиболее перспективным направлением синтеза приводов автоматизированных металлорежущих станков является синтез микропроцессорных систем управления. Такие системы могут реализовывать любой, сколь угодно сложный закон управления. Синтез алгоритмов управления является в большей степени математической задачей теории оптимального управления. Этот этап требует проведения дополнительных работ по отладке алгоритма, анализа возможности его реализации на имеющейся элементной базе, моделированию работы системы в реальном времени.

Основные показатели качества P_k , шлифовальной, суперфинишной и токарной обработки: точность размера T_p , точность формы T_ϕ , волнистость B , шероховатость $Ш$, качество поверхностного слоя K_{nc}

$$P_k = f(T_p, T_\phi, B, Ш, K_{nc}). \quad (2)$$

Доминирующими показателями качества P_{2k} можно принять точность размера и волнистость, т.к. они наиболее явно влияют на эксплуатационные свойства изделий, сравнительно просто определяются и достигаются наладкой оборудования.

$$P_{2k} = f(T_p, B). \quad (3)$$

Эти факторы часто взаимосвязаны, т.к. определяются в основном точностью относительных движений инструмента и детали.

Для количественной оценки точности T_n по результатам реального измерения деталей вычисляется коэффициент запаса точности C_T по формуле

$$C_T = \frac{S_g - S_n}{6\sigma}, \quad (4)$$

где S_g, S_n – верхний и нижний предел допуска, соответственно; σ – среднее квадратическое отклонение размеров деталей (рис. 1).

Точность T_n оценивается исходя из следующих соотношений: $C_T > 1,33$ – стабильный процесс формообразования, хороший запас точности; $C_T = 1,0 \dots 1,33$ – критический режим, так как могут появиться дефекты детали, требуется внимательное наблюдение; $C_T < 1,0$ – необходимо выяснить причину появления дефектных деталей и принять меры управляющего воздействия, неудовлетворительный запас точности.

Отклонения от точности деталей автомобилей (погрешность обработки) носит вероятностный характер, поэтому совместная функция плотности вероятностей будет определять вероятность того, что значения отклонений от размера и круглости для двух точек наблюдения находятся внутри некоторой определенной пары промежутков величин в любой момент времени

$$P_{2k}(\epsilon_p; B) = \lim_{\Delta T_p \rightarrow 0} \lim_{\Delta B \rightarrow 0} \frac{P_{2k}(\epsilon_p) \cdot P_{2k}(\epsilon_p + \Delta T_p) \cdot P_{2k}(B) \cdot P_{2k}(B + \Delta B)}{\Delta T_p \Delta B} \quad (5)$$

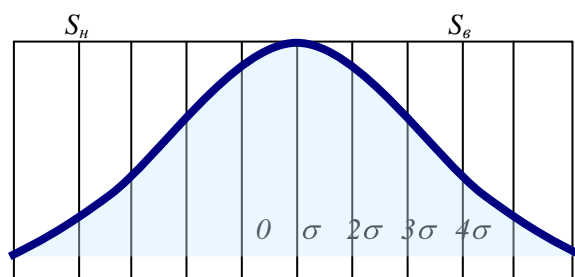


Рис. 1. Кривая плотности распределения отклонения параметра (отклонения размера детали)

Совместная функция плотности вероятности обеспечивает достаточно большое количество информации о качестве процесса формообразования. Учет всех комбинаций величин отклонений позиционирования инструмента и детали и вращения шпинделей нагляднее всего представить в трехмерном пространстве (рис. 2). При этом функции точности позиционирования инструмента и детали и вращения шпинделей сравнительно легко измерить, что способствует их широкому применению для описания случайных процессов формообразования.

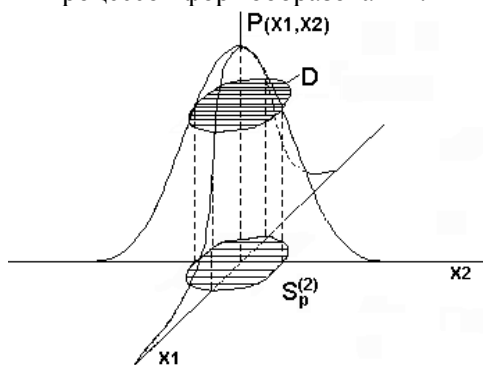


Рис. 2. Модель точности обработки для двух доминирующих параметров

Совместная функция плотности вероятности определяет вероятность того, что значения амплитуды изучаемого процесса на двух точках наблюдения находятся внутри некоторой определенной пары промежутков амплитуд в любой момент времени, т.е.

$$p(\epsilon; y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{P(\epsilon) \cdot P(\epsilon + \Delta x) \cdot P(y) \cdot P(y + \Delta y)}{\Delta x \Delta y} \quad (6)$$

Эта функция является гораздо более сложной, чем другие функции плотности вероятности и редко применяется на практике. Одна из существенных причин этого положения, вероятно, заключается в трудоемкости и продолжительности аналоговых измерений этой функции. Процесс измерений совместной функции плотности вероятности продолжителен, главным образом, потому, что необходимо учитывать все комбинации значений амплитуд x и y . Следовательно, результаты таких измерений получаются не в двухмерном, а скорее, в трехмерном пространстве.

Параметрическая модель точности обработки для двух определяющих параметров x_1 и x_2 может быть представлена в виде зависимости некоторого критерия $P(x_1, x_2)$ (рис. 2). Область D опреде-

ляет минимально допустимое значение критерия $P_D(x_1, x_2)$, а ее проекция на плоскость параметров S_p – допусковую область нахождения параметров x_1 и x_2 . Например, для случая токарной обработки параметр x_1 – точность позиционирования инструмента (суппорта) на прецизионном токарном модуле ТПАРМ достигла 0,2 мкм, x_2 – точность вращения шпинделя с деталью – 0,3 мкм. Эти параметры определяются на стадиях разработки, изготовления и эксплуатации станка.

Для токарных станков при дополнительных ограничениях, накладываемых на внутренние и внешние влияющие факторы и выходные параметры точности обработки (минимизация или исключение зазоров в механической передаче приводов подачи; снижение трения в направляющих, например, применение аэростатических; стабилизация температуры окружающей среды и станка в пределах $\pm 0,2^\circ\text{C}$; минимизация амплитуды вибраций формообразующих узлов в пределах 0,1...0,2 мкм; ограничение силы резания не более 30...50 Н и т.п.) доминирующими параметрами, связанными с формообразованием, являются точность вращения шпинделя и точность движения инструмента (суппорта). У шлифовальных станков такими параметрами являются точность вращения шпинделя изделия и точность движения инструмента (круга). Для суперфинишных станков в качестве доминирующих параметров можно выделить точность вращения шпинделя и точность движения инструмента (брусков). Таким образом, перечисленные МРС имеют сходные доминирующие параметры, снижение значений которых дает определенный положительный эффект с точки зрения повышения точности обработки.

В общем случае функция распределения погрешностей токарной обработки, как показали исследования [5], является нормальной или близкой к ней. Однако, по мере повышения точности формообразующих движений функция распределения при указанных условиях отклоняется от нормальной и становится более островершинной. При этом также снижается дисперсия погрешностей.

Феноменологическая модель точности сверхпрецизионной обработки представлена в виде двумерной функции распределения погрешностей, учитывающей погрешности двух формообразующих движений: позиционирование рабочего органа с инструментом и вращение шпинделя с заготовкой, при условии минимизации влияния на точность обработки в установленных пределах возмущающих воздействий (температурных, вибрационных, силовых, упругодеформационных, триботехнических, износа инструмента).

Прецизионная обработка, в частности токарная по 1...3 квалитетам точности, накладывает определенные требования на следящий привод подачи, касающиеся, прежде всего его дискретности. Проведем ее оценку в зависимости от требуемой точности формообразования. Погрешности прецизионной обработки определяются совокупностью различных факторов, среди которых выделяются доминирующие. Причем суммарная погрешность определяется соотношением

$$\Delta = 6\sigma_0 + \gamma N_\sigma, \quad (9)$$

где σ_0 – среднее квадратическое отклонение (СКО) диаметральных размеров; γ – коэффициент регрессии размеров, N_σ – число деталей в партии. Заданная точность обработки достигается при $\Delta < \Delta_p$, где Δ_p – поле допуска на размер детали. Систематическую составляющую погрешности компенсируют коррекцией положения инструмента, а случайную, определяемую величиной $6\sigma_0$, стремятся минимизировать. В реальных условиях станок предварительно настраивают по пробным заготовкам, причем формула для расчета точности имеет следующий вид

$$6\sigma_0 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{N_{\delta,n}}} \right) + \delta_n + 2\varepsilon n \leq \Delta_p, \quad (10)$$

где $N_{\delta,n}$ – число пробных заготовок; ε – дискретность привода; n – число единиц дискретности в данной коррекции; δ_n – допуск на настройку.

Примем, что случайная составляющая погрешности определяется двумя величинами: погрешностью позиционирования суппорта со СКО σ_1 и погрешностью, обусловленной деформациями (силовыми и тепловыми) технологической системы (ТС) при резании, со СКО σ_2 . Тогда СКО диаметральных размеров будет

$$\sigma_0 = 2\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}. \quad (11)$$

Для уменьшения σ_0 целесообразно стремиться к уравниванию элементарных погрешностей, т.е.

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma, \quad (12)$$

Проведем анализ факторов, определяющих точность привода подачи при прецизионной обработке. Точность следящих систем, как известно, характеризуется статической и динамической ошибками. Статическая ошибка складывается из дискретности ДОС, кинематической погрешности - люфта механической передачи, моментных ошибок, возникающих под действием нагрузки на исполнительное звено привода и других. Динамическая ошибка связана с переходными процессами при изменении скорости движения или останове рабочего органа. Оценка ряда составляющих, выполненная в работе [6], а также результаты исследований, показали, что на прецизионном МРС, имеющем беззазорную механическую передачу и аэроэластические направляющие суппорта, дискретность привода подачи определяется дискретностью ДОС - ε_d .

Таким образом, по результатам исследований установлено, что совместное применение в приводе подачи МФП и ДОС на основе ЛГИ обеспечивает высокую точность позиционирования суппорта токарного станка, практически недостижимую с помощью других типов приводов.

Дальнейшее повышение точности обработки до уровня сверхпрецизионной достигается, во-первых, минимизацией влияния погрешностей формообразующих движений шпинделя с деталью, во-вторых, совершенствованием характеристик многоступенчатой фрикционной передачи (МФП) привода модулей типа ТПАРМ.

Предложенная феноменологическая модель точности прецизионной обработки позволила обосновать, что при минимизации влияния ряда возмущенных факторов доминирующими для сверхпрецизионной обработки являются точность формообразующих движений суппорта и шпинделя. Результаты проведенных экспериментальных исследований на прецизионных шлифовальных, суперфинишных и токарных станках показали, что основную роль в формировании точности обработки деталей автомобилей играют два формообразующих движения рабочих органов. Минимизация влияния формообразующих движений шпинделя на качество обработки достигается динамической балансировкой и выбором рациональной скорости вращения шпинделя, при которой уровень вибрации находится на уровне 0,2...0,3 мкм в диапазоне частот до 100 Гц. Исходя из феноменологической модели точности при минимизации погрешностей вращения и вибрации шпиндельного узла основным доминирующим фактором для реализации сверхпрецизионной токарной обработки деталей автомобилей является погрешность позиционирования суппорта, причем их минимизация достигается применением беззазорной МФП в приводе подачи. Повышение точности формообразующих движений суппорта модулей типа ТПАРМ связано с совершенствованием параметрической надежности МФП привода подачи, что обуславливает целесообразность исследования ее различных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов М.В. Обеспечение точности исполнительных движений в прецизионных автоматизированных станках на основе привода подачи с многоступенчатой фрикционной передачей / М.В. Виноградов, Е.А. Сигитов, А.А. Игнатъев // Вестник СГТУ. 2011. №3 (58). С. 51-61.
2. Портман В.Т. Модель выходной точности станка / В.Т. Портман, В.Г. Шустер // Вестник машиностроения, 1983. №9. С. 30-33.
3. Виноградов М.В. Управление качеством формообразования на прецизионных автоматизированных металлорежущих станках / М.В. Виноградов, А.А. Игнатъев, Е.А. Сигитов и др. Саратов: СГТУ. 2003. 132 с.
4. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков / А.С. Проников. М.: Машиностроение, 1985. 288 с.
5. Бржозовский Б.М. Точность и надежность автоматизированных прецизионных металлорежущих станков. Ч.1, 2 / Б.М. Бржозовский, В.А. Добряков, А.А. Игнатъев и др. Саратов: СПИ, 1992. 160 с.
6. Бржозовский Б.М. Диагностика автоматических станочных модулей / Б.М. Бржозовский, М.В. Виноградов, А.А. Игнатъев и др. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1987. 152 с.
7. Виноградов М.В. Устройство автоматизированной балансировки шпинделя прецизионного токарного модуля в условиях эксплуатации / М.В. Виноградов, К.С. Усакин // Вестник СГТУ. 2010. № 2 (45). С. 132-137.
8. Виноградов М.В. Методология анализа формирования параметров точности прецизионной обработки на этапах жизненного цикла станка / М.В. Виноградов, А.А. Игнатъев // Вестник СГТУ. 2011. № 1 (52). С. 41-49.

Виноградов Михаил Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Vinogradov Michael Vladimirovich – Ph.D., senior lecturer of chair «Automation and control of technological processes» GagarinSaratov state technical university

Игнатъев Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Ignatyev Alexander Anatolevich – Dr.Sci.Tech., the professor, managing chair «Automation and management of technological processes» the GagarinSaratov state technical university

Сигитов Евгений Александрович – кандидат технических наук, директор ЗАО «НПК Прецизионного оборудования»

Sigitov Evgenie Aleksandrovich – Ph.D., director of Joint-Stock Company «НПК Precision the equipment»

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.004.67

А.Н. Виноградов, Е.Д. Линьков

ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ВОЗВРАТНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Статья посвящена проблеме обеспечения надежности элементов трансмиссии и подвески автомобилей. Представлены результаты расчета, позволяющие оценить работоспособность подшипника для возвратно-вращающего движения при рассматриваемой совокупности эксплуатационных условий. По результатам испытаний сделаны выводы об эффективности предложенного устройства.

Подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения, ресурс сопряжения, испытания, эффективность

A.N. Vinogradov, E.D. Linkov

SLEEVE BEARING FOR THE BACK-ROTATIONAL MOTION OF A

The article is devoted to the problem of ensuring the reliability of the driveline and suspension of cars. The results of calculation, allowing to evaluate the performance of the bearing for relapsing-rotating movement in the aggregate operating conditions. According to test results, the conclusions were made about the effectiveness of the proposed device.

Sleeve bearing for the back-rotational motion, the resource interface, and test the effectiveness

Известны опоры скольжения, содержащие неподвижные промежуточные элементы (вкладыши) в виде цилиндрических спиральных пружин с жестко закрепленными витками (А.с. СССР № 1358520, кл. F16C 33/26); (А.с. СССР № 1754955, опубл. 15.08.1992 г., кл. F16C 33/26). Известен также игольчатый подшипник качения с подвижными промежуточными элементами-роликами малого диаметра (иглами), работающих в колебательном режиме (Подшипники качения. Справочное пособие под ред. Н.А. Спицина. М.: Машиностроение, 1961, - С.115).

Однако недостатком данных подшипников скольжения является то, что они плохо работают в возвратно-вращательном режиме и при значительной нагрузке у них возникает явление «ложного бринеллирования». Наиболее близким техническим решением является подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения, содержащий спиральный вкладыш в виде винтовой пружины, размещенный между валом и наружным кольцом, выполненный подвижным с возможным поворотом в одном направлении, и с возможностью регулирования сжатия его через торцевые опорные элементы, из которых один неподвижный, а другой подвижный (Патент РФ № 2162552, опубл. 27.01.01 МПК F 16 C 17/00, 33/26).

Недостатком такого подшипника является сложность его изготовления и недостаточная работоспособность.

Задачей настоящего изобретения является разработка такой конструкции, которая позволила бы автоматически получать требуемые сопряжения, что в свою очередь облегчает сборку изделия и повышает его работоспособность.

Научная новизна работы заключается в том, что подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения, содержит размещенный между валом и наружным кольцом спиральный вкладыш в виде винтовой пружины, выполненный подвижным с возможным поворотом в одном направлении и с возможностью регулирования сжатия его через торцевые опорные элементы, из которых один неподвижный, а другой подвижный. Новым является то, что винтовая пружина спирального вкладыша выполнена в виде конуса с углом наклона от 1° до 5° , при этом диаметр проволоки винтовой пружины $d_{пр}$ равен разности диаметров отверстия наружного кольца D и вала d . Кроме этого спиральный вкладыш установлен с минимальным натягом по внутренней и наружной поверхностям.

Подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения, состоит из (рис.1) вала 1, наружного кольца 2 и размещенного между ними спирального вкладыша 3 в виде винтовой пружины, (рис. 2) торцевых крышек 4 и регулировочной шайбы 5. Спиральный вкладыш выполнен подвижным, коническим с углом конуса от 1° до 5° , при этом диаметр проволоки пружины $d_{пр}$ равен половине значения разности диаметров отверстия наружного кольца D и вала d , т.е.

$$d_{пр} = (D - d)/2,$$

где D – диаметр отверстия наружного кольца, d – диаметр вала.

Спиральный вкладыш установлен с минимальным натягом по торцам, а также с натягом по внутренней и наружной поверхностям для обеспечения постоянства «эффекта храповика». Выполнение пружинного вкладыша конической формы более технологично, чем выполнение конических поверхностей у вала 1 и наружного кольца 2. Угол конуса от 1° до 5° необходим для создания предварительного натяга на половинах поверхностей вала 1 и наружного кольца 2, так как узкая часть конического вкладыша 3 обхватывает с натягом вал 1, а широкая часть обеспечивает натяг по внутренней поверхности наружного кольца 2. Причем, чем больше угол, тем больше натяг. Делать угол пружины более 5° нецелесообразно, т.к. такой угол является слишком большим, что негативно повлияет на собираемость подшипника, а делать угол менее 1° также нецелесообразно, поскольку натяг будет недостаточным для нормальной работы подшипника.

Устройство работает следующим образом. В неподвижном состоянии спиральный вкладыш 3 за счет конической формы будет иметь на половине своей наружной поверхности $L/2$ натяг Δ относительно обоймы и на другой половине внутренней поверхности так же будет натяг Δ относительно вала. При вращении подшипника и закручивании спирального вкладыша, натяг на половине внешней поверхности исчезнет, а на внутренней поверхности возникает по всей ее длине, причем величина натяга будет не равномерной по длине поверхности. В режиме возвратно-вращательного (колебательного) движения упругий спиральный вкладыш 3 будет при этом принудительно поворачиваться в одном направлении (эффект храповика), зависящем от направления навивки пружины, и, таким образом, будут достигнуты стабилизация режима и равномерность износа. Дополнительный эффект достигается за счет возникающего при одностороннем вращении вкладыша эффекта «маслосгонной резьбы».

Стабилизация режима и равномерность износа достигается тем, что при возвратно-вращательном движении вала 1 или наружного кольца 2 за счет закручивания или раскручивания при этом спирального вкладыша 3 возникает торможение соответственно на внутренней или наружной его поверхностях, и пружинный вкладыш (благодаря возникающему при этом «эффекту храповика») принудительно поворачивается только в одном направлении, зависящем от направления навивки пружины. Кроме того, постоянно в процессе работы меняется линия контакта на рабочих поверхностях, что также ведет к снижению их износа.

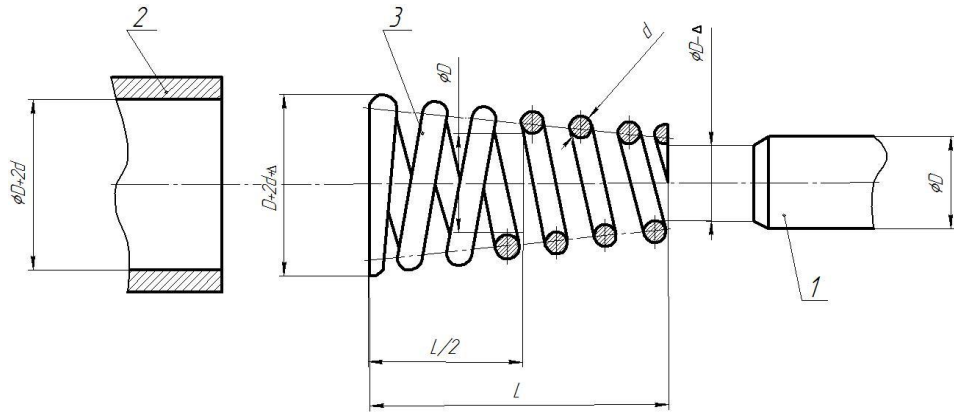


Рис. 1

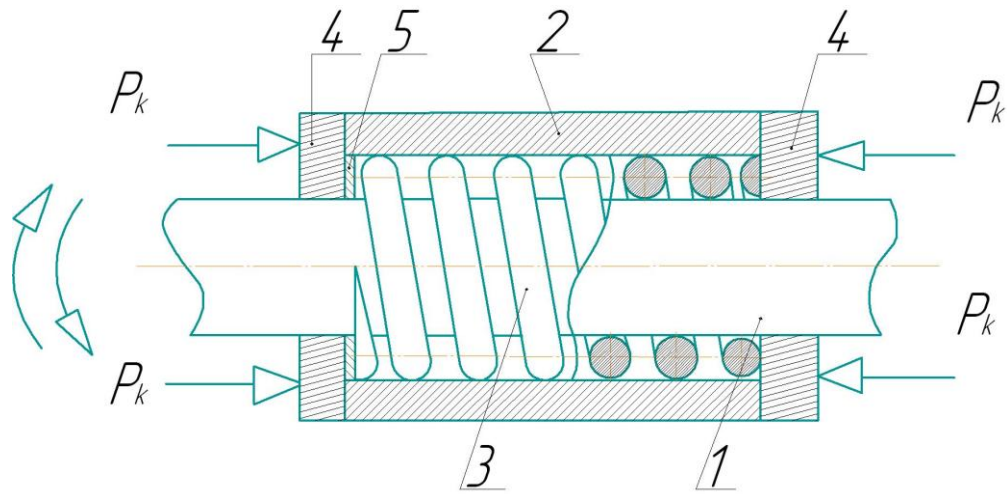


Рис. 2



Рис. 3. Крестовины карданного вала

Планируемая коммерческая перспектива использования модели заключается в реализации в Российской Федерации и в создании и внедрение существующей модели в разные отрасли производства, автомобильного транспорта, судостроения и др. Данным проектом были заинтересован Саратовский завод Серп и Молот, но в связи с рядом факторов прекратил сотрудничество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А.Н. Повышение эксплуатационных характеристик автомобильных подшипников качения / А.Н. Виноградов // Совершенствование технологии и организации обеспечения работоспособности машин с использованием восстановительно-упрочняющих процессов: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции 24-27 сентября 2002г. Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов: СГТУ, 2003. - С.65-73.

2. Виноградов А.Н. Подшипники скольжения для возвратно-вращательного движения на основе новых трибологических принципов и эффектов / А.Н. Виноградов, В.Г. Куранов // Восстановление и упрочнение деталей машин: Межвуз. научн. сборник. Саратов. гос. техн. ун-т, - Саратов: СГТУ, 2003.- С.175-182.

3. Гаркунов Д.Н. Самоорганизующиеся процессы при фрикционном взаимодействии в трибологической системе: справочник по триботехнике: под ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. В 2 т. / Д.Н. Гаркунов. - М.: Машиностроение, 1989.- Т.1 - 400 с.

Виноградов Александр Николаевич - доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Alexander N. Vinogradov – D.sci., Professor
Department «Cars and motor-car economy»
GagarinSaratov state technical university

Линьков Евгений Дмитриевич - студент 5го курса кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Evgeny D. Linkov – student of the 5th course of the Department «Cars and motor-car economy»
GagarinSaratov state technical university

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 620.193.2.621

С.Н. Барабанов, С.С. Попова, Ю.Л. Самчук

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ПАРОТЕРМИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СТАЛИ

Показана перспективность применения метода паротермического оксидирования для повышения коррозионной стойкости изделий из стали.

Паротермическое оксидирование, коррозионная стойкость, покрытие, сталь

S.N. Barabanov, S. S. Popova, Y.L. Samchuk

INFLUENCE OF THE VAPOURTERMAL MODE OF OXYGENATING ON CORROSION RESISTANCE OF STEEL

Prospects of application of a method of parotermichesky oxygenating for increase of corrosion resistance of products from steel are shown.

Vapourthermal oxygenating, corrosion resistance, covering, steel

Наиболее важной качественной характеристикой любого защитного покрытия является его коррозионная стойкость. Нами проведены исследования коррозионных свойств покрытия весовыми (по потере массы) и электрохимическими методами. На рис. 1 представлены потенциодинамические кривые, снятые на различных образцах в 3% растворе NaCl со скоростью развертки потенциала 10 мВ/с. Этот метод является методом ускоренных коррозионных испытаний, на основании которых по ходу потенциодинамической кривой и характеру пиков можно выявить образующиеся фазы при различных потенциалах. По протяженности кривой оцениваются коррозионная устойчивость образцов. Из рис. 1 видно, что для неоксидированной стали и стали, оксидированной при $T=400\text{ }^{\circ}\text{C}$, область устойчивого состояния не превышает 0,5...0,8 В, то есть уже в области отрицательных потенциалов наблюдается процесс анодного растворения. Безтоковый потенциал на образцах неоксидированной стали и оксидированной при различных температурах имели следующие значения: -0,63 В (неокс.); -0,42 В ($400\text{ }^{\circ}\text{C}$); 0,41 В ($500\text{ }^{\circ}\text{C}$); -0,42 В ($550\text{ }^{\circ}\text{C}$); -0,46 В ($650\text{ }^{\circ}\text{C}$); -0,44 В ($700\text{ }^{\circ}\text{C}$). Оксидированные образцы стали являются устойчивыми вплоть до потенциалов +1,3...+1,4 В, положительней которых достигается область активного выделения O_2 , что проявляется в значительном увеличении скорости процесса коррозии образцов. Наиболее устойчивым является покрытие, сформированное при $T=550\text{ }^{\circ}\text{C}$. На потенциодинамических кривых в области потенциалов -0,8...-0,4 В выявлены пики тока для покрытий, полученных при $T=550$ и $650\text{ }^{\circ}\text{C}$. В соответствии со стандартными электродными потенциалами соединений Fe при $\phi=0,8\text{ В}$ в структуре покрытий выявляется наличие гидроксидов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Fe}(\text{OH})_2$, отличающихся низким произведением растворимости.

При потенциале -0,4 В в составе покрытия присутствуют магнетит Fe_3O_4 в следы вюстита FeO. Наличие гидроксидов Fe, магнетита и вюстита в небольшом количестве определяет коррозионную стойкость покрытия, сформированного при $T=550\text{ }^{\circ}\text{C}$.

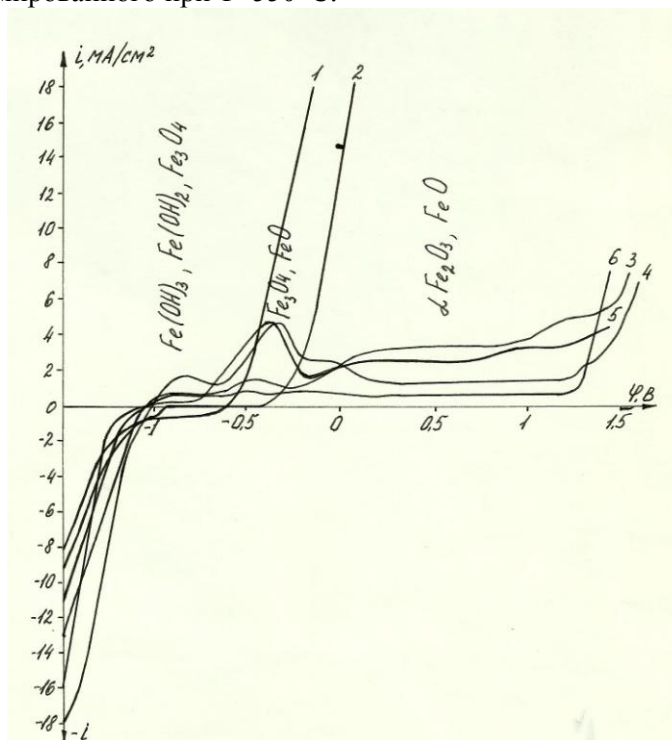


Рис. 1. Потенциодинамические i, E кривые коррозионной устойчивости образцов стали, оксидированных при различных температурах, снятые в 3% растворе NaCl при $V_p=10\text{ мВ/с}$. Режимы оксидирования: 1 – неоксидированная, 2 – $T=400\text{ }^{\circ}\text{C}$, 3 – $T=500\text{ }^{\circ}\text{C}$, 4 – $T=550\text{ }^{\circ}\text{C}$, 5 – $T=650\text{ }^{\circ}\text{C}$, 6 – $T=700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

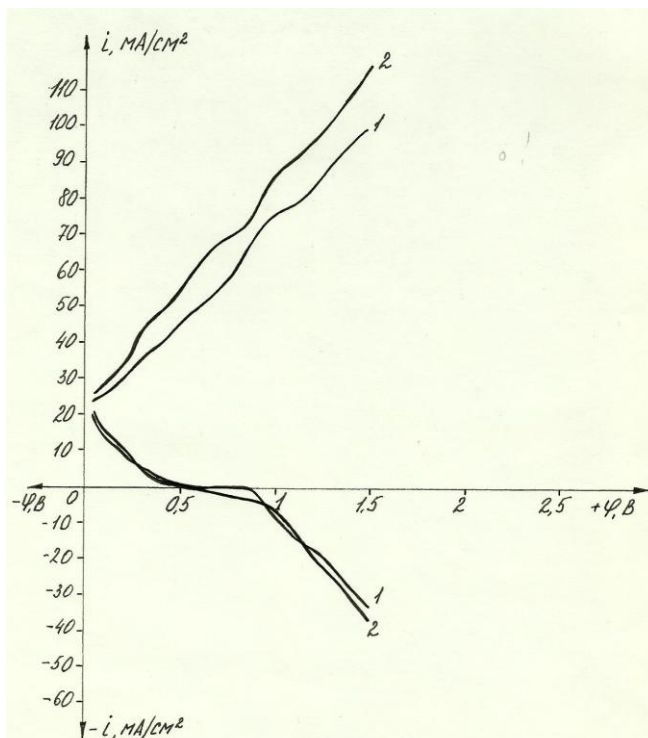


Рис.2. Потенциостатические катодно-анодные импульсные кривые, снятые на образцах стали в 3% растворе NaCl. 1 – сталь неоксидированная; 2 – сталь оксидированная при $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$

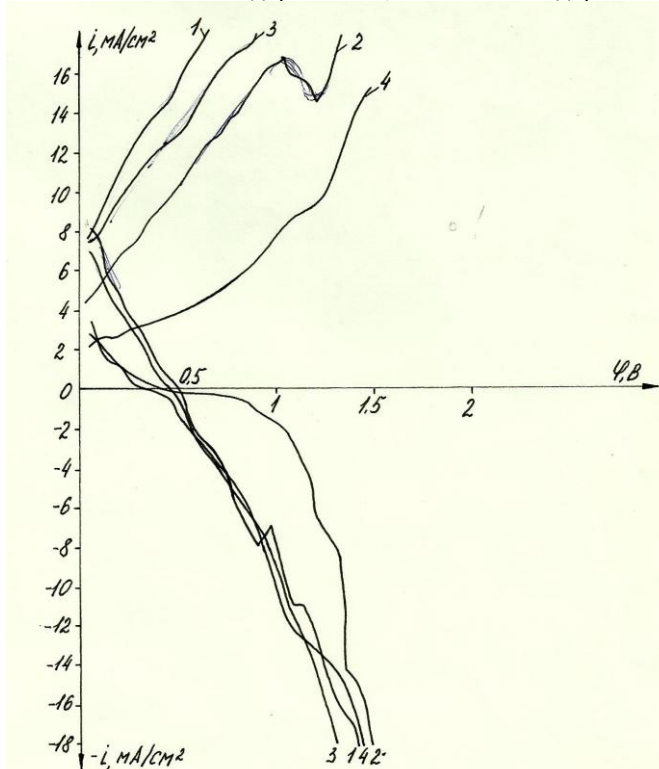


Рис. 3. Потенциостатические катодно-анодные импульсные кривые, снятые на образцах стали в 3% растворе NaCl. Режимы оксидирования: 1 – $T = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2 – $T = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$, 3 – $T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$, 4 – $T = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$

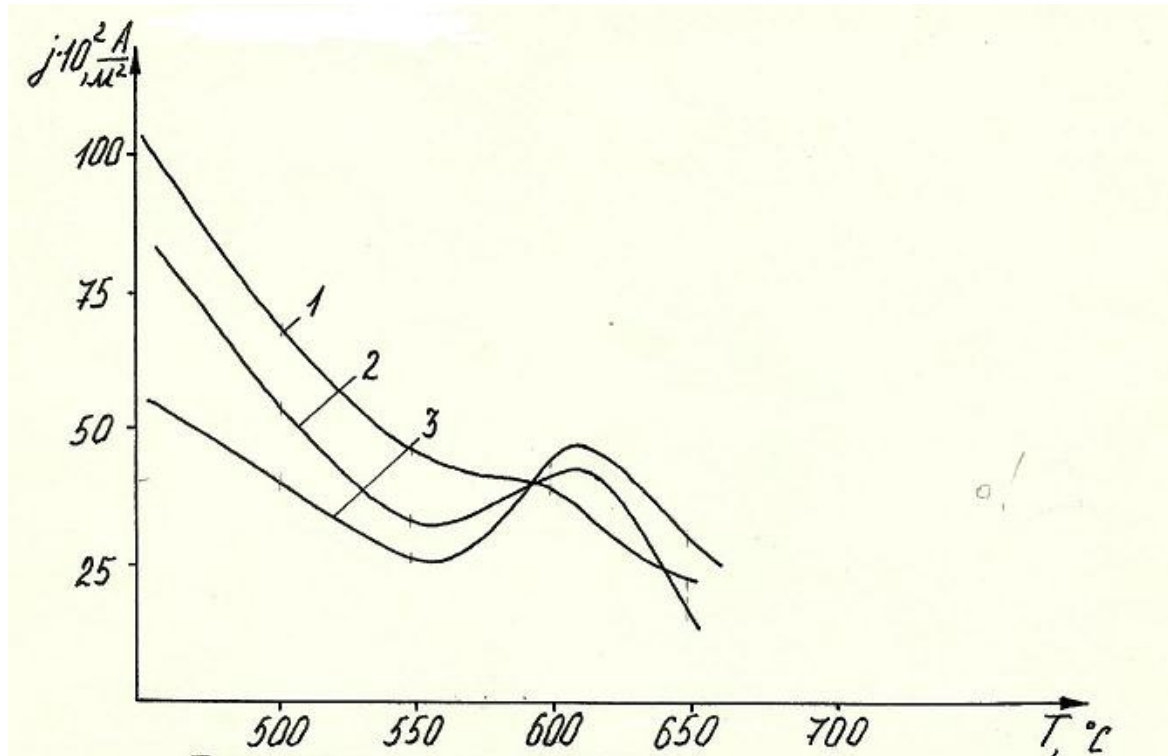


Рис. 4. Зависимость плотности тока коррозии от температуры окисления. Продолжительность обработки: 1 – 30 мин.; 2 – 50 мин.; 3 – 100 мин

При более высоких температурах ($700^\circ C$) и более низких ($500^\circ C$) температурах выявлена площадка токов в области потенциалов от 0 до 1,2 В, характерных для образующейся фазы Fe_2O_3 , FeO и соединений двухвалентного железа. Для уточнения величин токов коррозии и установления зависимости плотностей токов коррозии от температуры окисления нами снимались потенциостатические катодные и анодные импульсные кривые на образцах стали окисленных при различных температурах в сравнении с неокисленной сталью. Полученные данные представлены на рис.2 и 3. Анализ импульсных кривых позволил установить следующие закономерности: наиболее высокие скорости процессов коррозии наблюдались на неокисленной стали и на образцах, термообработанных при $T=400^\circ C$. Дальнейшее увеличение температуры до $500-550^\circ C$ приводит к снижению скорости коррозии в 4-7 раз. Токи коррозии при этом снижаются от 25 mA/cm^2 (неокисленная сталь) до 3 mA/cm^2 ($T=550^\circ C$). При дальнейшем увеличении температуры до $650^\circ C$ не смотря на более толстое покрытие ток коррозии возрастает до 7 mA/cm^2 , а при толщине 15 мкм ($T=700^\circ C$) скорость коррозии снижается до 2 mA/cm^2 . Но в этом случае большую роль играет не фактор сплошности покрытия, а фактор многократного увеличения толщины. Зависимость плотности тока коррозии от температуры окисления, представленная на рис.4, носит экстремальный характер и подтверждает полученные нами данные по влиянию продолжительности термообработки и толщины покрытия на плотность тока коррозии.

Вывод: из рисунка видно, что наименьшая плотность тока коррозии, полученная в области температур $T \sim 550^\circ C$, что подтверждает правильность высказанных нами и приведенных в литературе данных о перспективности покрытия полученная при $T=550^\circ C$. Не смотря на снижения скорости коррозии при $T=700^\circ C$ они не могут быть рекомендованы в производство в следствии высокой энергоёмкости процесса, что подтверждается экономическими расчетами.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют выбрать температуру окисления изделий из стали $T=550^\circ C$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанов С.Н. Экологически чистая технология получения композиционных оксидполимерных антикоррозионных, износостойчивых декоративных покрытий на основе термопластичных порошков П-ХВ-716 и П-ВЛ-212. - Известия высших учебных заведений, Науч.-техн. журнал, том 49,

вып. 1, Ивановский Государственный Химико-Технологический Университет, Иваново, 2006г., с. 112-114.

2. Барабанов С.Н. Механизм и кинетика развитых стадий роста магнетитных пленок при паротермическом оксидировании железа и его сплавов - Известия высших учебных заведений, Науч.-техн. журнал, том 49, вып. 1, Ивановский Государственный Химико-Технологический Университет, Иваново, 2006г., с.114-118.

3. Барабанов С.Н., Есин А.А., Серянов Ю.В. Оптимизация технологии получения композиционного оксид-полимерного покрытия на основе порошка «Пигма П-201» - Вестник Саратовского Государственного Технического Университета, №3(14), вып.1, СГТУ, Саратов, 2006г., с. 101-103.

Барабанов Сергей Николаевич –

кандидат технических наук, доцент кафедры «Физическое материаловедение и технология новых материалов» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Sergey N.- Barabanov –

Ph.D., senior lecturer chair «Physical substance and technology new materials» Gagarin Saratov State Technical University

Попова Светлана Степановна –

доктор химических наук, профессор кафедры «Технология электрохимических производств» Энгельсского технологического института Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Svetlana S.Popova –

D. Chem., Professor of «Electrochemical Production Technology» Engels Institute of Technology Gagarin Saratov State Technical University

Самчук Юлия Леонидовна –

студент кафедры «Физическое материаловедение и технология новых материалов» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Yuliya L. Samchuk –

Student of Department «Physical substance and technology new materials» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

Секция 5

**ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН**

УДК 621.879.34(06)

Ю.М. Ляшенко, В.А. Евстратов, А.Ю. Ляшенко**РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ
КОВШОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА
ДЛЯ ПОГРУЗКИ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ**

Рассмотрена возможность и даны количественные показатели снижения энергозатрат рабочего процесса экскаватора за счет перехода от трения скольжения к трению качения скальных грунтов о днище ковша с устанавливаемыми вращающимися роликами.

Одноковшовый экскаватор, процесс внедрения, ковш, совершенствование конструкции, снижение энергозатрат

U.M. Liashenko, V. A. Evstratov, A.U. Liashenko**THE RESULTS OF WORKING OUT AND RESEARCH OF A BUCKET WORKING
ORGAN FOR LOADING ROCKY GROUNDS**

The possibility is considered and the quantity index of lowering power wastes of the excavator working process at the expense of transition from sliding friction to rolling friction of rocky grounds along the bucket bottom with rotating rollers mounted.

One bucket excavator, the process of inculcation, bucket, perfecting the construction, lowering power wastes

При решении задачи разработки энергосберегающего рабочего оборудования используемой на карьерах техники получены результаты статистических исследований, позволившие установить среднестатистические параметры наиболее востребованного у потребителя оборудования для добычи нерудных материалов. Указанным требованиям в наибольшей мере отвечает гидравлический экскаватор со средней емкостью ковша $2,3 \text{ м}^3$ (при колебании $0,65 \div 8 \text{ м}^3$), работающий в Ростовском регионе на погрузке песчаника в карьере со средним значением объема производства $139 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$ [1].

Процесс черпания является одной из основных операций рабочего цикла одноковшового экскаватора. Результаты выполненных экспериментально-теоретических исследований процесса взаимодействия элементов ковша экскаватора с рабочей средой, предусматривавшие в рамках разработанной общей методики реализацию методов: графоаналитического (метод проф. С.С. Голушкевича), компьютерного и физического моделирования, позволили составить представление о качественной картине исследуемого процесса (рис. 1, 2).

В процессе физического моделирования определены основные



Рис. 1. Экспериментальная установка для физического моделирования взаимодействия элементов ковша с погружаемой средой:
1 — бункер; 2 - поворотная плита; 3 — стойки;
4 — подшипниковые узлы; 5 — видеокамера

физико-механических свойства исследуемого материала с использованием специального комплекса приборов по известным методикам. Для физического моделирования и изучения процесса взаимодействия элементов ковша с погружаемой средой использована экспериментальная установка со стеклянной боковой стенкой, которая позволила получить кинограммы процесса взаимодействия поворотной плиты с рабочей средой.

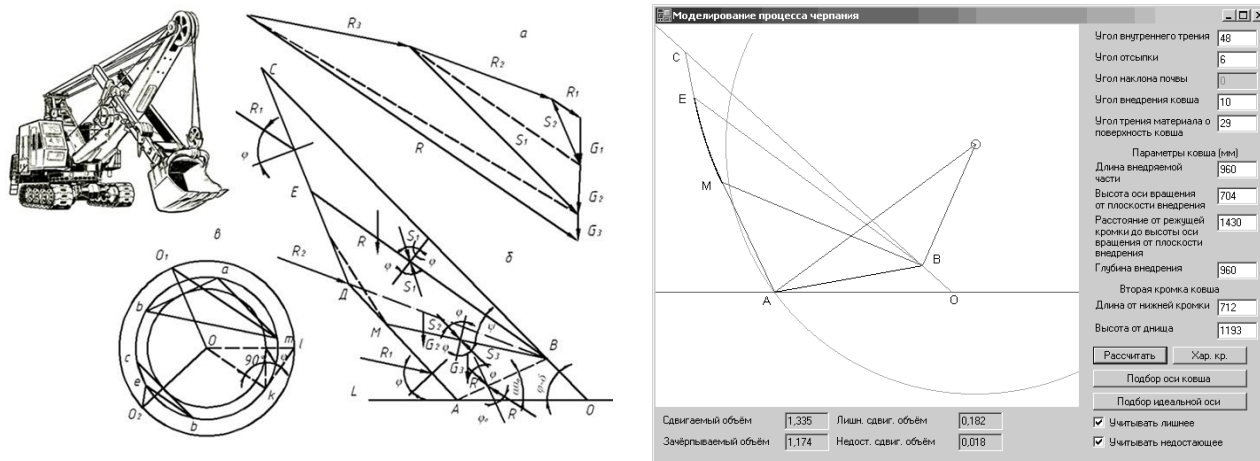


Рис. 2. Построение зон деформаций сыпучего тела при взаимодействии с элементами ковша: а – графоаналитический метод; б – компьютерный симулятор

Сопоставление площадей зон предельного напряженного состояния рабочей среды при взаимодействии с элементами ковша, построенных с помощью программного продукта, реализующего графоаналитический метод проф. С.С. Голушкевича с зонами, полученными на физической модели свидетельствует об удовлетворительной сходимости результатов математического и физического экспериментального исследования процесса взаимодействия элементов ковша с рабочей средой [2].

Как показали результаты математического и физического моделирования, снижение энергозатрат процесса внедрения ковша возможно за счет снижения коэффициента трения скальных грунтов о днище путем перехода от трения скольжения к трению качения. Это обеспечивает разработанная конструкция ковша с роликовым днищем (рис.3) [3].

При создании полноразмерных образцов одноковшовых экскаваторов от правильного определения нагрузок на элементы рабочего оборудования зависят работоспособность конструкции, ее надежность и масса, а также энергоемкость рабочего процесса. Определение фактических значений нагрузок при проведении натурных испытаний экскаватора – процесс трудоемкий, требующий значительных временных и финансовых затрат.

Снизить последние при выполнении экспериментальных исследований позволяет разработка и использование физической модели.

Общее построение методики экспериментальных исследований рабочего процесса одноковшового экскаватора на физической модели подчиняется следующим принципам: формулируются цель исследований и решаемые в процессе эксперимента задачи; определяются влияющие на рабочие процессы факторы; устанавливаются значения постоянных и пределы изменения переменных факторов, принятых к исследованию; разрабатываются методы решения поставленных задач и техника обработки получаемых результатов; проектируется конструкция экспериментальной установки.

Экспериментальные исследования рабочего процесса одноковшового экскаватора на

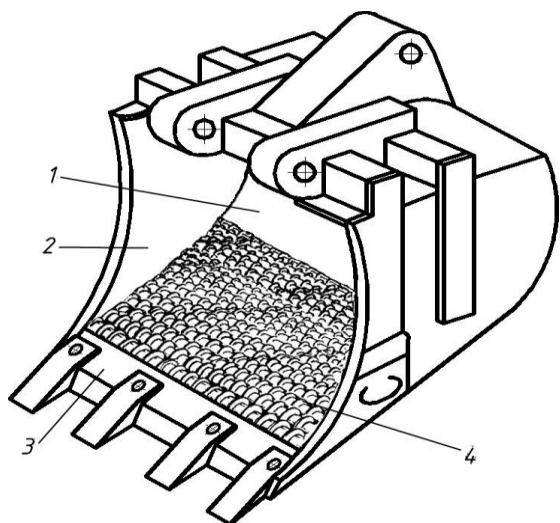


Рис. 3. Ковш с роликовым днищем: 1 – ковш, 2 – боковые стенки, 3 – днище, 4 – вращающиеся ролики

физической модели включали рассмотрение следующих вопросов: уточнение механизма взаимодействия с погружаемой средой роликовой поверхности – днища ковша; получение количественных показателей рабочего процесса одноковшового экскаватора.

Физическая модель разрабатывается на базе универсального гидравлического манипулятора, обладающего функциональными возможностями моделирования рабочего процесса одноковшового экскаватора, и выполняется в масштабе 1:3 по отношению к натурному образцу (рис. 2). Линейные размеры физической модели рабочего оборудования экскаватора принимались с учетом моделирования процесса погрузки скальных грунтов с крупностью частиц $d_{cp} = 180 \div 250$ мм (параметром модели является ширина ковша).

Для оценки влияния коэффициента трения скальных грунтов о днище ковша на энергоемкость процесса внедрения днище выполняется в 3 вариантах (рис. 3): сплошное металлическое, ролики металлические, ролики пластиковые.



Рис. 4. Конструкции экспериментальных ковшей

Полученные при выполнении работы результаты теоретических и экспериментальных исследований (рис.4) послужили основой для разработки инженерной методики расчета основных конструктивных параметров ковша с роликовым днищем.

Процесс расчета представляет собой последовательность действий, целью которых является техника – эксплуатационная оценка ковша усовершенствованной конструкции.

В качестве постоянных параметров при составлении алгоритма и программы расчета принимаются:

1 – конструктивные размеры базового ковша (B – ширина, м; L – длина, м; C – угол сопряжения боковых стенок с днищем, град.; C_1 – угол отклонения боковой стенки от вертикали, град.; S_1 – длина выступающей части днища относительно боковых стенок, м);

2 – технологические параметры, характеризующие процесс внедрения ковша в грунт (S – глубина внедрения ковша, м; α – угол наклона почвы забоя к горизонту, град.; A – угол наклона передней кромки боковой стенки к почве выработки, град.; β – угол наклона днища к почве, град.);

3 – горнотехнических условия процесса погрузки (вид погружаемого грунта; d_{cp} – средний размер частиц погружаемого грунта, м; $H_{шт}$ – высота штабеля, м).

4 – коэффициенты, характеризующие трибометрические свойства рабочей поверхности днища ковша ($K_{тр}^п$ – коэффициент трения грунта по днищу базового ковша; k_1 – коэффициент трения качения между частицей грунта и роликом; f_1 – коэффициент трения скольжения между роликами и их осями).

5 – пределы изменения рассчитываемых размеров роликов и их осей (r_{max} – максимальный радиус ролика, м; r_{1min} – минимальный радиус оси ролика, м).

Расчет осуществляется в следующей последовательности.

1. Определяется коэффициент трения грунта по днищу с роликами:

$$K_{тр}^п = (k_1 + f_1 r_1) / r.$$

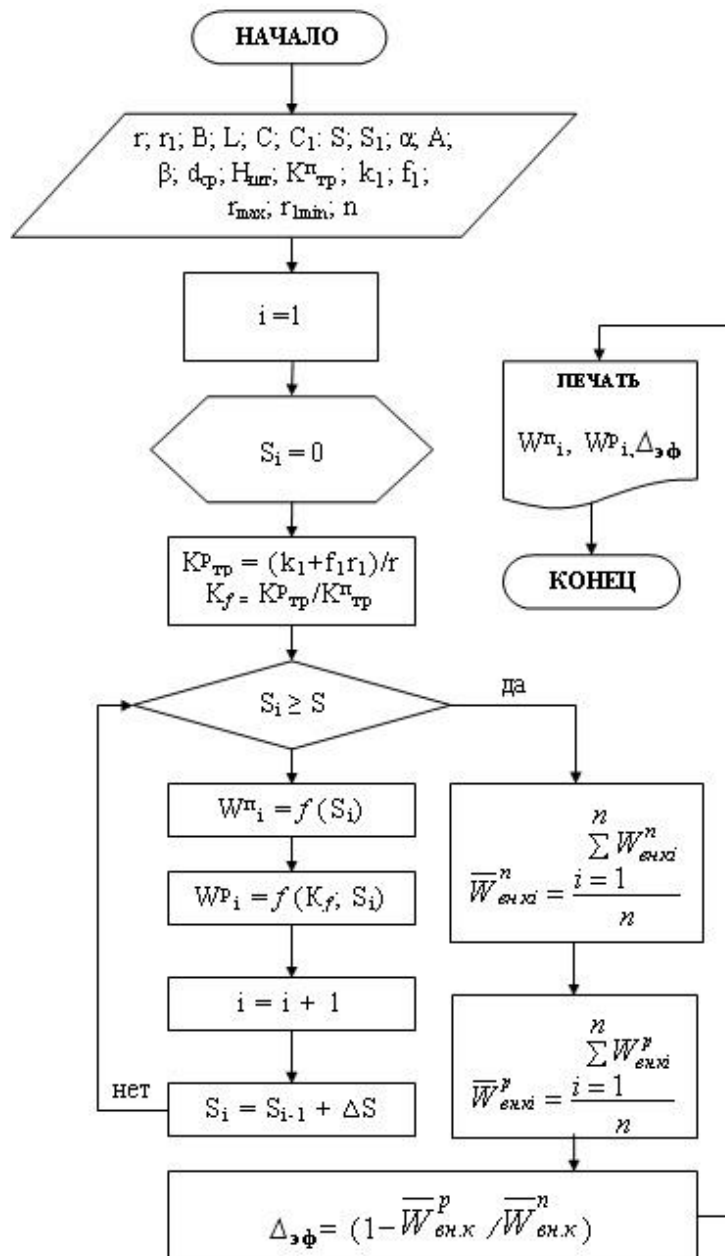


Рис. 5. Укрупненная блок-схема процедуры расчета уровня повышения эффективности процесса погрузки скальных грунтов от использования ковшей с роликовым дном

2. Определяется коэффициент K_f , учитывающий улучшение трибометрических свойств рабочей поверхности дна ковша относительно плоской металлической:

$$K_f = K_{тр}^p / K_{тр}^n$$

где $K_{тр}^p$ – коэффициент трения грунта по дну с роликами, $K_{тр}^n$ – коэффициент трения грунта по гладкому дну.

3. Определяется сопротивление внедрению в грунт базового ковша $W_{вн.кi}^n$ как сумма сопротивления внедрения дна $W_{вн.днi}^n$, которое определяется суммарным сопротивлением ядра уплотнения $W_{ядi}^n$ и непосредственно плоскости $W_{плi}^n$, и сопротивления внедрения стенок $W_{вн.стi}^n$ в функции от глубины внедрения S_i :

$$W_{вн.кi}^n = W_{вн.днi}^n + W_{вн.стi}^n = (W_{ядi}^n + W_{плi}^n) + W_{вн.стi}^n,$$

4. Определяется среднее значение переменных параметров точек рассматриваемой совокупности сопротивления внедрению в грунт базового ковша в заданном интервале изменения хода S_i :

$$\overline{W}_{ен.к}^n = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ен.кi}^n}{n}$$

5. Определяется сопротивление внедрению в грунт ковша с роликовым дном $W_{вн.кi}^p$:

$$W_{вн.кi}^p = W_{вн.днi}^p + W_{вн.стi}^p = (W_{ядi}^p + K_f \cdot W_{плi}^p) + W_{вн.стi}^p,$$

6. Определяется среднее значение переменных параметров точек рассматриваемой совокупности сопротивления внедрению в грунт инновационного ковша в заданном интервале изменения хода S_i :

$$\overline{W}_{ен.к}^p = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ен.кi}^p}{n}$$

5. Выполняется технико-эксплуатационная оценка конструктивного усовершенствования ковша. Уровень повышения эффективности процесса внедрения оценивается удельным показателем:

$$\Delta_{\phi} = (1 - \overline{W}_{ен.к}^p / \overline{W}_{ен.к}^n) \rightarrow \max.$$

Оценка уровня повышения эффективности процесса погрузки скальных грунтов от использования ковшей с роликовым дном выполнена на примере размерного ряда экскаваторов $E = 0,65 \div 8 \text{ м}^3$, эксплуатируемых в Ростовском регионе. Для возможности сопоставления ковшей разного типоразмера полученные зависимости сопротивления внедрению приводились к единице объема рассматриваемого ковша $W_{вн.к} / E$.

В рамках выполнения данного этапа работы были рассчитаны значения и построены графики зависимости удельного сопротивления внедрению в грунт $W_{вн.к} / E$ в функции от глубины внедрения для базовых ковшей с емкостью $0,65 \div 8 \text{ м}^3$ и проектируемых на их основе ковшей с роликовым днищем которые показали, что величина удельного сопротивления внедрению ковшей с роликовым днищем существенно меньше, чем у базовых аналогов. При этом с увеличением ёмкости ковша в интервале $E = 0,65 \div 8 \text{ м}^3$, показатель эффективности достигает 35% и более, следовательно, технический уровень предлагаемого ковша усовершенствованной конструкции намного выше существующих.

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование ковшей с роликовым днищем обеспечит существенное снижение энергозатрат одной из основных операций процесса погрузки нерудных материалов на карьерах – процесса внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляшенко Ю.М., Ляшенко А.Ю. Статистические исследования оборудования для производства карьерных работ при добыче нерудных материалов в условиях Ростовского региона // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2011. – № 4. – С. 117-120.
2. Ляшенко А.Ю. Моделирование процесса взаимодействия ковша экскаватора с рабочей средой // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2012. – № 1 – С. 35-39.
3. Патент на полезную модель RU 101 056 U1, МПК E02F 3/40 (2006.01). Рабочий орган одноковшового экскаватора / Ю.М. Ляшенко, Е.А. Ревякина, А.Ю. Ляшенко. – № 2010128718/03; Заявлено 09.07.2010; Опубл. 10.01.2011, Бюл.№1.

Ляшенко Юрий Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология и комплексы горных, строительных и металлургических производств» Шахтинского института (филиала) ЮРГТУ (НПИ)

Yu.M. Liashenko – Dr. Sc., professor, professor of department «Technology and complex mining, construction and steel production» of Shakhty Institute (branch) SRSTU (NPI)»

Евстратов Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и оборудование предприятий стройиндустрии» Шахтинского института (филиала) ЮРГТУ (НПИ)

V. A. Evstratov – Dr. Sc., professor, head of Department “Machinery and equipment building industry enterprises” of Shakhty Institute (branch) SRSTU (NPI)»

Ляшенко Алена Юрьевна – аспирант Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института)

A.U. Liashenko – postgraduate student of South Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnical Institute)

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.873

Л.В. Барановская, Р.А. Кобзев

АНАЛИЗ ЗАДАЧ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ И СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ИХ РЕШЕНИЯ

В статье рассмотрены задачи параметрической и структурной оптимизации тяжелых козловых кранов. По виду целевых функций и ограничений сделан вывод о том, что рассматриваемые задачи являются нелинейными многомерными задачами условной

оптимизации. Рассмотрены аналитические и численные методы их решения. Обоснован выбор метода проекций градиента для решения оптимизационных задач крановых металлоконструкций.

Тяжелые козловые краны, оптимальное проектирование, условная оптимизация, аналитические методы, численные методы, метод проекций градиента

L.V. Baranovskaya, R.A. Kobzev

ANALYSIS OF PROBLEMS OF PARAMETRICAL AND STRUCTURAL OPTIMIZATION OF HEAVY ANGLE CRANES AND SUBSTANTIATION OF METHODS OF THEIR SOLUTION

The problem of parametric and structural optimization of heavy angle cranes is described in the article. According to the aim functions and restrictions the conclusion was made on the fact that the tasks under consideration are non-linear multi-dimensional tasks of conditional optimization. Analytical and numerical methods of their solution are analyzed. The choice of the method of projection of gradient for the solution of optimization tasks crane steel structures is substantiated.

Heavy angle cranes, optimum design, conditional optimization, analytical methods, numerical methods, gradient projection method

Тяжелые козловые краны отличаются большим разнообразием и сложностью, изготавливаются в единичном или мелкосерийном производстве, нет возможности испытаний их опытных образцов. Поэтому создание новых конструктивных схем металлоконструкций тяжелых козловых кранов с использованием оптимального проектирования является актуальной задачей.

Металлоконструкции тяжелых козловых кранов в основном имеют прямоугольное коробчатое поперечное сечение, как показано на рис.1, где b_i, h_i - ширина и высота прямоугольного контура сечения, δ_{Pi}, δ_{Ci} - толщина пояса и толщина стенки сечения i -го стержневого элемента металлоконструкции.

Задача оптимального проектирования металлоконструкций тяжелых козловых кранов состоит из целевой функции, в качестве которой берется функция металлоемкости [2]

$$m(X) = \sum_{i=1}^n \rho \cdot 2 \cdot (\delta_{Pi} h_i + h_i \delta_{Ci}) l_i \quad (1)$$

и ограничений на прочность, местную устойчивость, прочность сжатой стенки, статическую и динамическую жесткость

$$\begin{aligned} \sigma_{i0} &\leq [\sigma]_-, & n_{i0} &\geq n, & \sigma_{cm} &\leq [\sigma]_-, & u &\leq [u]_-, \\ & & t_3 &\leq [t_3]_-, & & & & \end{aligned} \quad (2)$$

где σ_{i0}, n_{i0} - эквивалентные напряжения и запасы местной устойчивости в элементах металлоконструкции, u - вертикальный прогиб главной балки, σ_{cm} - напряжения смятия под ходовым колесом, t_3 - время затухания собственных колебаний крана, $[\sigma]_-, [u]_-, [t_3]_-, n$ - допустимые значения напряжения, прогиба, времени колебаний, запаса местной устойчивости, l_i - длины элементов металлоконструкций, ρ - плотность материала.

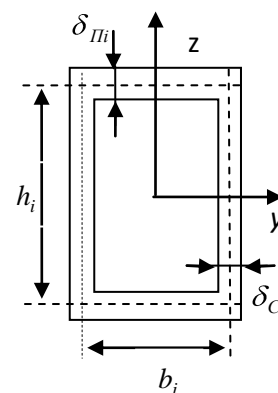


Рис. 1

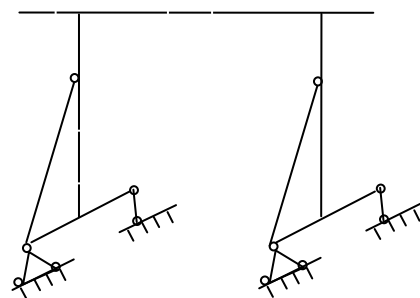


Рис. 2

Оптимальной считается металлоконструкция, которая при выполнении всех ограничений (2), обладает минимальной металлоемкостью (1).

Рассматривают задачи структурной и параметрической оптимизации, которые отличаются составом переменных. Геометрические размеры b_i , h_i , δ_{Pi} , δ_{Ci} сечений элементов крановых металлоконструкций являются неизвестными величинами задачи параметрической оптимизации. Неизвестными задачи структурной оптимизации являются геометрические размеры b_i , h_i , δ_{Pi} , δ_{Ci} и длины l_i подкосов и консолей.

По виду целевой функции (1) и ограничений (2) можно сделать вывод о том, что рассматриваемые задачи являются нелинейными многомерными задачами условной оптимизации. Для их решения существуют аналитические и приближенные методы решения.

Проанализируем оптимизационную задачу и выберем методы ее решения на примере крановой металлоконструкции (рис.2), состоящей из следующих элементов:

1 – главная балка, 2 – две одинаковые опоры, 3 – две одинаковые опорные балки, 4 – две одинаковые консоли, 5 – два одинаковых подкоса.

Для рассматриваемой крановой металлоконструкции целевая функция при параметрической оптимизации будет иметь вид

$$m(X) = m(h_1, b_1, \delta_{C1}, \delta_{P1}, h_2, b_2, \delta_{C2}, \delta_{P2}, h_3, b_3, \delta_{C3}, \delta_{P3}, h_4, b_4, \delta_{C4}, \delta_{P4}, h_5, b_5, \delta_{C5}, \delta_{P5}) = \\ = \gamma \left[\epsilon_1 \delta_{P1} + h_1 \delta_{C1} \right] l_1 + 4 \cdot \left[\epsilon_2 \delta_{P2} + h_2 \delta_{C2} \right] l_2 + 4 \cdot \left[\epsilon_3 \delta_{P3} + h_3 \delta_{C3} \right] l_3 + \\ + 4 \cdot \left[\epsilon_4 \delta_{P4} + h_4 \delta_{C4} \right] l_4 + 4 \cdot \left[\epsilon_5 \delta_{P5} + h_5 \delta_{C5} \right] l_5 \quad (3)$$

Из аналитических методов решения широко применяется метод, при котором определяются точки возможных экстремумов целевой функции внутри области допустимых значений из условия [4]

$$\nabla m(X) = 0, \quad (4)$$

где $\nabla m(X)$ – градиент функции $m(X)$. Затем определяются точки возможных экстремумов на границе области допустимых значений, из всех точек выбирается экстремальная.

Из условия $\nabla m(X) = 0$ для целевой функции (3) получаем следующую систему 20 уравнений для 20 переменных:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial m}{\partial h_1} = 2\gamma l_1 \delta_{C1} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial b_1} = 2\gamma l_1 \delta_{P1} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{C1}} = 2\gamma l_1 h_1 = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{P1}} = 2\gamma l_1 b_1 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_2} = 4\gamma l_2 \delta_{C2} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial b_2} = 4\gamma l_2 \delta_{P2} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{C2}} = 4\gamma l_2 h_2 = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{P2}} = 4\gamma l_2 b_2 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_3} = 4\gamma l_3 \delta_{C3} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial b_3} = 4\gamma l_3 \delta_{P3} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{C3}} = 4\gamma l_3 h_3 = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{P3}} = 4\gamma l_3 b_3 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_4} = 4\gamma l_4 \delta_{C4} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial b_4} = 4\gamma l_4 \delta_{P4} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{C4}} = 4\gamma l_4 h_4 = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{P4}} = 4\gamma l_4 b_4 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_5} = 4\gamma l_5 \delta_{C5} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial b_5} = 4\gamma l_5 \delta_{P5} = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{C5}} = 4\gamma l_5 h_5 = 0, \quad \frac{\partial m}{\partial \delta_{P5}} = 4\gamma l_5 b_5 = 0. \end{array} \right. \quad (5)$$

Система имеет единственное нулевое решение:

$$\begin{array}{l} h_1 = 0, \quad b_1 = 0, \quad \delta_{C1} = 0, \quad \delta_{P1} = 0, \quad h_2 = 0, \quad b_2 = 0, \quad \delta_{C2} = 0, \quad \delta_{P2} = 0, \\ h_3 = 0, \quad b_3 = 0, \quad \delta_{C3} = 0, \quad \delta_{P3} = 0, \quad h_4 = 0, \quad b_4 = 0, \quad \delta_{C4} = 0, \quad \delta_{P4} = 0, \\ h_5 = 0, \quad b_5 = 0, \quad \delta_{C5} = 0, \quad \delta_{P5} = 0. \end{array} \quad (6)$$

Эта точка возможного экстремума не входит в область допустимых значений, так как параметры крановой металлоконструкции не могут быть равны нулю.

Если помимо размеров сечений элементов рассматриваемой металлоконструкций необходимо найти оптимальные длины 4 и 5 элементов, а длины элементов 1, 2, 3 задаются техническим заданием на проектирование, то получаем задачу структурной оптимизации. Ее целевая функция будет иметь вид:

$$m(l_4, l_5, h_1, b_1, \delta_{C1}, \delta_{П1}, h_2, b_2, \delta_{C2}, \delta_{П2}, h_3, b_3, \delta_{C3}, \delta_{П3}, h_4, b_4, \delta_{C4}, \delta_{П4}, h_5, b_5, \delta_{C5}, \delta_{П5}) = \\ = \gamma \left[\cdot \left(\left(\delta_{П1} + h_1 \delta_{C1} \right) l_1 + 4 \cdot \left(\delta_{П2} + h_2 \delta_{C2} \right) l_2 + 4 \cdot \left(\delta_{П3} + h_3 \delta_{C3} \right) l_3 + \right. \right. \\ \left. \left. + 4 \cdot \left(\delta_{П4} + h_4 \delta_{C4} \right) l_4 + 4 \cdot \left(\delta_{П5} + h_5 \delta_{C5} \right) l_5 \right] \quad (7)$$

Условие $\nabla m(X) = 0$ для целевой функции (7) дает следующую систему 22 уравнений для 22 переменных:

$$\left\{ \begin{array}{llll} \frac{\partial m}{\partial h_1} = 2\gamma l_1 \delta_{C1} = 0, & \frac{\partial m}{\partial b_1} = 2\gamma l_1 \delta_{П1} = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{C1}} = 2\gamma l_1 h_1 = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{П1}} = 2\gamma l_1 b_1 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_2} = 4\gamma l_2 \delta_{C2} = 0, & \frac{\partial m}{\partial b_2} = 4\gamma l_2 \delta_{П2} = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{C2}} = 4\gamma l_2 h_2 = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{П2}} = 4\gamma l_2 b_2 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_3} = 4\gamma l_3 \delta_{C3} = 0, & \frac{\partial m}{\partial b_3} = 4\gamma l_3 \delta_{П3} = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{C3}} = 4\gamma l_3 h_3 = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{П3}} = 4\gamma l_3 b_3 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_4} = 4\gamma l_4 \delta_{C4} = 0, & \frac{\partial m}{\partial b_4} = 4\gamma l_4 \delta_{П4} = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{C4}} = 4\gamma l_4 h_4 = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{П4}} = 4\gamma l_4 b_4 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial h_5} = 4\gamma l_5 \delta_{C5} = 0, & \frac{\partial m}{\partial b_5} = 4\gamma l_5 \delta_{П5} = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{C5}} = 4\gamma l_5 h_5 = 0, & \frac{\partial m}{\partial \delta_{П5}} = 4\gamma l_5 b_5 = 0, \\ \frac{\partial m}{\partial l_4} = 4\gamma b_4 \delta_{П4} + 4\gamma h_4 \delta_{C4} = 0, & & \frac{\partial m}{\partial l_5} = 4\gamma b_5 \delta_{П5} + 4\gamma h_5 \delta_{C5} = 0. & \end{array} \right. \quad (8)$$

Система имеет бесконечное множество решений, которые получаются из общих решений 16-ти видов, которые приводить не будем. Очевидно, что некоторые параметры, например δ_{C1} , $\delta_{П1}$, всегда будут равны нулю. Следовательно, внутри области допустимых значений точек экстремума целевой функции (7) нет.

Таким образом, наименьшие значения целевых функций (3), (7) будут иметь место на границе области допустимых значений, где хотя бы одно ограничение-неравенство превращается в равенство, т.е. напряжения, запасы местной устойчивости, прогиб или геометрические размеры параметров металлоконструкции достигают предельных значений.

Ограничения (2) одинаковы как при параметрической, так и при структурной оптимизации. Эквивалентные напряжения, запасы местной устойчивости, вертикальный прогиб могут быть определены в виде функций с помощью метода граничных элементов [1]. Но найти точки возможного экстремума на границе области допустимых значений невозможно из-за сложности функций в ограничениях и из-за большого количества неизвестных. По этим же причинам невозможно использовать и другой аналитический метод - метод неопределенных множителей Лагранжа. С помощью аналитических методов можно определить оптимальные параметры отдельных элементов металлоконструкции, например, главной балки.

На практике для определения оптимальных параметров всей крановой металлоконструкции используются численные (приближенные) методы решения. Они делятся на прямые методы и градиентные методы [4].

Из прямых методов для решения оптимизационной задачи для крановых металлоконструкций применяется модификация метода Хука-Дживса [3]. Недостатком прямых методов оптимизации является невысокая скорость сходимости к оптимальной точке. Поэтому интерес представляют градиентные методы решения, так как обладают высокой скоростью сходимости и точностью получаемых результатов. Для решения указанных задач предлагается применить метод проекций градиента [2], обладающий следующими преимуществами:

1) Метод рассчитан для поиска оптимальных точек на границе области допустимых значений неизвестных.

2) Поиск направления убывания целевой функции с учетом ограничений производится с использованием градиента, что уменьшает число операций для организации одной итерации.

Рассмотренные численные методы имеют локальную сходимость, т.е. может быть найдена точка локального минимума, а не глобального [4].

Глобальный минимум можно найти по следующей схеме:

- провести сканирование области допустимых значений переменных $l_i, b_i, h_i, \delta_{Pi}, \delta_{Ci}$ с некоторым шагом,
- рассматривая точки сканирования в качестве начальных точек, найти соответствующие им локальные минимумы методами локальной оптимизации (например, методом проекций градиента),
- выбрать комбинацию значений $l_i, b_i, h_i, \delta_{Pi}, \delta_{Ci}$, при которых металлоемкость минимальна.

Развитие ЭВМ, методов расчета напряженно-деформированного состояния металлоконструкций тяжелых козловых кранов привело к развитию теории оптимального проектирования крановых металлоконструкций. При этом рассматриваются все элементы металлоконструкции в совокупности и используются градиентные методы оптимизации, что дает более точный результат за меньшее количество итераций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановская, Л.В. Теоретические основы применения метода граничных элементов к расчету пространственных крановых металлоконструкций // Вестник СГТУ. – Саратов, 2009, №1(37) – С. 48-54.
2. Барановская Л.В. Использование метода проекций градиента при оптимальном проектировании металлоконструкций тяжелых козловых кранов // Вестник СГТУ. – Саратов, 2010, №1(44). – С. 25-28.
3. Кобзев А.П. Развитие теории оптимального проектирования тяжелых козловых монтажных кранов: дис. ... д-ра техн. наук / А.П.Кобзев. – Саратов, 1996. – 405 с.
4. Г. Реклейтис, А. Рейвиндран А., К. Рэгсдел. Оптимизация в технике: в 2 кн. Кн.2. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 318 с.

Барановская Лариса Вакифовна –
Кандидат технических наук, доцент,
Заведующая кафедрой «Высшая
математика и механика»
Балаковского института техники,
технологии и управления (филиала)
Саратовского государственного
технического университета
имени Гагарина Ю.А.

Baranovskaya Larisa Vakifovna –
Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor, Head of the Department
of «Higher Mathematics and Mechanics»
of Balakovo Institute of Engineering,
Technology and Management (affiliated branch)
Gagarin Saratov State Technical University

Кобзев Роман Анатольевич –
Кандидат технических наук, доцент
кафедры «Подъемно-транспортные,
строительные и дорожные машины»
Балаковского института техники,
технологии и управления (филиала)
Саратовского государственного
технического университета
имени Гагарина Ю.А.

Kobzev Roman Anatolyevich –
Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor of the Department
of «Pick-and place Construction and
Road Machinery»
of Balakovo Institute of Engineering,
Technology and Management (affiliated branch)
Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 69.002.5.001.362

И.Г. Мартюченко, С.В. Иванов

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ НАКОНЕЧНИКА РАБОЧЕГО ОРГАНА НА ПРОЦЕСС ПОГРУЖЕНИЯ В ГРУНТ

Данная работа посвящена исследованию наконечника рабочего органа, а именно влияние геометрии испытываемых штампов на процесс погружения в грунт. В ходе экспериментального исследования изучалась картина взаимодействия поверхности штампов имеющих разную форму с грунтовой средой.

Грунт, экспериментальные штампы, уплотненное ядро грунта, криволинейная форма

I.G. Martyuchenko, S.V. Ivanov

THE INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF THE TIP OF THE WORKING BODY ON THE PROCESS OF DIPPING INTO THE GROUND

This work is devoted to research of the tip of the working body, namely the influence of the geometry of the subjects of stamps in the process of dipping into the ground. During the experimental study examined the pattern of interaction between the surfaces of the stamps which have a different and from the soil environment.

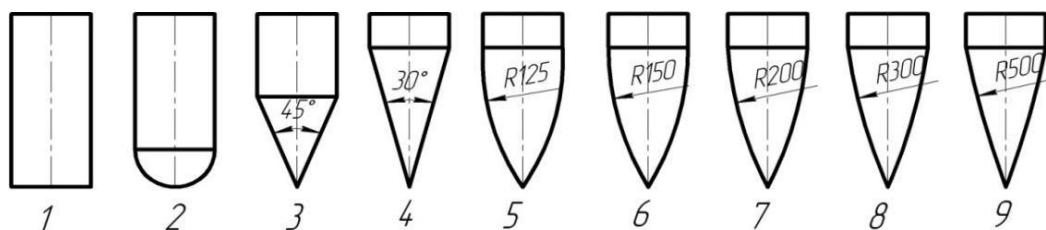
Soil, experimental stamps, dense core of the soil, curvilinear form

Уплотнённое ядро образуется перед кромкой рабочего органа и представляет собой часть грунта, сформированной на поверхности рабочего органа, взаимодействует с ним как одно целое. При этом дальнейшее взаимодействие рабочего органа с грунтовой средой происходит посредством уплотнённого грунтового нароста. Очевидно, что в процессе взаимодействия рабочего органа с грунтом отсутствие или наличие ядра уплотнения оказывает значительное влияние на энергоёмкость данного процесса. Образование ядра уплотнения перед движущимся профилем, безусловно, оказывает дополнительное сопротивление, так как при этом происходит трение грунта о грунт, имеющее более высокое значение, чем трение грунта о сталь.

Многими исследователями, такими как А.Д. Далин, А.Н. Зеленин, И. Ратье, Ю.А. Ветров, и др., исходя из опытов, отмечается, что очертания сформированного уплотненного ядра имеют примерно симметрическую криволинейную форму [1-3].

Поэтому для изучения общей картины взаимодействия криволинейной формы с грунтовой средой были проведены экспериментальные исследования влияния криволинейной формы наконечников экспериментальных штампов на процесс внедрения в грунт [4,5].

Исследования проводились на экспериментальных моделях. Для получения более наглядной картины, процесс взаимодействия испытуемых штампов (рисунок) с грунтовой средой изучался на плоских моделях позволяющих изучить характер движения частиц грунта относительно штампа при его внедрении.



1 – с плоским основанием; 2 – с основанием в виде полусферы; 3 – конус 45°; 4 – конус 30°; 5 – 9 с наконечниками тороидальной формы с образующим радиусом (5 – R125 мм; 6 – R150 мм; 7 – R200 мм; 8 – R300 мм; 9 – R500 мм)

Проведенные экспериментальные исследования показали следующее: при погружении штампа с плоским основанием и штампа с основанием в виде полусферы, наблюдалось ярко выраженное образование ядра уплотнения на наконечнике штампа, которое при дальнейшем погружении приобретало криволинейную форму. При погружении штампа с основанием в форме полусферы наблюдалось образование зоны уплотнения перед наконечником площадью большей, чем перед штампом с плоским основанием.

Другой характер наблюдался при внедрении штампов с углом при вершине 30° и 45°, а также штампов, поверхность которых образована дугой окружности различным радиусом. При погружении в грунт в этих случаях не наблюдалось формирование ядра уплотнения перед наконечником штампа.

При этом при задавливании штампа с углом при вершине 45° зона уплотнения по сравнению со штампом с углом 30° и штампами, поверхность которых образована дугой окружности различным

радиусом была наибольшей. При угле 30° грунт уплотнялся равномерно, а зона уплотнения была гораздо меньше. При задавливании штампов наконечники, которых образованы дугой окружности наибольшую зону уплотнения имел штамп образованный дугой окружности радиусом 125мм, у остальных штампов грунт наиболее равномерно уплотнялся и распределялся вдоль тела штампа.

В ходе эксперимента фиксировалось усилие на задавливание и на выдергивание штампов.

Анализ результатов показал, что форма наконечника рабочего органа непосредственно влияет на процесс погружения в грунт. У штампа образованного дугой окружности в зависимости от образующего радиуса в 72% случаях усилие на задавливание меньше, чем у штампа с углом при вершине 30° . Также при сравнении штампа, поверхность которого образована радиусом 200 мм, со штампом с углом при вершине 30° усилие на задавливание у штампа с радиусом 200 мм на 33% меньше.

Кроме того, результаты экспериментов показали что в зависимости от формы штампа усилие на выдергивание также изменяется. Например, в сравнении со штампом, поверхность которого образована дугой окружности радиусом 200 мм, у штампа с углом при вершине 30° усилие и выдергивание на 30% больше. Также было установлено, что у штампов, образованных дугой окружности, и штампов с углами при вершине 30° и 45° , погружаемых в глину, усилие на выдергивание превышает усилие на задавливание. Данный факт наблюдался у штампов, поверхность которых образована дугой окружности, и на других грунтах: у штампа, поверхность которого образована радиусом 150 мм в суглинках и супеси, выше, чем у штампа, поверхность которого образована радиусом 125мм в супеси.

Из полученных результатов следует, что геометрическая форма наконечника штампа оказывает существенное влияние на процесс задавливания. При внедрении штампа с наконечником тороидальной формы не наблюдалось формирования ядра уплотнения, размеры зоны уплотнения имели меньшие размеры, при этом наименьшее усилие у штампов образованных дугой окружности лежит в пределах образующего радиуса от 200 – 500мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветров, Ю. А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю. А. Ветров. – М.: Машиностроение, 1971. – 357 с.
2. Федоров, Д.И. Рабочие органы землеройных машин. – 2-е. изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
3. Мартюченко, И.Г. Экспериментальное исследование влияния формы наконечника штампа на процесс погружения в грунт / И.Г. Мартюченко, С.В.Иванов // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2011. – С. 33-37.

Мартюченко Игорь Гаврилович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные и дорожные машины» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Igor G. Martyuchenko – Dr. Sc., professor, head of the chair «Construction and Road Machines» Gagarin Saratov State Technical University

Иванов Сергей Викторович – ассистент кафедры «Строительные и дорожные машины» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Sergey V. Ivanov – assistant of the chair «Construction and Road Machines» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.004.67

А. И. Шаповалов, А.Э. Радченко

ПРОДОЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ГУСЕНИЧНОЙ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ

Рассмотрена теория продольной устойчивости гусеничной землеройно-транспортной машины. Предложена методика установления в реальных грунтовых

условиях параметров эпюры давления с соответствующими выводами по тягово-цепным и прочностным качествам ходовой системы машины.

Устойчивость, система, надежность, параметры, нагрузка

A. I. Shapovalov, A.E. Radchenko

LONGITUDINAL STABILITY CATERPILLAR EARTH-MOVING TRANSPORT MACHINES

This state has considered the theory of longitudinal stability of caterpillar earth-moving transport machines. A procedure is proposed for the establishment of the real ground conditions of the parameters of the curve of pressure with relevant conclusions of the traction-coupling and strong qualities of the propulsion machinery.

The stability, the system, the reliability, settings, the load

Гусеничные землеройно-транспортные машины (ГЗТМ) весьма широко применяются во всех видах строительства, иногда занимают положение ведущих машин. Поэтому вопросы общей динамики ГЗТМ, в частности продольной устойчивости, с учетом ее значительного влияния на основные технологические характеристики важны и актуальны в настоящее время и в обозримом будущем.

При эксплуатации, а особенно при доработке технологического оборудования с целью повышения производительности машин или расширения их области применения, т.е. при изменении массы, габаритов и вылетов оборудования изменяется продольная устойчивость и проходимость гусеничной машины.

Основной вопрос при анализе данного явления – установление характера распределения давления гусениц на поверхность движения. Применительно к гусеничным системам с жесткой и полужесткой подвесками (большинство ГЗТМ)[1,2] допустим линейный характер распределения удельных давлений на грунт по длине опорной поверхности, т.е. в общем случае эпюра давления имеет вид неравнобокой трапеции, с параметрами:

- $L_{гус}$ - длина опорной части гусениц и основания трапеции;
- G_m - сила тяжести машины;
- O - центр (середина) опорной поверхности;
- P_{01}, P_{02} - горизонтальные и вертикальные нагрузки на рабочие органы;
- a_m - смещение точки приложения силы тяжести машины;
- Π - предполагаемый центр давления гусеничной машины;
- $\sum Y = G_m + P_{02}$ - сумма вертикальных нагрузок на поверхность движения.

При выполнении расчетов динамики ГЗТМ принимаются следующие допущения [1,2]:

- угол подъема гусениц 2 - 3°;
- $t/L \leq 1,5 - 1,7$, где t - шаг опорных катков, L – шаг звеньев гусеницы.

Данные допущения имеют место у абсолютного большинства ГЗТМ.

Для определения параметров давления нами (авторами) выведены следующие приближенные формулы:

$$q_{max} = q_c \times (1 + 6 \times K_d) \quad (1)$$

$$q_{min} = q_c \times (1 - 6 \times K_d) \quad (2)$$

Распределение давления носит линейный характер, в общем случае эпюра имеет форму трапеции со сторонами q_{max} и q_{min} и основанием, равным продольной базе гусеничной ходовой системы.

q_c - среднее давление гусениц на грунт, которое принимается по формуле

$$q_c = \sum Y / 2bL_{гус} = (G_m + P_{02}) / 2bL_{гус} \quad (3)$$

где b – ширина звена гусеницы; $L_{гус}$ на плотных грунтах – расстояние между крайними опорными катками, на мягких – между ведущей звездочкой и направляющим колесом, G_m

K_d – коэффициент смещения центра давления:

$$K_d = \left| \frac{X_d}{L_{гус}} \right| \quad (4),$$

где X_d – продольная координата смещения центра давления гусениц от середины (центра) опорной поверхности. X_d находится из уравнения моментов относительно середины опорной поверхности гусеницы (точки O):

$$X_d = \frac{\sum M}{\sum Y} \quad (5)$$

где $\sum M$ – сумма моментов от действия G_m и P_{01} (горизонтальная нагрузка на рабочем органе), P_{02} (вертикальная нагрузка на рабочем органе) относительно центра (середины) опорной поверхности.

В общем случае $\sum M$ вычисляется по формуле:

$$\sum M = (P_{02} \times (l + L_{гус}) + G_m \times a_M - P_{01} \times h) / \sum Y \quad (6)$$

где l – длина бульдозерного оборудования (координата P_{02}), h – высота бульдозерного оборудования (координата P_{01}), a_M – расстояние от точки O до точки приложения G_m .

При выполнении расчета существуют 4 характерных частных случая:

- 1) общий случай эпюры: $0 < K_d < 1/6$. При подстановке значений из данного промежутка эпюра превращается в трапецию со сторонами $q_{max} > q_{min} > 0$ и высотой $L_{гус}$.

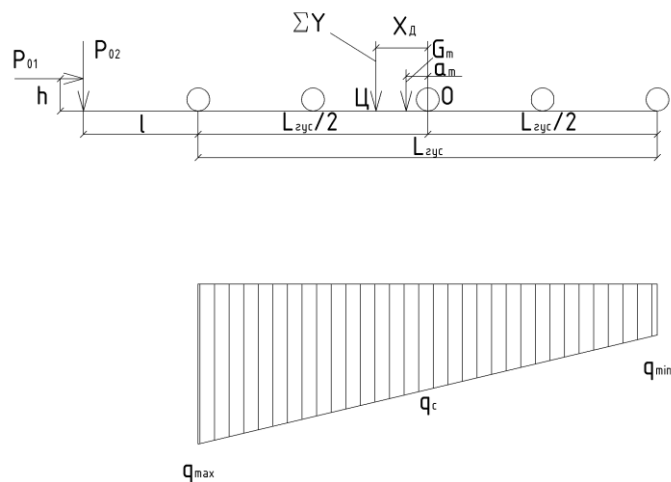


Рис. 1. Общий случай эпюры давления

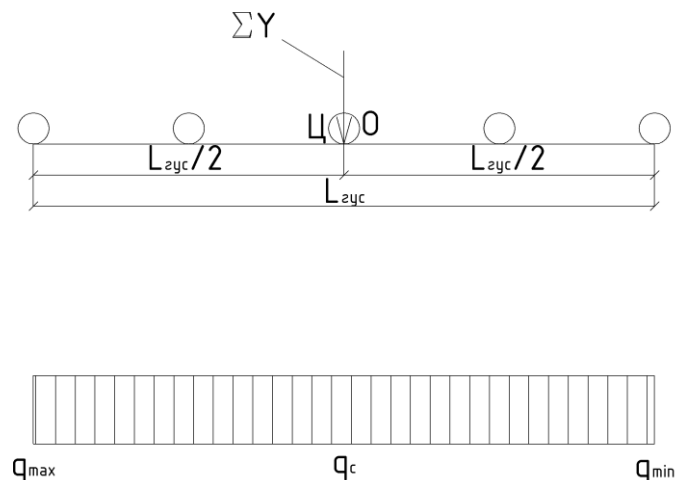


Рис. 2. Оптимальный случай эпюры давления

В результате составления уравнения прямой, соединяющей крайние точки гусениц машины, которые имеют вертикальные координаты q_{\max} и q_{\min} , а также при нахождении координат центра тяжести X_c трапеции-эпюры давления, получим следующие уравнения:

$$q_{\max} = q_c \times (1 + 6 \times K_d)$$

$$q_{\min} = q_c \times (1 - 6 \times K_d)$$

Таким образом, принятые приближенные расчетные формулы верны.

2) оптимальный случай: при $K_d = 0$. Эюра превращается в прямоугольник, где $q_{\max} = q_{\min} = q_c$. Точка Ц совпадает с точкой О, за счёт чего $X_d = 0$ и $K_d = 0$.

3) предельный случай: $K_d = 1/6$. Эюра принимает вид треугольника, в котором $q_{\min} = 0$, $q_{\max} = 2q_c$.

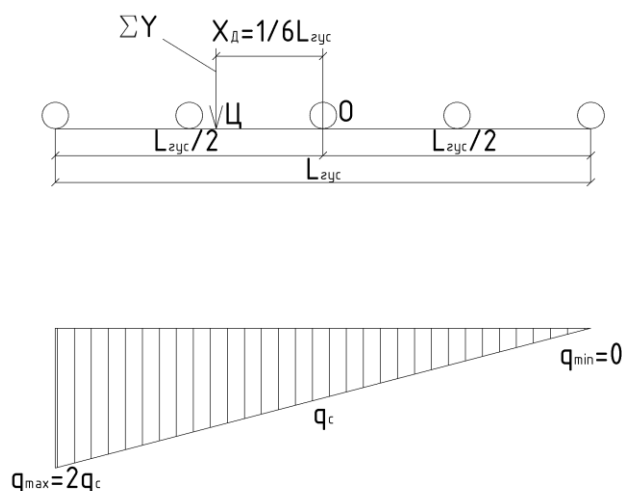


Рис. 3. Предельный случай распределения давления

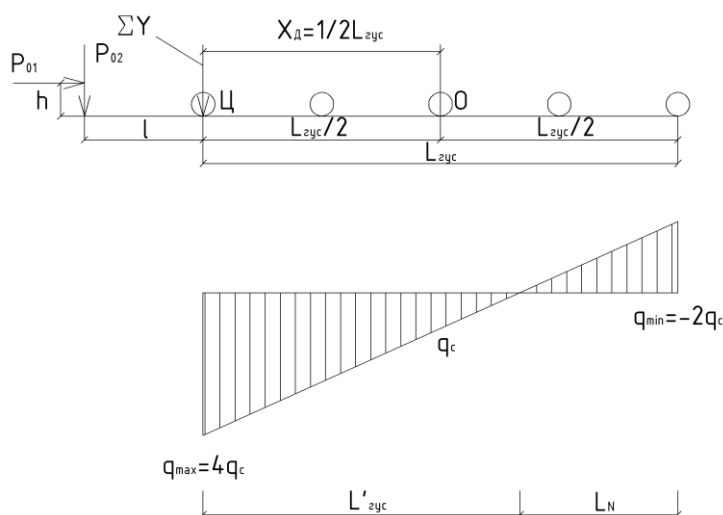


Рис. 4. Эюра давления при $K_d = 0,5$

Эюра имеет вид прямоугольного треугольника с катетами $L_{гус}$ и q_{\max} и характеризуется появлением пассивных звеньев в гусеницах, что ведет к снижению тяговой проходимости. Поэтому величина допустимых $[K_d]$ и $[q_{\max}]$ должна быть ограничена начальным моментом появления пассивных звеньев гусеницы и уменьшением ее опорной длины, а именно $[K_d]$ и $[q_{\max}] = 2q_c$.

4) исключение – при кратковременной технологической необходимости: $K_d \in (0,167; 0,5)$.

Тогда по формулам для определения минимального и максимального давлений на рабочую поверхность получаем:

$$q_{\max} = q_c \times (1 + 6 \times 0,5) = 4q_c; \quad q_{\min} = q_c \times (1 - 6 \times 0,5) = -2q_c$$

Эпюра превращается в трапецию с равнозначными основаниями. На практике это может привести к поломке машины вплоть до опрокидывания и выведения из строя ходовой системы. Длина опорной поверхности уменьшается до $L'_{\text{гус}}$. Случай наглядно показывает наличие пассивных звеньев (на длине L_N) в опорной ветви гусениц и опорных катков, не передающих давление на грунт, а, следовательно, его воспринимают оставшиеся катки, особенно крайние, которые воспринимают максимальные усилия.

Этот случай характеризуется резким снижением силы тяги при одновременном увеличении удельного давления на грунт, а также нагрузок на опорные катки и их подшипники.

Дальнейшие расчеты сводятся к проверке несущей способности поверхности движения:

$q_{\max} \leq [q]$, где $[q]$ - несущая способность грунтов:

- 0,01...0,2 МПа для болотистых грунтов;
- 0,8...1,2 МПа для сухих суглинков.

Данная методика позволяет сделать соответствующие выводы:

- 1) эпюра давления на опорную поверхность имеет линейный вид и в общем случае представляет собой трапецию;
- 2) существует 4 случая распределения давления по опорной поверхности;
- 3) увеличение K_d от 0,167 до 0,5 приводит к появлению пассивных звеньев в гусенице, снижению силы тяги по сцеплению, увеличению нагрузок на опорные катки;
- 4) данная методика обязательна при выполнении любых работ ГЗТМ на любых грунтах;
- 5) по данной методике возможно, а в некоторых случаях необходимо проведение эксплуатационных испытаний ГЗТМ;
- 6) при K_d от 0,167 до 0,5 снижается эффективность работы трактора и работы его ходовой системы, что может привести к поломке и снятию с эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львов Е.Д. Теория трактора. М.: Машгиз, 1980. 370 с.
2. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Колос, 1982. 384 с.

Шаповалов Александр Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения Кубанского государственного технологического университета

Alexander I. Shapovalov – Ph.D., associate Professor of the Department of Transport and Road of the Kuban State Technological University

Радченко Артем Эдуардович – студент факультета строительства и управления недвижимостью Кубанского государственного технологического университета

Artyom E. Radchenko – student of the faculty of Construction and real Estate Management of the Kuban State Technological University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.004.67

А.И. Шаповалов, А.Э. Радченко

ОПТИМИЗАЦИЯ БУЛЬДОЗЕРА-РЫХЛИТЕЛЯ

Рассмотрены основные особенности производства работ в горных условиях. Предложены конкретные меры по устранению недостатков существующих методов работ

по рыхлению пород путем установки качественно нового оборудования, позволяющего разрушать породу в направлении наименьшей прочности («на отрыв»). Данные меры позволяют снизить трудоемкость работ, повысить точность, эффективность и производительность, снизить объемы и экологическую опасность при производстве работ в горных условиях.

Строительство, технология, бульдозеры, рыхлители, эксплуатация

A.I. Shapovalov, A.E. Radchenko

OPTIMIZATION OF THE BULLDOZER-RIPPER

This state discusses the main characteristics of the production of works in mountain conditions. There are proposed concrete measures to eliminate the shortcomings of the existing methods of work on rippage breeds through the installation of a new equipment, allowing to destroy the breed in the direction of the lower strength («on the gap»). These measures allow to reduce the complexity of works, improve accuracy, efficiency and productivity, to lower volumes and the environmental hazards in the production of works in mountain conditions.

Construction, technology, bulldozers, rippers, operation

Транспортное строительство в горных условиях производится при повышенной природной неустойчивости, в том числе при значительных колебаниях уклонов как в продольном, так и в поперечном направлении [1, 2].

Неустойчивость природных процессов, разрушительные последствия нарушений сложившегося равновесия, крайне узкие диапазоны условий, в пределах которых сохраняется равновесие природных процессов, все это характеризует горные районы как природные зоны, в которых транспортное строительство должно осуществляться методами, направленными в первую очередь на охрану природы.

Поэтому совершенствование техники и технологии горного транспортного строительства, связанное с уменьшением объемов земляных работ, как самых экологически опасных и трудоемких, несомненно, является актуальным и несет в себе не только значительный экономический, но и экологический, природоохранный эффект.

Производство земляных работ в горах ведется в сложных условиях. Работы выполняются, в основном, на склонах. Основным видом земляных работ при устройстве земляного полотна транспортных путей является разработка грунта в выемках на склонах и перемещение его в насыпи и в отвал. Грунты на горных склонах отличаются большим разнообразием, особенно по трудности разработки, вплоть до самых прочных и требующих предварительного рыхления. Совершенно очевидно, что ведущими машинами в нашем случае являются мощные специальные горные бульдозеры как с поворотными, так и с неповоротными отвалами.

Большую трудность представляет собой устройство, а при ремонте – очистка нагорных кюветов, несомненно, важнейших элементов горной дороги, в части ее эксплуатационной надежности. При этом в целях снижения себестоимости уменьшения влияния на устойчивость выемки нагорный кювет должен быть максимально приближен к откосу. Наиболее прогрессивные и перспективные машины для предварительного рыхления прочных грунтов – задние навесные тракторные рыхлители, устанавливаемые на бульдозерах, мало приспособлены для работы в горах, особенно при разработке нагорных кюветов.

Для повышения эффективности в горных условиях бульдозеров поворотными отвалами необходимо оснастить их задними трезубыми рыхлителями с автономным гидроприводом каждого зуба, например по авторскому свидетельству №696111 и свидетельству на прообразец № 10025. Это позволяет изменять количество рабочих зубьев из кабины трактора. При этом возможна работа одним, двумя и тремя зубьями с последовательным их заглублением, чем повышается производительность и использование мощности тягача, а также имеется возможность рыхления нагорных кюветов для их очистки при ремонте и содержании. Сами поворотные отвалы необходимо оснастить гидроуправлением углов поворота в плане путем механического перемещения на опорной раме толкателей, т.е. сохранив классическую схему соединения отвала с рамой центральным сферическим шарниром, что

обеспечит необходимую прочность конструкции, например по патенту №2372446 от 10.11.09, где в качестве привода исполнительных ползунов взяты реверсивные гидромоторы, а для преобразования вращательного движения в поступательное используется винтовая самотормозящая передача, верхние тяги толкателей выполнены в виде двусторонних индивидуально управляемых гидроцилиндров.

Бульдозеры на тяжелых тракторах с неповоротными отвалами имеют рыхлители, чаще однозубые. Однако ограничены по прочности разрушаемых пород, так как разрушают их в направлении наибольшей крепости пород. Поэтому рекомендуется, например, по патенту №2361042 от 10.07.09 следующее:

- 1) установка коротких рыхлительных зубьев на отвале по всей длине с шагом 500-700 мм;
- 2) обеспечение гидроуправляемого механизма (гидрораскосов) управления продольного и поперечного наклона отвала;
- 3) установка на задней поверхности отвала гидроуправляемой с помощью цилиндров опорной плиты (плит). При движении плиты вниз отвал с заглубленными зубьями движется вверх и разрушает грунт «на отрыв», расширяя тем самым возможности машины по прочности разрабатываемого грунта.

В результате появляются возможности разрушения пород «на отрыв» т.е. в направлении их наименьшей прочности с усилием, равным

$$R_n = G_m \frac{a_{MX}}{a_{ШХ}} \times \frac{l_{ШО}}{l_{РО}},$$

где G_m – сила тяжести машины; a_{MX} , $a_{ШХ}$ – расстояние по горизонтали от передней опоры ходовой системы до центра масс и упряжного шарнира; $l_{ШО}$, $l_{РО}$ – расстояние по горизонтали от опорной плиты до упряжного шарнира и режущей кромки зуба.

Для современных машин на базе тяжелых промышленных тракторов невыполнимо $K_n=(8...12)G_m$ против $R_n=(8...12)G_m$ при отсутствии опорной плиты.

Конструкция позволит вести разработку земляного сооружения с более высокой точностью, вплотную с откосом, что уменьшит объемы земляных работ в целом, а, следовательно, повысит эффективность и производительность машин при одновременном уменьшении вредных экологических последствий. Аналогичного эффекта следует ожидать и в работе предлагаемых бульдозеров поворотными отвалами. Рассмотрим их подробнее.

Земляные работы в горах при транспортном строительстве ведутся в основном на склонах, основным видом их деятельности является разработка грунта в выемках с перемещением его в насыпи, полунасыпи и в отвал, т.е. поперек направления трассы, а, следовательно, и основному движению универсального бульдозера, с периодическим изменением этого направления до 180°. Для этого и с целью обеспечения достаточной жесткости конструкции прогрессивные методы реализованы в серийных машинах (например Кейс 1150), по следующей схеме: базовая машина – гусеничный промышленный трактор, несущий с помощью упряжных шарниров на раме гусеничных тележек, охватывающую толкающую раму, гидроцилиндры подъема рамы, поворотный отвал в плане, соединенный с толкающей рамой при помощи центрального сферического шарнира и боковых толкателей, состоящих из двух продольных раскосов и ползунов, гидроцилиндры перекоса отвала в плане, перемещающие ползуны толкателей вдоль продольных брусьев, толкающих рамы. Недостатками описанной конструкции являются:

- изменение угла поворота отвала в плане с помощью двусторонних цилиндров для реальных машин нерационально на раме пространства из-за большой их начальной длины и недостаточно обеспечения для необходимого (28° 30°) угла поворота;
- передача рабочего сопротивления при работе отвала непосредственно на цилиндры поворота отвала в плане ведет к увеличению мощности гидропривода и к снижению его надежности.

Для устранения указанных недостатков, например, по патенту №2372446 рекомендуется в качестве привода ползунов и толкателей вместо гидродвигателей поступательного действия (гидроцилиндров) принять гидродвигатели вращательного (реверсивные гидромоторы), а для преобразования вращательного движения в поступательное движение толкателей вдоль продольных брусьев толкающей рамы использовать винтовые самотормозящиеся передачи, для обеспечения бесступенчатого регулирования углов резания и поперечного перекоса отвала верхние тяги толкателей целесообразно выполнить в виде двусторонних индивидуально управляемых гидроцилиндров, установленных под углом 30-40 градусов к нижним тягам на сферических шарнирах.

Таким образом, при включении гидромоторов с противоположными направлениями вращения будут перемещаться в противоположных направлениях и ползуны толкателей, изменяя при этом угол перекоса отвала в плане вокруг центрального сферического шарнира соединения отвала с толкающей рамой. После достижения нужного угла поворота отвала в плане, гидромоторы выключаются, при движении бульдозера с заглубленным отвалом грунт перемещения в одну из сторон, для изменения направления перемещения грунта вновь включаются гидромоторы причем в противоположные стороны вращения.

С помощью верхних тяг – гидроцилиндров, выполненных с автономным управлением, устанавливается угол поперечного перекоса отвала или угол резания (при синхронном движении штоков верхних тяг).

В результате, очевидно, что при работе бульдозера рабочая нагрузка на отвале передается на самотормозящую винтовую передачу, а гидромоторы периодически отключить и сокращать чистое время их работы, тем самым обеспечивая надежную работу гидропривода.

За счет обеспечения установки любых положений отвала в плане бесступенчатого регулирования угла резания и поперечного перекоса значительно расширяются эксплуатационные возможности бульдозера.

В направлении дальнейших исследований предполагается опытная проверка рекомендуемых конструктивных решений с участием заинтересованных спонсоров, желательно на натуральных образцах тяжелого или сверхтяжелого гусеничного промышленного тракторов, а также и разработка исходных требований для проведения заводских экспериментальных и опытно-конструкторских работ, желательно при участии заинтересованных спонсоров и с использованием идей указанных здесь изобретений автора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарчук Б.З. Бульдозеры и рыхлители. М.: Машиностроение, 1987. 240 с.
2. Трескинский С.А. Горные дороги. М.: Транспорт, 1974. 367 с.

Шаповалов Александр Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения Кубанского государственного технологического университета

Alexander I. Shapovalov – Ph.D., associate Professor of the Department of Transport and Road of the Kuban State Technological University

Радченко Артем Эдуардович – студент факультета строительства и управления недвижимостью Кубанского государственного технологического университета

Artyom E. Radchenko – a student of the faculty of Construction and real Estate Management of the Kuban State Technological University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 624.154.6

А.П. Кобзев, М.С. Губатенко

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ СТЕНОК ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИН ПОД БУРОНАБИВНЫЕ СВАИ

Рассмотрено устройство для уплотнения стенок вертикальных скважин, применение которого позволяет сократить затраты по устройству фундаментов на буронабивных сваях, а также повысить несущую способность единичной буронабивной сваи. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований параметров и структуры вибрационно-радиального снаряда.

Вибрационно-радиальный снаряд, уплотнение грунта, буронабивная свая, несущая способность сваи, структура и параметры снаряда

A.P. Kobzev, M.S. Gubatenko

A DEVICE FOR COMPACTION OF VERTICAL CHINKS WALLS FOR THE BORED PILE

Consider a device for compacting of vertical chinks walls, the use of which reduces the cost of fundamental building on bored piles, and increase the carrying capacity of single bored piles. The results of theoretical and experimental researches of the structure and parameters of vibration-radial gear are submitted.

Vibration-radial gear, soil compaction, bored pile, the bearing capacity of a pile, the structure and parameters of the gear

В настоящее время значительное внимание уделяется новым технологиям устройства свайных фундаментов. Это связано с тем, что совершенствование существующих методов и способов устройства фундаментов, применение оборудования принципиально нового типа, позволит сократить сроки и экономические затраты строительства, повысить качество возводимых конструкций и энергоэффективность применяемых технологий и оборудования.

Известным фактом является то, что стоимость фундаментных работ иногда составляет до 40 % от общей стоимости сооружений, поэтому их удешевление дает вполне ощутимый эффект, выражающийся в миллионах рублей [1]. Часто возведение зданий и сооружений происходит в условиях плотной городской застройки, что способствует увеличению расходов на подготовительные, земляные работы, устройство оснований и фундаментов [2].

По данным президента международного общества по механике грунтов и геотехнике В. Ф. Ван Импе одними из наиболее применяемых типов свай являются буронабивные (рис. 1) [3]. При строительстве фундамента на буронабивных сваях исключается деформация элементов несущих конструкций зданий и сооружений, расположенных поблизости от места производства работ, и шум, возникающий при работе молотов. Одно из основных преимуществ набивных свай перед забивными – возможность их выполнения с одним или несколькими уширениями ствола, значительно повышающими несущую способность сваи. Уширения могут быть выполнены в любой части ствола – верхней, нижней или средней. Наибольшее распространение получили набивные сваи с уширением в основании скважины, что обусловлено возможностями имеющегося оборудования [4].

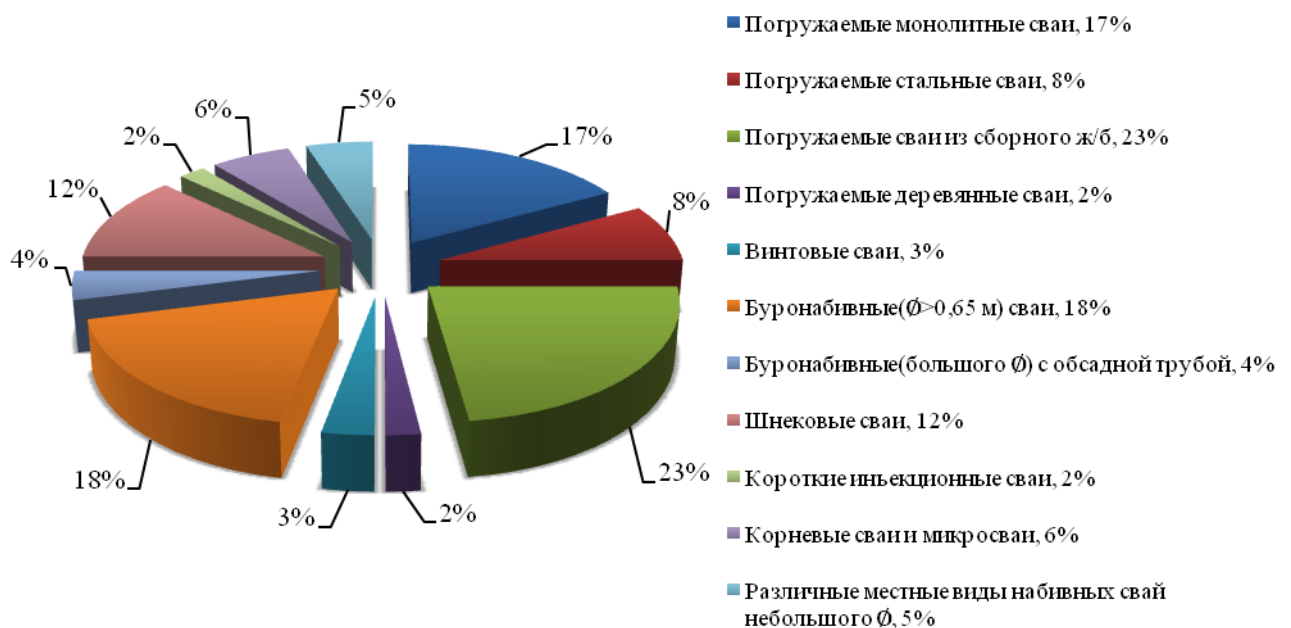


Рис. 1. Использование различных видов свай в мире

Главным недостатком буронабивных свай является то, что бурение не способствует увеличению несущей способности грунта, так как не приводит к его уплотнению в стенках скважины, как это

имеет место при забивке или вдавливании. Существенное снижение несущей способности наблюдается у буронабивных свай, если в забое имеется некоторое количество шлама, остающегося после бурения в скважине.

Исходя из вышесказанного, актуальной задачей является разработка или совершенствование существующих типов оборудования, применение которых позволит сократить затраты по устройству фундаментов на буронабивных сваях, а также повысить несущую способность единичной буронабивной сваи.

Согласно [5] несущая способность сваи F_d обеспечивается сопротивлением грунта через ее пятую и сопротивлением трения грунта по боковой поверхности:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cR} \cdot R_c \cdot A_{cb} + u \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i) \quad (1)$$

где: γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте;

R_c – расчетное сопротивление грунта деформации под нижней опорой сваи, кПа;

A_{cb} – площадь поперечного сечения сваи, м²;

u – периметр поперечного сечения сваи, м;

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта по боковой поверхности сваи, кПа;

h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м, принимаемая $h_i \leq 2$ м;

γ_{cR}, γ_{cf} – коэффициенты условий работы грунта под нижней опорой и по боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа изготовления сваи.

Анализ данной формулы показывает, что несущая способность свай при одинаковой глубине их погружения в одинаковых грунтовых условиях зависит от двух факторов: площади поперечного сечения сваи, A_{cb} и периметра поперечного сечения сваи, u .

Следовательно, повысить несущую способность буронабивных свай можно уплотнением грунта в пристенном слое скважины и увеличением периметра поперечного сечения сваи при сохранении его площади для сохранения материалоемкости сваи, что особенно актуально для висячих свай.

Для анализа влияния периметра скважин при постоянной площади поперечного сечения рассмотрено 6 профилей, для которых согласно зависимости (1) получены значения несущей способности. При выборе формы сечения скважины согласно теории уплотнения необходимо принимать только овальные формы, позволяющие сформировать скелет грунта. На основании полученных значений несущей способности свай и возможности конструктивного исполнения оборудования для уплотнения стенок скважин рекомендована форма 6 (рис. 2), обладающая достаточно большой несущей способностью.

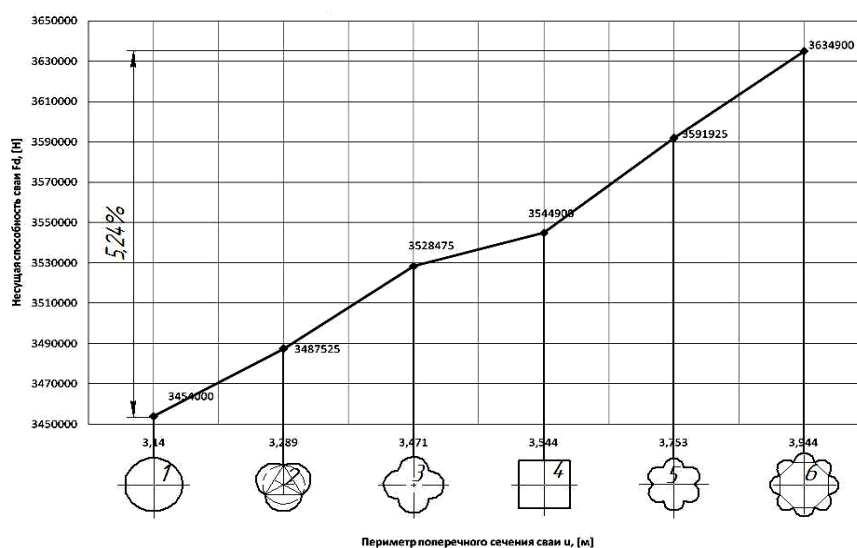


Рис. 2. График зависимости несущей способности сваи F_d , [Н] от периметра поперечного сечения сваи u , [м] при постоянной площади поперечного сечения сваи A_{cb} , [м²]

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что вопрос разработки оборудования, принцип действия которого основан на вибрационно-радиальном воздействии уплотняющих рабочих органов

на грунт является актуальным на сегодняшний день. Вибрационное воздействие на грунт в радиальном направлении позволит не только эффективно уплотнить стенки скважины, но и снизить энергоемкость процесса уплотнения с образованием уширения в стволе скважины. В буронабивных сваях за счет сцепления бетона с грунтом в околоствойном пространстве несущая способность характеризуется сопротивлением сдвига бетона по грунту. В связи с этим уплотнение стенок скважины вибрационно-радиальным воздействием рабочих органов на грунт позволит повысить несущую способность свай, так как сопротивление сдвига уплотненного грунта превосходит сопротивление сдвига неуплотненного. Кроме того, достаточно бурение только лидерной скважины, а затем она расширяется до требуемого диаметра уплотнением в радиальном направлении.

По результатам проведенного анализа существующих устройств для уплотнения и расширения стенок вертикальных скважин на кафедре «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины» Балаковского института техники, технологии и управления разработана конструкция вибрационно-радиального снаряда (рис. 3), на которую получен патент РФ на изобретение [6].

Вибрационно-радиальный снаряд представляет собой цилиндрический корпус 1 на нижней части которого установлено кольцо с прорезями 3. Внутри цилиндрического корпуса жестко закреплен вибратор круговых колебаний 2. В верхней части цилиндрического корпуса установлена крышка, позволяющая соединить свободно вращающуюся штангу 4 с цилиндрическим корпусом 1. На нижней части штанги 4 нарезана резьба, позволяющая разместить на штанге гайку с шарнирами 5, на которых установлены уплотняющие сегменты 6, с ребрами жесткости 7.

При вращении штанги 4 обеспечивается движение гайки с шарнирами 5 вниз и раскрытие уплотняющих сегментов 6 через ребра жесткости 7, благодаря чему создается коническая поверхность с выпуклыми формами, рекомендуемыми Новосибирской государственной академией строительства, при движении которой вверх обеспечивается уплотнение стенок скважины и придание ей необходимого профиля. Уплотняющие сегменты позволяют разрабатывать уширения любого условного диаметра с уплотнением стенок скважины, ограниченного максимальным коэффициентом уширения – 1,8. Конструкция вибрационно-радиального снаряда позволяет устраивать уширения с уплотнением стенок скважины в любой ее части и на любой глубине.

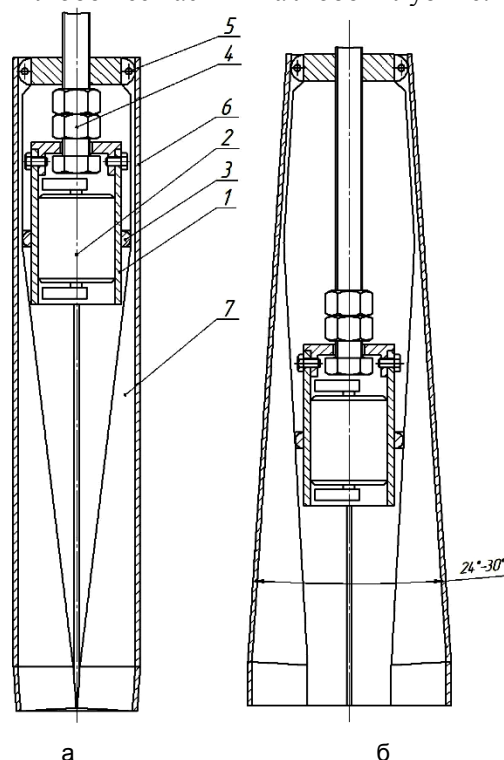


Рис. 3. Вибрационно-радиальный снаряд для уплотнения стенок вертикальных скважин:
 а) в транспортном положении; б) в рабочем положении;
 1 – цилиндрический корпус; 2 – вибратор круговых колебаний; 3 – кольцо с прорезями;
 4 – штанга; 5 – шарниры; 6 – уплотняющие сегменты

Представленный снаряд позволяет не только уплотнить стенки скважины, но и расширить ее диаметр, поэтому необходимо лишь пробурить лидерную скважину, диаметром, обеспечивающим

свободное опускание снаряда на дно скважины. Уплотнение стенок скважины производится проходкой снаряда из нижнего положения вверх.

Благодаря дистанционному управлению, раскрытием уплотняющих сегментов снаряда в процессе проходки возможно создавать уширения стенок скважины вибрированием без перемещения снаряда. По данным Ф.К. Лапшина [7] рекомендуется делать уширения на расстоянии друг от друга через 2-3 диаметра скважины. Это не снижает несущую способность стенок скважины, а несущая способность свай, устроенной в ней возрастает.

По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований структуры и рациональных параметров вибрационно-радиального снаряда можно сделать следующие выводы [8]:

1. За счет уплотнения стенок скважины и придание ей рекомендованной формы поперечного сечения несущая способность свай, устроенных в такой скважине увеличивается в песчаных грунтах на 14,45%, в глинистых грунтах – на 26,63 % по сравнению со свайей круглого поперечного сечения.

2. Рекомендован дорезонансный режим работы вибрационно-радиального снаряда. Установлены рациональные частоты работы вибрационно-радиального снаряда: 1400-1470 мин⁻¹ – для песчаных грунтов, 400-420 мин⁻¹ – для глинистых грунтов. Наибольшая эффективность работы снаряда (экспериментальная модель) достигается при массе дебаланса 0,3 кг и скорости проходки для песчаного грунта – 0,885 м/мин, для глинистого грунта – 0,417 м/мин.

3. Получен рациональный угол раскрытия уплотняющих сегментов снаряда до 40 градусов по критериям усилия и скорости проходки.

4. Наибольшая эффективность работы снаряда (экспериментальная модель) достигается при массе дебаланса 0,3 кг и скорости проходки для песчаного грунта – 0,885 м/мин, для глинистого грунта – 0,417 м/мин.

5. Для настройки вибрационно-радиального снаряда на рациональную частоту рекомендуется привод с бесступенчатым регулированием скорости вращения дебаланса. Наиболее подходит для этих целей привод с частотным регулированием.

6. Экономическая эффективность уплотнения стенок вертикальных скважин показывает, что применение вибрационно-радиального снаряда позволит уменьшить стоимость единичной сваи по материалу при ее изготовлении в скважинах рекомендуемой формы поперечного сечения на 36% в песчаных грунтах и на 49,425% в глинистых грунтах. Коэффициент уменьшения стоимости единичной буронабивной сваи по материалу, изготовленной в песчаных грунтах – 0,64, в глинистых грунтах – 0,50575. Экономический эффект при изготовлении одной буронабивной сваи диаметром 500 мм и глубиной заложения 24 м в глинистых грунтах составляет 17169 руб. 20 коп.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смородинов М.И. Справочник по общестроительным работам. Основания и фундаменты / М.И. Смородинов, Б.С. Федоров, Б.А. Ржаницын [и др.]. – М.: Стройиздат, 1974. – 373 с.
2. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) / Б.И. Далматов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 415 с.
3. Ван Импе В.Ф. Фундаменты глубокого заложения: тенденции и перспективы развития / В.Ф. Ван Импе // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – Санкт-Петербург, 2005. – Вып. 9, – С. 7-33.
4. Бойко Н.В. Технология, организация и комплексная механизация свайных работ / Н.В. Бойко, А.С. Кадыров, В.В. Харченко [и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 303 с.
5. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 48 с.
6. Пат. 2410518 Российская Федерация, МПК Е 21 В7/28. Устройство для расширения глухих скважин / Губатенко М.С., Ромакин Н.Е.; заявитель ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет». – №2009129279/03; заявл. 29.07.09 ; опубл. 27.01.11. – 6 с.
7. Лапшин Ф.К. Расчет свай по предельным состояниям / Ф.К. Лапшин. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та., 1979. – 152 с.
8. Губатенко М.С. Обоснование структуры и рациональных параметров вибрационно-радиального снаряда для уплотнения стенок вертикальных скважин под буронабивные сваи: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – Орел, 2011. –141 с.

заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины» Балаковского института техники, технологии и управления (филиала) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Department «Hoisting-and-transport, building and road machines» of Balakovo Institute of Technique, Technology and Management (branch) of Gagarin Saratov State Technical University

Губатенко Марк Сергеевич –
Ассистент кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины» Балаковского института техники, технологии и управления (филиала) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Mark S. Gubatenko –
Assistant of the Department of «Hoisting-and-transport, building and road machines» of Balakovo Institute of Technique, Technology and Management (branch) of Gagarin.Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 624.131.37

Р.Х. Бурханов

**УПЛОТНЕНИЕ ЖЕСТКОЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ РАБОЧИМ ОРГАНОМ,
СОВЕРШАЮЩИМ СЛОЖНОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ**

Уплотнение жесткой бетонной смеси осуществляется за счет интенсивных сдвиговых деформаций при высоких удельных давлениях.

Сфера, уплотнение, смесь, бетон, сдвиг, деформация, давление

R.H.Byrhanov

**CONSOLIDATION OF THE RIGID CONCRETE MIX BY WORKING BODY,
MAKING THE DIFFICULT SPATIAL MOTION**

Consolidation of a rigid concrete mix is carried out at the expense of intensive shift deformations with high specific pressures.

Sphere, consolidation, mix, concrete, shift, deformation, pressure

На кафедре СДМ СГТУ проводятся исследования по изучению уплотнения жестких бетонных смесей рабочим органом, совершающим сложное пространственное движение, состоящим из сферического вокруг некоторой точки и прямолинейного, поступательного движения этой точки. При этом уплотнение осуществляется в локальных зонах за счет интенсивных сдвиговых деформаций в условиях относительно высоких удельных давлений. Оборудование с сферодвижущимся рабочим органом представляет собой систему, состоящую из двух механизмов, одновременно воздействующих на рабочий орган [1].

Один механизм создает давление в локальной зоне, другой – сферическое движение. Изменение соотношения главных скоростей рабочего органа и скорости поступательного движения отражается на кинематике процесса уплотнения обкатыванием, на контактных условиях и напряженно-деформированном состоянии смеси.

Процесс уплотнения сферодвижущимся рабочим органом характеризуется созданием «плавающих» локальных очагов деформации и циклическим характером нагружения смеси. В отличие от традиционных схем, процесс уплотнения с интенсивным сдвигом с использованием сферодвижущегося органа имеет ряд преимуществ. Во-первых, «плавающий» очаг деформации позволяет в 5-15 раз снизить необходимое удельное усилие в зоне контакта рабочего органа со смесью [1]. Во-вторых, улучшаются условия изменения структуры за счет интенсивных сдвигающих деформаций. При этом

сферодвижущиеся рабочие органы проявляют признаки статических рабочих органов, реализующих способ укатки, и динамических, реализующих колебательный характер приложения уплотняющей нагрузки. Причем силовое воздействие на отпечаток осуществляется без снятия с него статической нагрузки, а возбудителем механических колебаний является сам рабочий орган.

Проведенные исследования влияния технологических режимов на структуру образцов позволили установить, что получение однородной структуры реализуется не при всех режимах уплотнения сферодвижущимся органом [1]. Так, степень изменения структуры существенно улучшается при не-монотонном циклическом характере изменения площади поверхности контакта. Можно предположить, что сильное влияние на степень уплотнения оказывает реверс вращательного движения органа. Что можно достичь чередованием вращения рабочего органа и формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сферодвижущиеся рабочие органы уплотняющих машин и оборудования: монография/ И.Г. Мартюченко, Р.Х. Бурханов, А.В. Бондаревский, Р.Р. Бурханов; под ред. И.Г. Мартюченко. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. 112 с.

Бурханов Рушан Хамзьянович –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Строительные и дорожные машины»
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.

Rushan H. Burkhanov –
PhD., the associate professor «Construction
and road cars»Gagarin Saratov state technical
University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 622. 23. 054.53

В.И. Григорьев, К.Ю. Белоусов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ШНЕКОВЫХ ПРЕССОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Теоретически обоснована возможность повышения эффективности работы шнековых прессов за счет формирования анизотропного трения вязко-пластичного материала о внутреннюю поверхность корпуса.

Шнековый пресс; шнековый вал; эффективность; глиняная масса

V.I. Grigorev, K.Yu. Belousov

DESIGN OF SCREW PRESS FUNCTIONAL MODULES OF ROBOTIC COMPLEXES

Possibility of increase of overall performance screw presses at the expense of formation of anisotropic friction viscous plastic material about an internal surface of the case is theoretically proved.

Screw press; screw shaft; efficiency; clay weight

Повышение эффективности производства глиняного кирпича возможно только на основе комплексной механизации и автоматизации технологических процессов и отдельных операций. Весьма перспективным в этом направлении является создание робототехнических комплексов (РТК) на базе высокоэффективных функциональных модулей, способных в течение длительного периода времени осуществлять бесперебойное выполнение регламента технологического процесса на проектном уровне.

Одной из основных машин технологического комплекса по производству глиняного кирпича является шнековый пресс. В нем происходит формование глиняного бруса. Функции уплотнения и

проталкивания глиняной массы к формирующему органу – мундштуку осуществляет шнековый модуль прессы, состоящий из цилиндрического корпуса и вала с винтовой лопастью.

Основным недостатком шнековых прессов является проворачивание глиняной массы под воздействием крутящего момента, передаваемого (сообщаемого) ей шнеком, что уменьшает поступательное движение в направлении мундштука и, соответственно, производительность прессы.

Для снижения вращательной составляющей движения формируемой массы внутренняя поверхность корпуса шнекового модуля выполняется рифленой. Паза между рифлями заполняются глиняной массой, что увеличивает силу трения формируемой массы о корпус модуля, так как коэффициент внутреннего трения глиняной массы больше коэффициента трения влажной глины о металл корпуса модуля. Однако в процессе работы прессы поверхность контакта движущейся формируемой массы и массы, заполнившей пространство между рифлями, становится гладкой и производительность шнекового модуля прессы существенно снижается. Кроме того, повышение коэффициента сопротивления движению формируемой массы по внутренней поверхности корпуса модуля во всех направлениях приводит к увеличению удельных энергозатрат формования глиняного бруса.

Идея работы заключается в том, чтобы заставить глиняную массу в пространстве между рифлями двигаться в направлении формирующих органов. Это позволит увеличить коэффициент сопротивления движению формируемой массы по внутренней поверхности корпуса модуля в направлении вращения шнекового вала и уменьшить коэффициент сопротивления движению массы в направлении продольной оси модуля, а также сохранить проектную производительность прессы в течение длительного периода времени.

В [1] рассмотрено равновесие элементарного объема формируемой массы, вырезанного из канала, образованного внутренней поверхностью корпуса, валом и лопастью шнека (рис. 1).

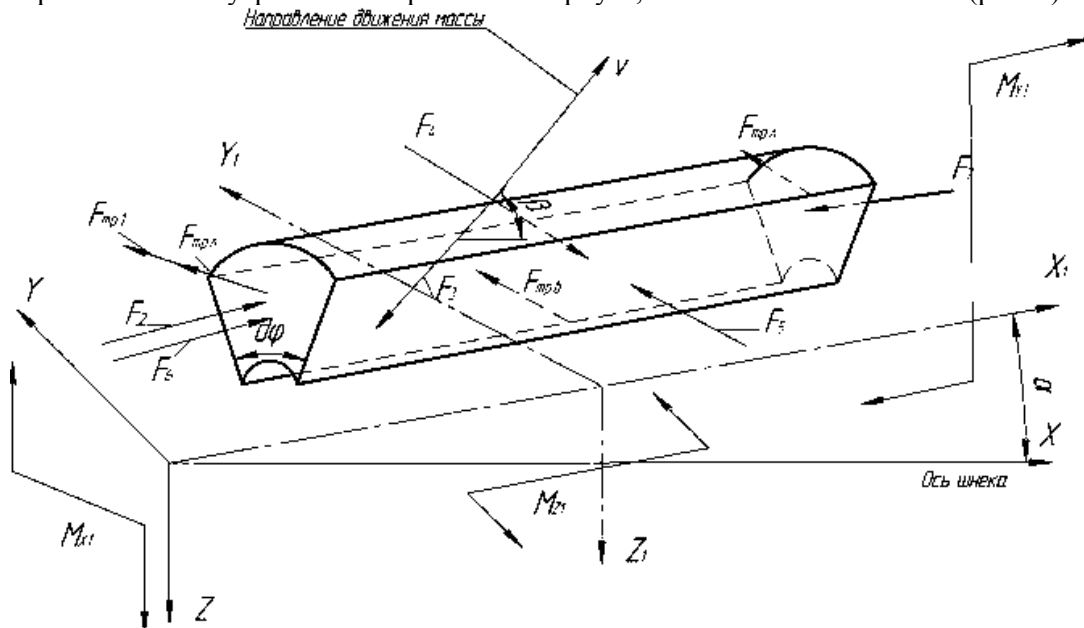


Рис. 1. Схема сил, действующих на объем формируемой массы в винтовом канале прессы
Получено условие движения глиняной массы в винтовом канале шнека

$$-\frac{R(R-r)}{\mu} \ln \left| \frac{2\pi k_n + P_0}{P_0} \right| + 2\pi n f_u R^2 \sin(\beta - \alpha) - 2\pi n R^2 f_u f_{uu} \cos(\beta - \alpha) - 2\pi n f_{uu} R r - \frac{n f_{uu} (R^2 - r^2)}{\sin \alpha} = 0, \quad (1)$$

где μ – коэффициент бокового давления (распора);

α – угол подъема винтовой линии шнековой лопасти;

β – угол между направлением движения глиняной массы и осью шнека;

R – радиус лопасти шнека;

r – радиус вала шнека;

f_u – коэффициент трения массы о внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса пресса;

$f_{ш}$ – коэффициент трения глиняной массы о металл шнека;

P_0 – давление на входе в винтовой канал;

k_n – коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств формуемой массы и геометрических параметров шнека;

n – число витков шнека;

$2\pi nk_n + P_0 = P_{вых}$ – давление на выходе из шнека.

Анализ условия равновесия формуемой массы (1) показывает, что направление ее движения зависит от следующих параметров:

- коэффициента трения формуемой массы глины о шнек;
- коэффициента трения формуемой массы глины о внутреннюю поверхность корпуса;
- отношения давлений на выходе и входе в шнек;
- угла подъема винтовой линии шнека;
- количества витков шнековой лопасти;
- площади контакта формуемой массы глины с лопастью и ступицей шнекового вала;
- площади контакта формуемой массы глины с внутренней поверхностью корпуса шнекового модуля.

Рассмотрено равновесие глиняной массы в пространстве между рифлями. Рифли направлены по образующим цилиндра корпуса пресса (рис. 2). Получено условие равновесия массы в межреберном пространстве

$$af_m \cos \beta = f_u (c + 2a) \quad (2)$$

где f_m – коэффициент внутреннего трения глиняной массы; a – высота рифлей; c – размер полости между ребрами (рис. 2).

При $af_m \cos \beta > f_u (c + 2a)$ будет иметь место движение глиняной массы между направляющими вдоль оси корпуса. В этом случае сила трения формуемой массы глины о внутреннюю поверхность корпуса в направлении продольной оси пресса:

$$F_x = Pf_u (c + 2a + b)L \quad (3)$$

где L – зазор между ребрами.

Сила трения материала о внутреннюю поверхность корпуса в направлении окружной скорости шнека:

$$F_y = P(cf_m + bf_u)t \quad (4)$$

где t – шаг шнека

Из условий (3) и (4) коэффициенты трения формуемой массы глины о внутреннюю поверхность корпуса пресса в направлениях продольной оси пресса и окружной скорости шнека, приведенные к цилиндрической поверхности, образованной верхними гранями ребер и поверхностью материала, заполнившего межреберное пространство, соответственно равны

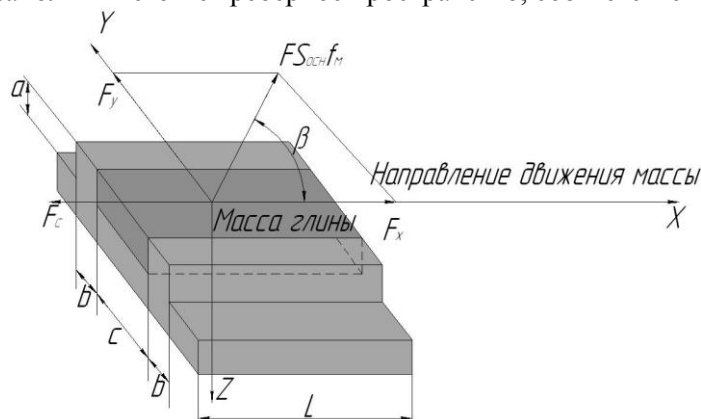


Рис. 2. Схема действия сил на глиняную массу в пространстве между ребрами

$$f_x = f_y (c+2a+b)/(c+b) \tag{5}$$

$$f_y = (f_m c + f_u b)/(c+b)$$

Получено условие для определения направления движения формуемой массы при $f_x < f_y$

$$S_u f_\beta \cos(\beta - \alpha) \cos(\omega - \alpha) + (S_{uu} f_{uu} + \frac{S_{n.к.}}{\mu} \ln \left| \frac{2\pi m c + P_0}{P_0} \right| + S_u f_\beta f_{uu} \cos(\beta - \alpha)) \times \sin(\omega - \alpha) - S_u f_\gamma = \max \tag{6}$$

где ω - угол между направлением движения формуемой массы и осью шнека;

$S_u = tRd\varphi \cos \alpha = 2\pi R^2 d\varphi \sin \alpha$ - площадь контакта рассматриваемого объема массы с внутренней поверхностью корпуса;

$S_{n.к.}$ - площадь поперечного сечения канала, образованного внутренней поверхностью корпуса, боковыми гранями направляющих и поверхностью, соединяющей верхние грани направляющих;

S_{uu} - площадь контакта рассматриваемого объема формуемой массы с поверхностью шнека;

$f_\beta = \sqrt{f_x^2 \cos^2 \beta + f_y^2 \sin^2 \beta}$ - коэффициент сопротивления движению глиняной массы по внутренней поверхности корпуса пресса.

Решение уравнения (6) производилось с помощью ПК, результат представлен на рис. 3, где кривая 1 (рис. 3) характеризует изменение направления движения глиняной массы в зависимости от отношения коэффициентов внешнего и внутреннего трения в винтовом канале пресса при $f_x < f_y$,

кривая 2 - направление движения массы в винтовом канале пресса при $f_x = f_y$.

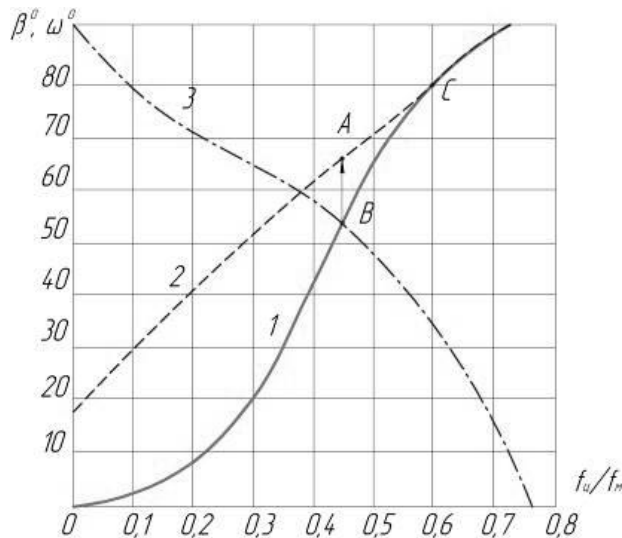


Рис. 3. Зависимость направления движения массы глины в винтовом канале пресса от отношения коэффициентов внешнего и внутреннего трения массы:

- 1 ————— угол направления движения массы при $f_x < f_y$;
- 2 - - - - - направление движения массы при $f_x = f_y$;
- 3 — — — — — кривая, полученная из зависимости (2)

Кривая 3 получена из зависимости (2), определяющей условие движения глиняной массы в пространстве между направляющими внутренней поверхности корпуса пресса. Проблема снижения сил трения на направлении продольной оси пресса при движении глиняной массы по внутренней поверхности корпуса шнекового пресса рассматривалась в работе [2]. Однако данное изобретение имеет ряд недостатков, а именно сложность конструкции; процесс замены обруча весьма трудоемок; нарушается герметичность корпуса; ребра передают от одного обруча к другому большой момент.

В связи с этим научно-исследовательской лаборатории «Механик» был изготовлен корпус для шнекового пресса (рис. 4).

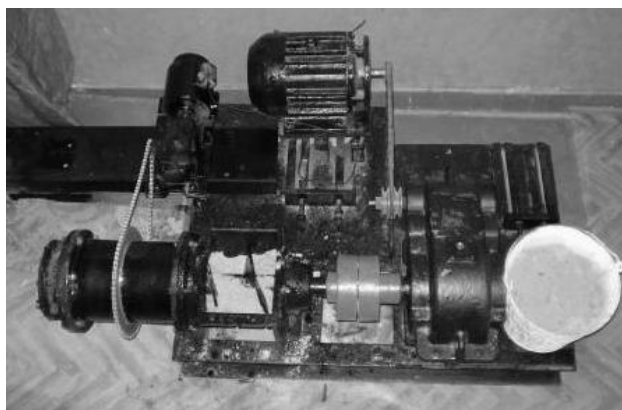
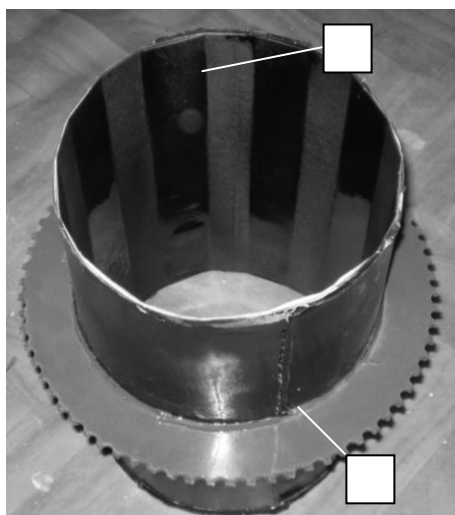
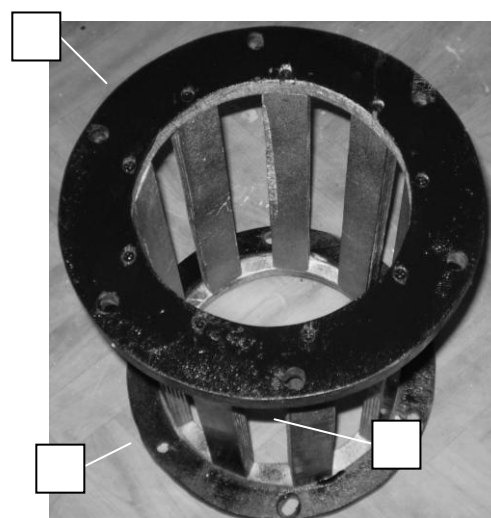


Рис. 4. Модель шнекового пресса для производства глиняного кирпича пластическим способом

Данный корпус пресса состоит из двух частей – подвижной (рис.5а) и неподвижной (рис.5б).



а



б

Р

ис. 5. Корпус шнекового пресса а) подвижная часть; б) неподвижная часть.

Подвижная часть состоит из цилиндра с гладкой внутренней поверхностью 1 и звездочки 2 цепной передачи [2].

При формовании глиняной массы в зоне контакта трущихся поверхностей постоянно будет выделяться капиллярная влага, играющая роль смазки, что также будет снижать коэффициент внешнего трения глиняной массы о внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса пресса, что приведёт к повышению эффективности функционирования шнекового пресса

ЛИТЕРАТУРА

1. Евстратова Н.Н., Апачанов А.С., Григорьев В.И. Влияние формы внутренней поверхности корпуса шнекового пресса на направление движения формуемой массы глины // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 14(127), серія гірничо-електромеханічна. - Донецьк ДВНЗ «ДонНТУ», 2007. – С. 128 – 132.
2. А. с. SU №1201168, кл. В 30 В 9/14, 1985

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.13

И. Ф. Дьяков, В. С. Ивкин, Д. В. Жукова**НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТА
ГАЗОИМПУЛЬСНЫМ РЫХЛИТЕЛЕМ**

Приведены результаты расчета разрушения мерзлого грунта. Вследствие льдоцементных связей и при сохранении отрицательной температуры грунт становится прочным природным образованием. Предлагается процесс разрушения мерзлого грунта производить газоимпульсным рыхлителем, который экономически оправдан.

Монолит; энергоёмкость грунта; мерзлый грунт; сопротивление сдвигу; газодинамический рыхлитель; завинчивание

F. Dyakov, V. S. Ivkin, D. V. Zhukova**SOME THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE PROCESS OF DESTRUCTING
OF SOIL BY A GAS-PULSING RIPPER**

The results of estimates of the process of destructing of frozen soil are given. Due to ice-and-cement ties and at temperature below zero soil becomes a solid natural formation. The process of destructing of frozen soil by a gas-pulsing ripper, which is economically justified, is suggested.

Monolith; the energy intensity of soil; frozen soil; resistance to shift; gasdynamic ripper; screwing

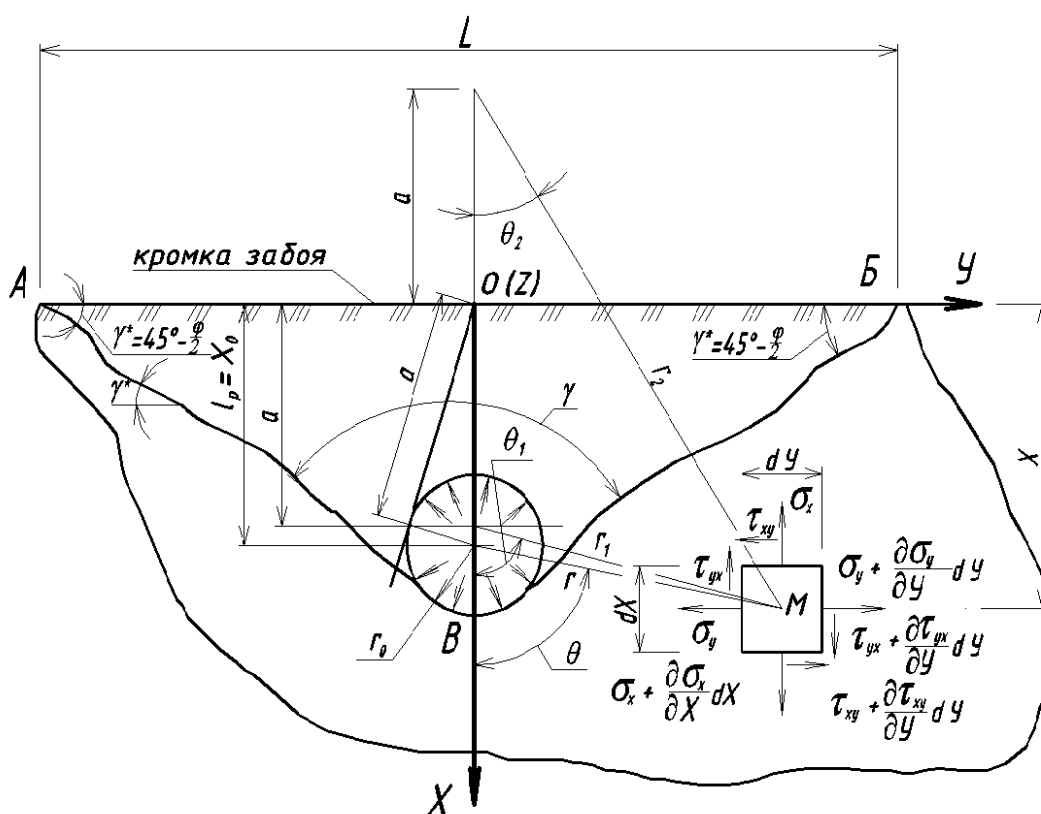
Для копания траншеи большой протяженности в мёрзлых грунтах наиболее эффективными продолжают оставаться роторные и цепные многолезцовые экскаваторы. Высокая прочность и абразивность (изнашивающая способность) мёрзлых грунтов приводят к тому, что если в немёрзлых грунтах режущие зубья многолезцовых экскаваторов выдерживают отрывку 1215 км траншеи, то даже в конструкции роторного экскаватора ЭТР-2531 специально запроектированного для работы в условиях Севера России работоспособность режущих зубьев не превышает 800...1000 метров, то есть 3...4 часа работы экскаватора. Твёрдые минеральные частицы грунта, слабо связанные между собой в немёрзлом состоянии, вследствие отрицательной температуры цементируются льдом. Грунт превращается в сплошной и прочный монолит. Вследствие неправильной формы и неодинаковых размеров минеральные частицы грунта между собой прилегают неплотно, образуя промежутки – поры, снижающие механическую прочность и повышающие деформативность грунтов. Поры разных грунтов неодинаковы по величине и форме. Твёрдые минеральные частицы грунта неодинаковы по крупности, имеют различные размеры по различным направлениям и при одной и той же плотности грунта могут быть по разному ориентированы. При сложении грунтов из частиц различной крупности пористость уменьшается в результате заполнения крупных пор мелкими частицами. Наличие пор (пустот) определяет физическое состояние мерзлых грунтов и особенно механическое поведение (уплотняемость), сопротивление сдвигу, разрыву при внешних воздействиях. Сложность и высокая энергоёмкость разработки мёрзлых грунтов связана с высокой их прочностью.

Снижение энергоёмкости копания (рыхления) мерзлых грунтов возможно лишь на основе создания более эффективных конструкций рыхлителей, использования принципиально новых способов воздействия на грунт как разрыхляемую среду. Одним из возможных технических решений такого рабочего органа является создание рыхлителя для разработки грунта энергией сжатого газа. Условно работу газодинамического рыхлителя можно разделить на две фазы: фаза завинчивания (доставка газового импульса на глубину рыхления); фаза отрыва грунта от массива за счет деформации сдвига и разрыва при подводе в зону рыхления довольно высокой энергии сжатого воздуха высокого давления.

Завинчивание газодинамического рыхлителя сопровождается ростом концентрации напряжений между минеральными частицами и льдом – цементом. Необратимые структурные деформации мёрзлого грунта при завинчивании рыхлителя приводят к более плотной упаковке минеральных частиц, замещающих места, освободившиеся в результате разрушения и перемещения льда – цемента. В процессе завинчивания грунт уплотняется и отжимается в ненагруженный массив в осевом и радиальном направлениях, в результате чего рабочий орган плотно обжимается уплотненным грунтом.

Несмотря на то, что наиболее энергоёмкими являются процессы вдавливания и сжатия мёрзлого грунта, которые при его разрушении исключить невозможно, завинчиванием рабочего органа создаются микротрещины, ослабляется монолит, появляется «сетка повреждений» происходит подготовка ко второй фазе – отрыва грунта от массива.

Помимо свойств и состояния мёрзлого грунта на сопротивление разрушению будут оказывать влияние форма и размеры рабочего органа, положение его относительно поверхности массива разрабатываемого грунта. чаще всего сводится к двум технологическим схемам: рабочее оборудование газодинамического рыхлителя располагается параллельно одной из двух обнажённых поверхностей массива грунта (рыхление мёрзлого грунта в забой) (рисунок); рабочее оборудование газодинамического рыхлителя располагается перпендикулярно поверхности массива разрабатываемого грунта.



Расчётная схема для определения размеров призмы грунта разрушения

Взаимодействие газодинамического рыхлителя с мерзлым грунтом в забой геометрически сходно с условиями напряженного состояния массива в области, которая ограничена окружностью, нагруженной равномерным давлением, и кромкой забоя (рис. 1). В инженерной практике существуют задачи, в которых одну из осей координат, ось Z можно отбросить и все деформации рассматривать как бы происходящими в одной плоскости. Этот класс задач носит название – плоская задача теории упругости, плоская деформация. Если длина рабочего органа газодинамического рыхлителя в направлении одной из осей координат, например, оси Z велика, то все разрушающие нагрузки лежат в плоскости «ХОУ», перпендикулярно оси Z и закон их распределения не меняется с изменением Z.

При решении плоской задачи теории упругости в данном случае заданы: r_0 – радиус винтовой лопасти газодинамического рыхлителя; физические величины, характеризующие прочностные свойства мерзлого грунта: а) σ_p – прочность мерзлого грунта на разрыв; б) c_0 – сцепление грунта, которое

равно разрушающему напряжению при чистом сдвиге; в) φ – угол внутреннего трения грунта; давление сжатого воздуха, воспринимаемое мёрзлым грунтом в начальный период разрушения.

При решении плоской задачи теории упругости в данном случае заданы: r_0 – радиус винтовой лопасти газодинамического рыхлителя; физические величины, характеризующие прочностные свойства мерзлого грунта: а) σ_p – прочность мерзлого грунта на разрыв; б) c_0 – сцепление грунта, которое равно разрушающему напряжению при чистом сдвиге; в) φ – угол внутреннего трения грунта; давление сжатого воздуха, воспринимаемое мёрзлым грунтом в начальный период разрушения.

Составляющие главных напряжений от заданного газового импульса определяются по представленным выражениям

$$\frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} = P_o^2 \left\{ \left[\frac{\cos 2\theta_1}{r_1^2} + \frac{\cos 2\theta_2}{r_2^2} \right] - X_o \left[\frac{\cos 2\theta_1}{r_1^2} - \frac{\cos 2\theta_2}{r_2^2} \right] \right\}; \tag{1}$$

$$\frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} = P_o^2 \left\{ \left[\frac{\cos 2\theta_1}{r_1^2} + \frac{\cos 2\theta_2}{r_2^2} \right] - 2X \left(\frac{\cos 3\theta_1}{r_1^3} + \frac{\cos 3\theta_2}{r_2^3} \right) \right\} + X_o \left[2X \left(\frac{\cos 3\theta_1}{r_1^3} - \frac{\cos 3\theta_2}{r_2^3} \right) \right]; \tag{2}$$

$$\tau_{xy} = -P_o^2 \left\{ \left[\frac{\sin 2\theta_1}{r_1^2} + \frac{\sin 2\theta_2}{r_2^2} \right] - 2X \left(\frac{\sin 3\theta_1}{r_1^3} + \frac{\sin 3\theta_2}{r_2^3} \right) \right\} + X_o \left[2X \left(\frac{\sin 3\theta_1}{r_1^3} - \frac{\sin 3\theta_2}{r_2^3} \right) \right]; \tag{3}$$

где P – давление, воспринимаемое грунтом в начальный период разрушения. Принимается равным

давлению в рабочей камере перед её разрядкой: $\frac{\sigma_y + \sigma_x}{2}$ – полусумма наибольшего и наименьшего

главных напряжений; $\frac{\sigma_y - \sigma_x}{2}$ – полуразность наибольшего и наименьшего главных напряжений;

τ_{xy} – напряжение сдвига в грунте; a – расстояние до радикальной оси, величина которого численно

равна отрезку касательной, проведённой из начала координат к окружности радиусом r_o ; r_o – радиус окружности, воспринимающий давление сжатого газа. Принимается равным радиусу винтовой лопасти рыхлителя; X – расстояние от кромки забоя до точки «М»; $X_o = l_p$ – расстояние от кромки забоя до оси рыхлителя, которое определяется по формуле

$$l_p = r_o \sqrt{\frac{4P}{\sigma_p} + 1},$$

где σ_p – прочность мерзлого грунта на разрыв.

Уравнение, описывающее условие предельного равновесия мерзлого грунта под нагрузкой запишется так:

$$\frac{\sigma_y - \sigma_x}{\sigma_y + \sigma_x + 2c_o \operatorname{ctg}\varphi} = \sin \varphi, \tag{4}$$

где $\sigma_y - \sigma_x$ – разность наибольшего и наименьшего главных напряжений, которая определяется из уравнения (2); $\sigma_y + \sigma_x$ – сумма наибольшего и наименьшего главных напряжений, которая

определяется из уравнения (1); c_o – сцепление грунта, которое равно разрушающему напряжению

при чистом сдвиге. Это напряжение может быть определено по формуле (3); φ – угол внутреннего трения грунта. Угол внутреннего трения грунта определяется из уравнения (4), которое после математических преобразований примет вид:

$$\operatorname{ctg}\varphi = \frac{2c_0 \sigma_y + \sigma_x}{\left[\sigma_y - \sigma_x^2 - 4c_0^2 \right]} \quad (5)$$

Поверхность отделения грунта в забой образует угол γ^* скола (см. рис.1)

$$\gamma^* = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

Так как призма разрушения грунта в забой имеет треугольное очертание (а в треугольнике сумма углов 180°), то угол раскрытия призмы грунта разрушения будет равен:

$$\gamma = 180^\circ - \left[\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]$$

где φ – угол внутреннего трения грунта, который определяется из зависимости (5).

Из рисунка видно, что тангенс половины угла раскрытия призмы грунта разрушения равен:

$$\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} = \frac{AO}{OB} = \frac{L/2}{l_p + r_0} \quad (6)$$

где L – размер большей грани призмы грунта разрушения; l_p – расстояние от кромки забоя до оси рыхлителя, определяемое по формуле (4); $r_0 = D/2$ – радиус винтовой лопасти рыхлителя газодинамического действия; D – диаметр винтовой лопасти рыхлителя газодинамического действия;

Из формулы (6) следует, что размер L большей грани призмы грунта разрушения равен

$$L = 2 (l_p + r_0) \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$$

Основными предпосылками к эффективному использованию нового оборудования для производства зимних земляных работ является: начало рыхления мерзлого грунта начинается не с поверхности, где прочность максимальная, а с глубины разрушаемого массива, где прочность ниже; энергия сжатого воздуха передается непосредственно разрыхляемому грунту, который можно рассматривать как материал, обрабатываемый действием газового импульса. Рыхление мерзлого грунта происходит по всем возможным направлениям расширения сжатого воздуха, что позволяет повысить качество рыхления по сравнению с традиционными рыхлителями, так как рабочие органы этих машин при рыхлении имеют строго ограниченное перемещение в мерзлом грунте. Такой метод обработки грунта более эффективен и экономически оправдан.

Дьяков Иван Федорович –
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Основы
проектирования машин» Ульяновского
государственного технического университета

Ivan F. Dyakov –
Dr. Sc., Professor, head of Department «The fun-
damentals of the design of machines» Ulyanovsk
State Technical University

Ивкин Валерий Семенович –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Строительные конструкции» Ульяновского
государственного технического университета

Valery S. Ivkin –
Ph.D., Associate Professor of Department «Build-
ing Constructions»
Ulyanovsk State Technical University

Жукова Дарья –
студентка 5 курса СФ УлГТУ

Darya Zhukova –
a student of the 5 course of the Constructing Facul-
ty of the Ulyanovsk State Technical University

УДК 629.13

И. Ф. Дьяков, В. С. Ивкин, П. Ю. Волынщиков**ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОИМПУЛЬСНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА**

Рассматриваются рабочие органы землеройной машины для разработки мерзлого грунта. Приводится конструктивное решение газодинамического устройства циклического действия и принцип его работы. Эффективность рыхления мерзлого грунта во многом определяется работой клапанного механизма, обеспечивающего эффект импульсного воздействия на грунт энергии газа высокого давления. Управление осуществляется посредством нагнетания газа и последующего сброса в атмосферу.

Рабочий орган, газораспределительный узел, процесса рыхления мерзлого грунта, полимерные уплотнители

I. F. Dyakov, V. S. Ivkin, P. Volynschikov**ABOUT THE EFFICIENCY OF WORK OF THE GAS-PULSING OPERATING BODY**

Operating bodies of the earth-moving machine for excavation of frozen soil are considered. The constructive solution of the gasdynamic device of cyclic action and the principle of its work is provided. The efficiency of loosening of frozen soil is mainly determined by operating of the valved mechanism which provides the effect of a pulse impact of high-pressure gas energy on soil. Control is exercised by injecting gas and the following discharge to the atmosphere.

Operating body; gas-distributing unit; process of loosening of frozen soil; polymeric compactor

Перспективным направлением повышения эффективности работы землеройных машин является интенсификация их рабочих процессов, то есть использование для рыхления мерзлого грунта дополнительной энергии. Создание новых и активизация традиционных рабочих органов землеройных машин малой и средней мощности в настоящее время является наиболее целесообразным способом интенсификации разрушения высокопрочных мерзлых грунтов. Для таких типов землеройных машин сжатый газ высокого давления может быть получен: путем сжигания топливовоздушной смеси в специальных камерах сгорания; в компрессорных установках. Из опыта создания двигателей были использованы лишь теоретические принципы процесса смесеобразования; из-за больших объемов камер усложняется их запуск, нарушается устойчивая работа при отрицательных температурах; сложность аппаратуры, предназначенной для регулирования конечного давления выхлопа продуктов сгорания топливовоздушной смеси. Для этого необходимо иметь: смесительные устройства с электропневмораспределителями, с датчиками давления и реле времени.

Указанных недостатков лишены устройства, в которых энергоносителем является воздух, сжатый до высоких давлений. В качестве источника энергии используют серийно выпускаемые компрессоры высокого давления, а сами устройства служат: для доставки энергоносителя на расчетную глубину рыхления; для размещения на рыхлителе специального оборудования, обеспечивающего направленный импульсный выпуск газа в грунт. Газораспределительный узел с рабочей камерой и рабочий орган рыхлителя газодинамического действия показаны на рис 1, а и б. Рабочая камера 1 соединена со штангой 2. Внутренняя полость хвостовика 3 также является продолжением рабочей камеры 1. Хвостовик 3 связан с приводным механизмом и вращается в корпусе 4 газораспределительного узла. На корпусе 4 газораспределительного узла имеются два штуцера 5 и 6. Через штуцер 5 и радиальные отверстия в кольце 7 и хвостовике 3 сжатый газ поступает в рабочую камеру 1. В камеру 8 управления перемещением клапана 10 сжатый газ поступает через штуцер 6 и трубку 9. Механизм вращения штанги 2, краны управления с контрольными манометрами на рисунках 1 и 2 не показаны. Винтовая лопасть 15 приварена к конусному наконечнику 16.

На штанге 2, седле 12, газоразрядной втулке 14 и конусном наконечнике 16 имеются шлицевые соединения, которые воспринимают крутящий момент от механизма вращения штанги 2. Между собой штанга 2, седло 12, газоразрядная втулка 14 и конусный наконечник 16 соединяются с помощью соединительных муфт 17. Наружный диаметр соединительных муфт 17 меньше наружного диаметра соединяемых деталей. Такое конструктивное решение позволяет уменьшить трение, возникающее в процессе завинчивания рыхлителя в грунт.

Так как крутящий момент передается через шлицевые соединения, то соединительные муфты 17 не нагружены крутящим моментом, а воспринимают только осевые нагрузки.

Контргайки 18 обеспечивают надежность соединения. Подвижные и неподвижные соединения мерзлоторыхлительного оборудования газоимпульсного действия уплотняются с помощью резиновых, фторопластовых и сальниковых уплотнений.

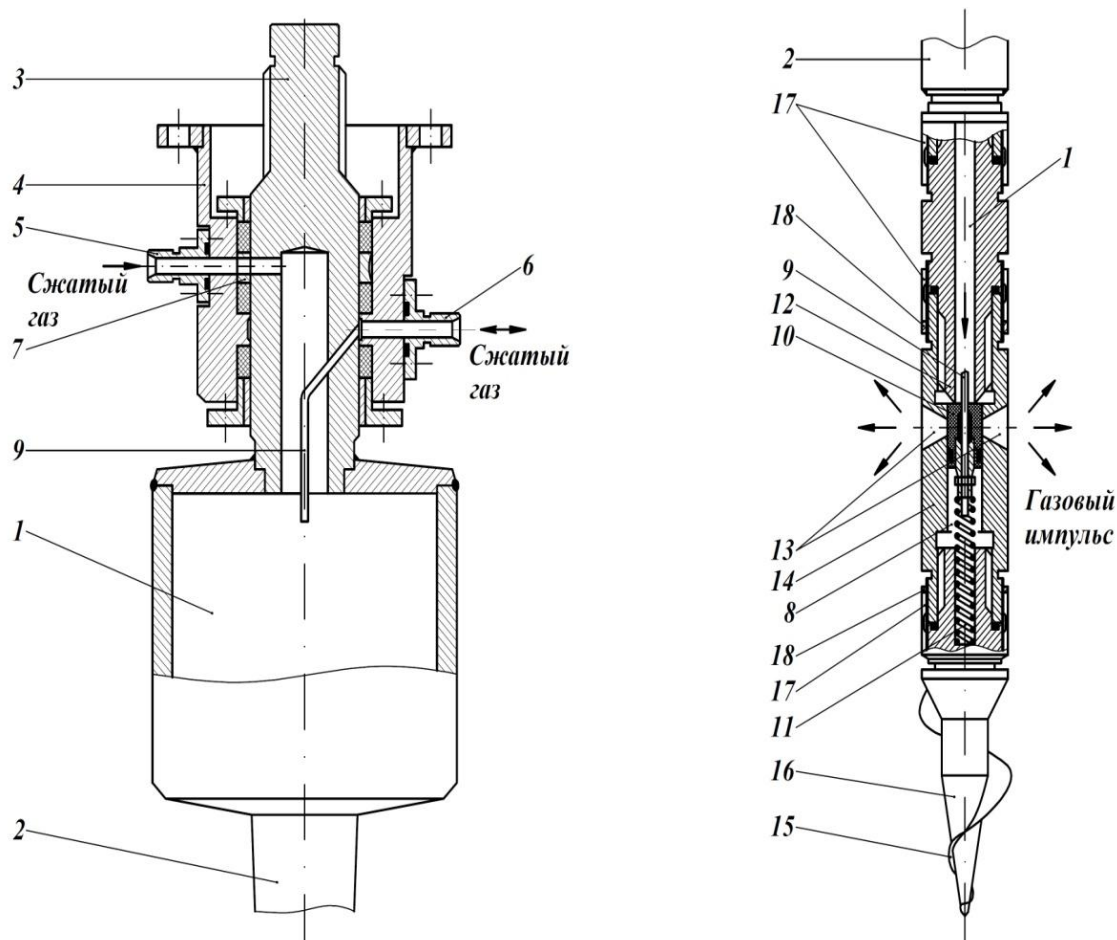


Рис. 1. Газораспределительный узел с рабочей камерой (а)
и рабочий орган рыхлителя (б)

Рыхлитель газодинамического действия относится к машинам циклического действия и может монтироваться как сменное оборудование на одноковшовых экскаваторах или иных базовых машинах массового производства. Работа мерзлоторыхлителя разделяется на два этапа: на первом этапе оператор-машинист устанавливает рабочее оборудование на место рыхления, включает механизм привода, и винтовая лопасть 15 начинает ввинчиваться в мерзлый грунт. В процессе завинчивания рыхлителя в мерзлый грунт оператор-машинист открывает краны управления, от которых сжатый газ раздельно поступает в рабочую камеру 1 и камеру 8 управления. С увеличением давления сжатого газа в камере 8 управления увеличивается усилие поджатия клапана 10 к седлу 12 за счет разных площадей давления сжатого газа со стороны камеры 8 управления и рабочей камеры 1 (см. рис. 1 и 2).

Давление в рабочей камере 1 и камере 8 управления контролируется оператором-машинистом по показаниям манометров. После завинчивания рыхлителя на требуемую глубину разработки начинается второй этап работы – рыхление мерзлого грунта. Оператор-машинист поворачивает рукоятку крана управления в положение, при котором камера 8 управления сообщается с атмосферой. Из-за разности давлений между двумя смежными камерами 1 и 8 клапан 10 перемещается в нижнее положение, открывая выхлопные отверстия 13, расположенные на газоразрядной втулке 14 (рис. 1 и 2). Сжатый газ с большой скоростью истекает из выхлопных отверстий 13, проникает в трещины, образованные в процессе завинчивания мерзлоторыхлителя, расширяет их, и далее разрыхляет определенный объем мерзлого грунта, пока избыточное давление не уменьшится до минимально необходимого для рыхления. После падения давления сжатого газа в рабочей камере 1 пружина 11 возвращает клапан 10 в нормально закрытое положение, и цикл работы повторяется. Поскольку рыхление грунта является рабочим процессом мерзлоторыхлительной машины, то исследование механизма разрушения и влияния на него различных факторов, позволило сформулировать основные требования к создаваемому рабочему органу: наименее энергоемкое внедрение в мерзлый грунт для доставки энергоносителя на расчетную глубину рыхления путем завинчивания; отрыв грунта от массива, его рыхление сжатым газом высокого давления при доминировании наименее энергоемких деформаций разрыва.

Наличие разъемных соединений в конструкции рыхлителя газодинамического действия позволяет дифференцировано воспринимать нагрузки. Осевые нагрузки воспринимают соприкасающиеся торцевые части винтового наконечника 16, газоразрядной втулки 14, седла 12, штанги 2 (рис. 1, б).

Сборка такого типа соединения осуществляется с помощью соединительных муфт 17, а его работоспособность – за счет предварительной затяжки резьбовых соединений, необходимость в которой определяется требованиями обеспечения герметичности, недопустимости раскрытия стыка между соприкасающимися торцевыми частями винтового наконечника 16, газоразрядной втулки 14, седла 12, штанги 2 (рис 1 и 2). Требуемую величину затяжки резьбовых соединений можно обеспечить при условии ее контроля в процессе сборки соединения, осуществляемого измерением, например, крутящего момента с помощью тарированных ключей динамометрических или с муфтой предельного момента. Применение тарированных ключей основано на связи крутящего момента на ключе и усилия затяжки. Стабильность затяжки соединительных муфт 17 фиксируется контргайками 18.

При выборе соотношения между диаметром винтовой лопасти 15 и диаметром штанги 2 рыхлителя, мы исходим из сопоставления предельных тяговых возможностей винтового наконечника 16 с сопротивлением погружению (завинчиванию) в грунт рабочего оборудования штанги 2. Необходимое усилие для завинчивания в грунт рабочего оборудования штанги 2 должно быть меньше предельного значения тягового усилия, развиваемого винтовым наконечником 16, или равно ему. В противном случае винтовой линии в мерзлом грунте нарезать не будет, грунт будет разрушаться под винтовой лопастью 15, будет наблюдаться процесс бурения грунта, а не завинчивание рабочего органа штанги 2 в грунт.

В мерзлых грунтах между различного размера и формы твердыми минеральными частицами имеются лед, поры, пустоты. Первостепенная роль в изменении прочностных характеристик мерзлых грунтов, то есть грунтов с отрицательной температурой, принадлежит цементационным связям льда. Цементационные свойства льда весьма чувствительны: к изменению температуры мерзлого грунта; к внешним механическим воздействиям на мерзлый грунт. При завинчивании деформация уплотнения грунта происходит за счет разрушения льда, цементирующего минеральные частицы, перекомпоновки минеральных частиц, их отжатия в менее напряженную зону, уменьшения пористости грунта.

Эффективность процесса рыхления мерзлого грунта во многом определяется работой клапанного механизма, обеспечивающего эффект импульсного воздействия на грунт энергии газа высокого давления. Управление клапаном 10 осуществляется посредством нагнетания и последующего сброса в атмосферу давления из камеры 8 управления (рис. 1, 2).

Контактные уплотнительные устройства пневматической арматуры, осуществляющие герметизацию соединений за счет плотного прилегания (прижатия) уплотняющих деталей (седло 12 – клапан 10) имеют наиболее высокую надежность герметизации. Металлопластмассовые клапаны повышают работоспособность клапанного механизма рабочего органа газодинамического рыхлителя. В металлопластмассовых клапанах полимерные уплотнители упрочнены металлическим корпусом. Коэффициент трения фторопласта в 7 раз ниже коэффициента трения хорошо полированной стали; исключительно стоек к низким температурам, не становится хрупким даже при температуре жидкого воздуха. Предельные температуры работы фторопласта – «4» от минус 195 °С до плюс 250 °С.

Может быть материалом седла 12, гребешок которого врезаются при работе в торцевую поверхность фторопластового уплотнителя клапана 10 и тем самым обеспечивает герметизацию. В качестве уплотнительных элементов в кольцевых проточках клапана 10 необходимо применять резиновые уплотнительные кольца, изготовленные из натрий-бутадиенового каучука. Это позволяет добиться высокой работоспособности и долговечности клапанного механизма. В качестве трубопроводов необходимо применять резиновые рукава с текстильным каркасом на давление 23,0 МПа, сохраняющие работоспособность от $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дьяков Иван Федорович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основы проектирования машин» Ульяновского государственного технического университета

Ivan F. Dyakov – Dr. Sc., professor, head of Department «The fundamentals of the design of machines» Ulyanovsk State Technical University

Ивкин Валерий Семенович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции» Ульяновского государственного технического университета

Valery S. Ivkin – Ph.D., Associate Professor of Department «Building Constructions» Ulyanovsk State Technical University

Волынщиков Павел Юрьевич – студент 5 курса строительного факультета Ульяновского государственного технического университета

P. Volynschikov – student of the 5 course of the Construction Faculty of the Ulyanovsk State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 69.002.5

О.Л. Кузнецова

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛЫХ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

Приводится конструкция оборудования для изготовления полых буронабивных свай с помощью конического штампа. Представлены результаты испытаний свай, изготовленных рабочим органом с коническим штампом.

Оборудование для изготовления буронабивных свай, полые буронабивные сваи, рабочий орган с коническим штампом.

O.L. Kuznetsova

EQUIPMENT FOR BUILDING THE HOLLOW BORED PILES

Given design of the equipment for building the hollow bored piles using a conical punch. The results of the test piles, made a working body with a conical punch.

Equipment for building the hollow bored piles, hollow bored piles, the working body with a conical punch

В Саратовском государственном техническом университете на кафедре «Строительные и дорожные машины» разработана конструкция оборудования для изготовления полых буронабивных свай.

Рабочий орган (рис. 1) состоит из уплотняющего штампа 1, сердечника 2, свободно вращающихся вокруг своих осей. Ось штампа жестко закреплена верхним концом на коленообразной части вертикального вала 3. Уплотняющий штамп представляет собой усеченный конус, наклоненный к вертикальной оси. Верхняя часть штампа выполняется сферической. Рабочий орган может быть использован в качестве навесного оборудования на бурильной установке или иметь самостоятельный привод.

Изготовление сваи осуществляется следующим образом.

Рабочий орган устанавливается на дно подготовленной скважины, затем начинается подача бетонной смеси с одновременным включением привода вращения вертикального вала и созданием осевого напора. При этом штамп начинает совершать сложное сферическое движение и перекаты-ваться по кольцевому зазору между стенкой скважины и сердечником, где находится бетонная смесь.

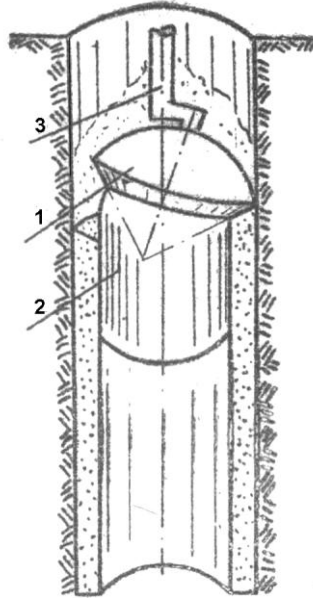


Рис. 1. Рабочий орган для изготовления полых буронабивных свай

Использование оборудования с кольцевым штампом позволяет осуществлять ряд мероприятий, обеспечивающих высокое удельное сопротивление полых набивных свай и снижение затрат на их изготовление:

- данный рабочий орган позволяет уплотнять жесткие бетонные смеси (водоцементное отношение $V/C = 0,28 \div 0,32$), что приводит к экономии цемента, а также сводит к минимуму потери несущей способности сваи по грунту из-за усадки бетона в процессе твердения;
- послойное уплотнение бетонной смеси слоями небольших толщин (3-5 см) и значительные контактные давления обеспечивают высокую и равную прочность ствола сваи;
- в процессе уплотнения бетонной смеси на стенки скважины передается давление до 180 кПа, величина которого зависит от осевого напора. Это обстоятельство позволяет повышать несущую способность сваи по грунту и придавать им различную форму, не используя дополнительных механизмов.

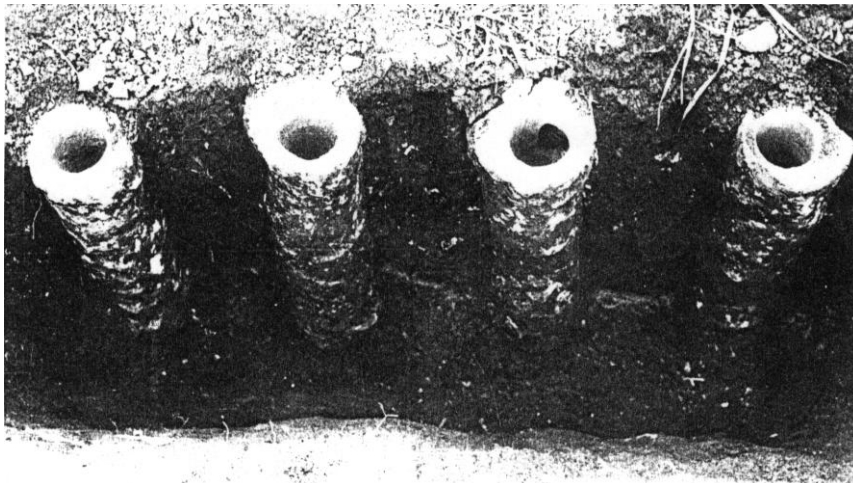


Рис. 2. Опытные полые буронабивные сваи

Для подтверждения эффективности рабочего органа были проведены его испытания при изготовлении серии мелкомасштабных свай. Для проведения испытаний был создан рабочий орган для изготовления свай с внутренней полостью диаметром 75 мм в скважине диаметром 100 мм. На экспериментальной площадке была исследована несущая способность пяти свай длиной 650 мм (рисунок 2). Испытания свай статической нагрузкой показали, что сопротивление по боковой поверхности в среднем составило 42 кПа, удельная несущая способность – 3400 кН/м³. При обмерах сваи установлено, что наблюдается увеличение диаметра сваи по сравнению с диаметром скважина до 20%.

Полученные значения сопротивления грунта по боковой поверхности приближаются к значениям, приведенным в СНиП для забивных свай, изготавливаемых с полным вытеснением грунта в их объеме. Это свидетельствует о высокой эффективности предложенного рабочего органа для изготовления полых буронабивных свай.

Кузнецова Ольга Львовна –
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Строительные и дорожные машины»
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.

Olga L. Kuznetsova –
Ph.D., docent, Department «Building and Road
Machines» Gagarin Saratov State
Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

Секция 6

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА И ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

УДК 338.2

И.Ю. Ягузинская, Т.Н. Одинцова, А.В. Пахомова

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ СЕРВИС АВТОСАЛОНОВ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТОВАРНЫМИ ПОТОКАМИ

Рассматриваются вопросы управления товарными потоками на основе системы логистического сервиса в аспекте ключевых показателей эффективности деятельности автосалонов для обеспечения стратегического конкурентного преимущества.

Логистический сервис, эффективность, управление, уровень логистического сервиса

I.Yu. Yaguzinskaya, T.N. Odintsova, A.V. Pahomova

LOGISTICS SERVICE THE AUTOMOBILE DEALERS AS THE BASIS OF EFFICIENCY MANAGEMENT OF TRADE FLOWS

The article deals with the management of system logistics service of trade flows in the aspect of key performance indicators for automobile dealer's strategic competitive advantage.

Logistic services, efficiency, management, logistics service level

Динамичное развитие автомобильной отрасли и высокая конкуренция на рынках сбыта вынуждают производителей высокотехнологичной продукции к быстрому обновлению модельного ряда, этому сопутствует появление значительного числа различных моделей и модификаций автомобилей, что обуславливает существенное увеличение количества предприятий – автосалонов по продаже автомобилей и запасных частей, предоставляющих сопутствующие услуги по техническому сервису и ремонту автомобилей. Поскольку эффективность автомобиля, в том числе и безопасность дорожного движения, основывается на надежности и качестве автомобиля, то вопросы эффективного функционирования автосалонов в современных условиях приобретают все большую актуальность.

По результатам исследований в автосалонах анкетирования потребителей с целью выявления приоритетных направлений сервиса был сформирован рейтинг автопроизводителей по критериям надежности и обслуживания автомобилей (рис. 1).

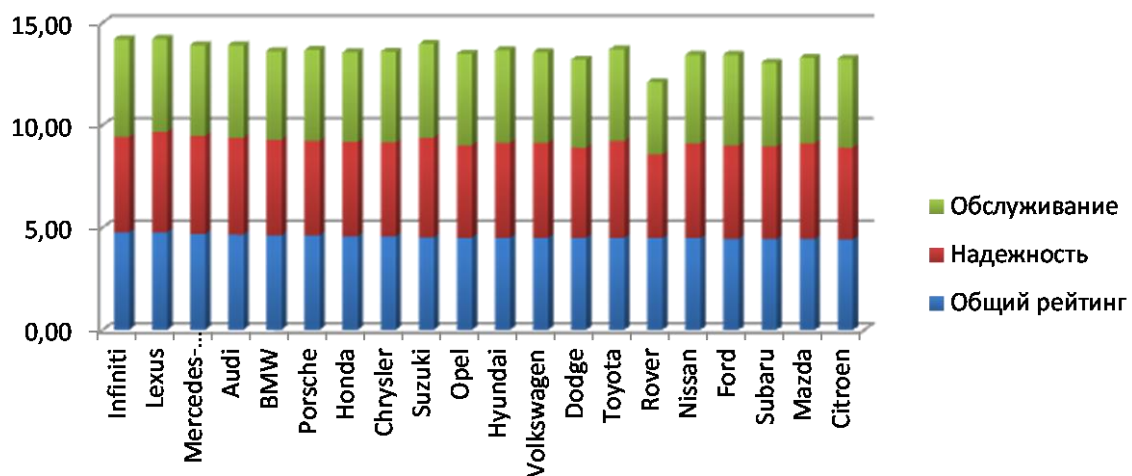


Рис. 1. Рейтинг автопроизводителей по критериям надежности и обслуживания

В этой ситуации изучение системы логистического сервиса при продаже и обслуживании новых автомобилей является крайне важным, т.к. позволяет значительно влиять на деятельность предприятий автомобильной промышленности через управление и моделирование сервисных потоков. Это обуславливает необходимость построения эффективных систем логистического сервиса, обеспечивающих предприятиям автомобильной промышленности удержание высоких позиций на рынке и доверие потребителей.

На основе систематизации теоретических результатов научных исследований автором предложено определение логистического сервиса на предприятиях по продаже и обслуживанию автомобилей в автосалонах, который понимается как стратегический инструмент управления отношениями с потребителями, интегрированный в продукцию в виде комплекса услуг, связанных с проектированием, производством, сбытом и эксплуатацией основного продукта автосалона - автомобилей, в течение установленного и разумно обусловленного срока, диктуемого интересами потребителя, гибко приспособляющийся к изменениям окружающей среды и обеспечивающий максимальное удовлетворение потребителей.

Эффективность автосалонного бизнеса за счет логистического сервиса связана с высоким уровнем организации текущего и стратегического управления совокупными потоковыми процессами взаимодействия производителя и потребителя автомобилей и следует оценивать: повышением уровня обслуживания клиентов, путем расширения ассортимента и улучшения качества инфраструктурных услуг; снижением общих и удельных издержек.

Задача управления эффективностью автосалонного бизнеса может рассматриваться с различных позиций, таких как выбор варианта сервисной стратегии; прогноз масштабов системы логистического сервиса (объемов сервиса), которые обеспечат окупаемость затрат при заданном уровне сервиса; прогноз уровня затрат, необходимых для реализации сервисной стратегии, параметры которой известны; прогноз уровня логистического сервиса, обеспечиваемого заданным сочетанием объемов сервиса и затрат на него.

Следует отметить, что оптимизация управления такой сложной системой, как система логистического сервиса, возможна только с позиций системного подхода, при наличии общей цели, согласованной с целями всех подсистем, в том числе производственной и логистической. Управление должно осуществляться с помощью обратной связи, базирующейся на точной, своевременной и достоверной информации о текущем состоянии системы, что позволит как своевременно корректировать стратегические цели автосалона, так и перераспределять, при необходимости, ресурсы.

Внедрение и использование системы логистического сервиса в автосалонах позволяет: осуществлять объективный мониторинг состояния внутренней и внешней среды предприятия; создать единую систему учета и контроля за формированием и движением высокотехнологичной автомобильной продукции от завода-производителя до конечного получателя-клиента автосалона; обеспечивать возможность прогнозирования сроков последующих заказов постоянных покупателей и предоставлять более персонализированный сервис; автоматизировать процессы учета и контроля финансового и информационного потоков; сократить время обслуживания; обеспечивать установление длительных отношений с клиентами и оптимизировать управленческую деятельность автосалона.

Система логистического сервиса включает в себя следующие фазы: производство, эксплуатация, сервисное сопровождение и утилизация высокотехнологичной продукции с длительным жизненным циклом и является результатом совместной работы трех подсистем (производственной системы, системы распределения и обеспечения, системы логистического сервиса), успешность функционирования которых в значительной степени зависит от эффективного механизма взаимодействия между ними, а функциональное качество сервиса является решающим при оценке потребителями конечного результата [1]. Сервис как функциональный элемент логистической системы автосалона можно представить в виде следующей схемы на рис. 2.

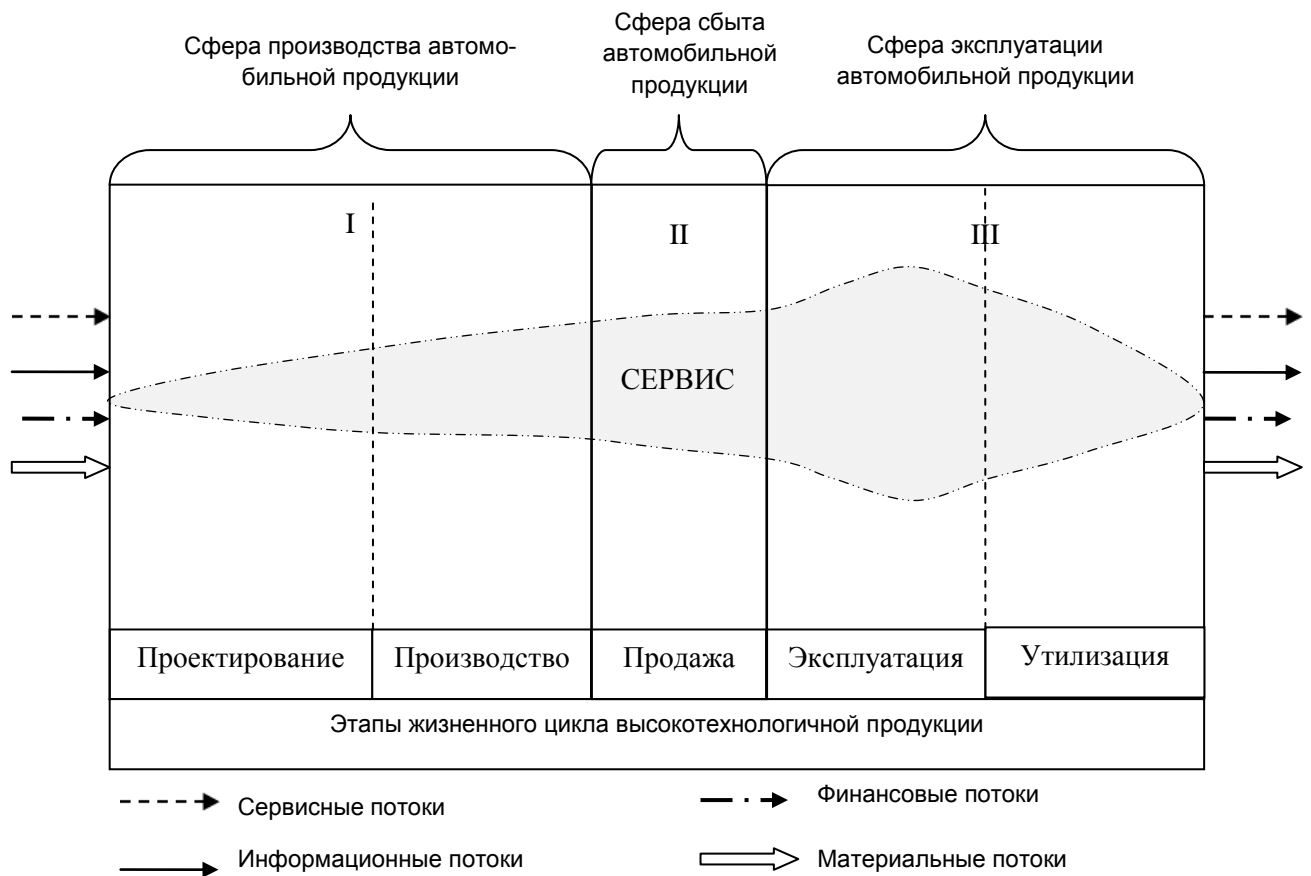


Рис. 2. Сервис как функциональный элемент логистической системы автосалона

Важнейшим критерием, позволяющим оценить систему логистического сервиса в автосалоне, как с позиции поставщика, так и с позиции потребителя, является уровень логистического сервиса. Анализ литературы показал, что в настоящее время отсутствуют методики оценки уровня логистического сервиса, полностью удовлетворяющие следующим требованиям: системности, полноты отражения информации, использования измеримых показателей, всеобъемлющей системы показателей и критериев, достоверности результатов, удобства сбора исходных данных, использования результатов и т.д. Поэтому целесообразно дифференцировать логистический сервис на составляющие, для которых необходимо разработать систему качественных и количественных показателей оценки.

Проведенные исследования на предприятиях-автосалонах, анкетирование потребителей позволили выделить систему критериев для определения уровня логистического сервиса на основе частных показателей и интегрального показателя. Для оценки качества логистического обслуживания применяют следующие критерии: надежность поставки, полное время от получения заказа до поставки партии товаров, гибкость поставки, наличие запасов на складе поставщика, возможность предоставления кредитов и др.

Основным критерием качества логистического сервиса, является полное и своевременное удовлетворение потребностей клиентов, выраженного в надлежащем исполнении заказа, отсутствием ошибок, эффективном предоставлении услуг, постоянном стремлении повышения уровня обслуживания, также соответствии стандартам обслуживания потребителя, установленном в договоре. Согласно с мнением Рожковой Н.В. [2], предлагается оценить степень эффективности логистического сервиса с помощью коэффициента целевого эффекта:

$$K_{цэ} = P_{cy} / P_0 \quad (1)$$

где $K_{цэ}$ – коэффициент целевого эффекта;

P_{cy} – своевременно удовлетворенная потребность клиента автосалона;

P_0 – общий объем выполненных заказов;

Степень эффективности системы логистического сервиса можно оценить с помощью коэффициентов эффективности K_1 , K_2 ; K_1 – коэффициент улучшения нормативной модели логистического сервиса автосалона, показывает эффект логистических стратегических преобразований в ходе развития автосалона.

$$K_1 = (S_{\text{нм}} - P_{\text{лм}}) / D_{\text{мак}} \quad (2)$$

где $P_{\text{лм}}$ – деятельность автосалона по существующей базовой модели логистического сервиса;

$S_{\text{нм}}$ – деятельность автосалона по предлагаемой модели логистического сервиса;

$D_{\text{мак}}$ – деятельность автосалона при максимальном использовании всех резервов логистического сервиса.

Деятельность автосалона при максимальном использовании всех резервов логистического сервиса можно назвать эталонной моделью, т.е. это предполагаемая наиболее совершенная модель логистического сервиса при наиболее полном использовании всех возможных резервов управления предприятием в объективно существующей внешней среде[2].

Условием эффективности системы логистического сервиса, а также ее нормативной модели логистического сервиса является ее работоспособность. Показателем работоспособности является коэффициент повышения управляемости автосалона с учетом повышения качества принимаемых решений по организации управления потоковыми процессами, K_2 :

$$K_2 = (O_{\text{пу}} - \Phi_{\text{пу}}) / P_{\text{н}} \quad (3)$$

где $O_{\text{пу}}$ – ожидаемый результат управления при применении автосалоном логистического сервиса при организации потоковых процессов;

$\Phi_{\text{пу}}$ – фактический результат управления при применении автосалоном существующих логистических технологий;

$P_{\text{н}}$ – результат управления автосалоном при оптимальной модели логистического сервиса.

Коэффициент снижения удельных издержек управления за счет внедрения новой модели логистического сервиса:

$$K_{\text{уд}} = (V_o / V_c - T_o) * T_c \quad (4)$$

где V_c и V_o – существующий и ожидаемый объем продаж автомобилей до и после внедрения логистических мероприятий;

T_o и T_c – существующая и ожидаемая величины трудоемкости до и после внедрения логистических мероприятий.

С целью совершенствования технологии управления товарными потоками и повышения качества логистического сервиса необходима комплексная научно- и исследовательская программа по оптимизации обслуживания потребителей в логистических системах предприятий-автосалонов, которая будет предусматривать разработку принципов технологического взаимодействия потоков на основе интегрального показателя уровня логистического сервиса.

Таким образом, вопросы эффективного управления системой логистического сервиса включает в себя задачу сравнения фактических и ожидаемых значений по набору важных для клиента критериев выбора автосалона таких, как качество оказываемых услуг, гибкость, адаптивность, надежность поставок, уровень цен, ассортимент, диапазон дополнительных услуг. Данные критерии логистического сервиса должны распространяться на всех потребителей, так как максимальное их удовлетворение способствует долгосрочному успеху, а также установлению барьеров на пути проникновения в отрасль новых конкурентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева О.Е. Качество сервиса как фактор конкурентоспособности промышленного предприятия / В.М. Семенов, О.Е. Васильева // Вестник УрФУ. Серия «Экономика и управление». – Екатеринбург, 2011. – №1. – С.69–75
2. Рожкова Н.В. Развитие туристских услуг с использованием инновационной логистики: Автореф. ... дис. канд. экон. наук. – Рязань, 2007. – 31 с.

Ягузинская Инна Юрьевна – аспирант кафедры «Менеджмент туристического бизнеса» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Inna Y. Yaguzinskaya – Post-graduate Student, Department «Touristic Business Management», Gagarin Saratov State Technical University

Одинцова Татьяна Николаевна –
доктор экономических наук, профессор кафедры
«Менеджмент туристического бизнеса» Саратов-
ского государственного технического универси-
тета имени Гагарина Ю.А.

Tatyana N. Odintsova –
Dr. Sc., Professor, Department «Touristic Business
Management», Gagarin Saratov State Technical
University

Пахомова Алла Викторовна –
кандидат экономических наук, профессор
кафедры «Менеджмент туристического бизнеса»
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.

Alla V. Pahomova –
Ph.D., Professor, Department «Touristic Business
Management», Gagarin Saratov State Technical
University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.135

Е.С. Хорошилова, Е.Е. Витвицкий

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕОРИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДАХ

*В СибАДИ активно ведется работа по созданию теории функционирования авто-
транспортных систем нижнего уровня, как неотъемлемой части теории грузовых ав-
томобильных перевозок. Теория, созданная в настоящее время, описывает транспорт-
ный процесс с позиций детерминированного подхода. Следующим этапом развития явля-
ется разработка вероятностных положений теории перевозок грузов в городах.*

Автотранспортные системы, теория грузовых автомобильных перевозок, перевозки
грузов мелкими отправками, среднетехническая скорость

E.S. Khoroshilova, E.E. Vitvitskiy

ABOUT DEVELOPMENT THE THEORY OF ROAD FREIGHT TRANSPORT IN CITIES

*In SibADI actively working to create a theory of the functioning of transport systems of
the lower level as an integral part of the theory of road freight transport. Theory created now
describes the transport process from the standpoint of the deterministic approach. The next
stage of development of the theory is the elaboration of probabilistic provisions of the theory of
road freight transport in cities*

Transport systems, the theory of road freight transport, transport small shipments, average
technical speed

В основу науки о рациональном использовании подвижного состава в народном хозяйстве легли исследования, проведенные Лейдерманом С.Р., Бронштейном Л.А., Афанасьевым Л.Л. и другими учеными, они получили широкое распространение и применение в нормативно-технологической документации по планированию, анализу и оперативному руководству на транспорте.

Оценка состояния развития теории грузовых автомобильных перевозок, отражена в работах [3, 14, 15 и др.], где указано:

- показатели разрабатывались применительно к единице ПС, либо к одной езде, либо к однотипному парку, работающему в одну смену;
- исследователи исходили из предположения, что транспортный процесс является монотонным.

В последние десятилетия в СибАДИ активно велась работа по созданию теории функционирования автотранспортных систем нижнего уровня, т.е. автотранспортных систем, где непосредственно осуществляются перевозки грузов [15], как неотъемлемой части теории грузовых автомобильных перевозок.

В рамках данной работы [1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21 и др.] было установлено следующее:

1. Протекание транспортного процесса является дискретным, а не монотонным.
2. Изменения выработки автомобилей в зависимости от изменения технико-эксплуатационных показателей в автотранспортных системах и самих автотранспортных систем описываются кусочно-линейными функциями.
3. Разработана классификация автотранспортных систем перевозки грузов (АТСПГ) нижнего уровня.
4. Разработаны модели описания функционирования АТСПГ нижнего уровня.
5. Разработаны методики решения задачи выбора подвижного состава в АТСПГ нижнего уровня.

Во множестве исследований отмечается, что транспортный процесс является не детерминированным, а случайным (вероятностным). Для решения задач планирования и управления вероятностными процессами применяются положения теории вероятностей и ее составной части теории массового обслуживания.

Однако существуют общие недостатки, которые в той или иной степени присущи результатам этих исследований [16]:

- многофазные системы рассмотрены как однофазные;
- распределение длительности операций обслуживания принято показательным, что часто не соответствует действительности;
- считается, что подача автомобиля под погрузку и освобождение поста происходят мгновенно, в действительности же это время может достигать значительной величины;
- предлагаемый математический аппарат громоздок, что делает практически невозможным его использование в оперативном режиме;
- выявленные аналитические зависимости не всегда достаточно полно учитывают действительные закономерности протекания транспортного процесса.

Следует также отметить, что в большинстве работ не достаточный уровень системного подхода к решению проблемы. В них рассматриваются либо вопросы повышения выработки отдельного автомобиля и определение его показателей работы, либо вопросы по повышению производительности погрузочно-разгрузочных работ грузовых пунктов системы [2, 17 и др.].

Созданная в СибАДИ теория функционирования АТСПГ, в том числе АТСПГ мелкими отправлениями, в настоящее время описывает транспортный процесс только с позиций детерминированного подхода. Следующим этапом развития теории грузовых автомобильных перевозок является разработка вероятностных положений теории перевозок грузов, в том числе мелкими отправлениями в городах.

Первые шаги в этом направлении были сделаны в работе [16]. В работах [11, 12], разработаны вероятностные модели описания функционирования микро и особо малых АТСПГ. В [7] представлено продолжение исследований для разработки вероятностной модели описания функционирования малой АТСПГ.

Проводятся исследования и для АТСПГ перевозок грузов мелкими отправлениями в городах, в рамках которых выполнено изучение вероятностного влияния среднетехнической скорости (v_t) на результаты функционирования развозочной АТСПГ мелкими отправлениями. В результате установлено, что в течение определенного часа работы изменение значений v_t в целом подчиняется закону Гаусса. Однако в целом за смену распределение среднеквадратического отклонения значений v_t (σv) подчиняется равномерному закону распределения. Это не позволяет определить наиболее вероятное значение σv , и использовать его при проектировании работы АТСПГ (методика проектирования и модели описания функционирования АТСПГ мелкими отправлениями приведены в [3, 14, 15, 16]).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпеева О.Г. Разработка моделей функционирования систем «Экскаватор - автомобили»: дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2007.
2. Беленький А.С. Математические методы оптимального планирования в транспортных системах // ВИНТИ. Итоги науки и техники. – 1988. Вып.7.
3. Витвицкий Е.Е. Научные основы совершенствования теории мелкопартионных грузовых автомобильных перевозок. дис. ... д-ра техн. наук. Тюмень, 2006.
4. Витвицкий Е.Е., Войтенков С.С. Сравнение результатов применения различных технологий доставки строительных грузов в городах // Автотранспортное предприятие. 2009. № 5. С. 43-45.

5. Витвицкий Е.Е., Кабанец Д.Ю. влияние применения подвижного состава автомобильного транспорта разной грузоподъемности на эффективность способа перевозок грузов в городах // Автотранспортное предприятие. 2012. № 12. С. 50-52.
6. Витвицкий Е.Е., Самусова Т.В. Совершенствование оперативного планирования автомобильных перевозок грузов помашинными отправками в городах // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 5. С. 15-20.
7. Витвицкий Е.Е., Трофимов Б.С. Учет вероятностных положений в практике планирования грузовых автомобильных перевозок в городах // Грузовое и пассажирское автохозяйство. 2013. № 2. С. 63-68.
8. Витвицкий Е.Е., Юрьева Н.И. Практика оперативного планирования затрат на перевозку грузов в городах // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 6. С. 18-25.
9. Войтенков С. С. Применение методики оперативного планирования работы автомобилей в совокупности средних автотранспортных систем при перевозках песка и щебня // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. № 24. С. 11-18.
10. Заруднев Д.И. Методика выбора автотранспортных средств для перевозки грузов: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2005.
11. Ловыгина Н.В., Vitvitskij E.E. Обоснование необходимости учета влияния вероятностных величин технико-эксплуатационных показателей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 4. С. 182-190.
12. Ловыгина Н.В. Оптимизация планирования перевозок грузов помашинными отправками с учетом влияния вероятностных факторов: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2010.
13. Миргородский М.А., Витвицкий Е.Е. Методика выбора подвижного состава при перевозке грузов мелкими отправками в городах // Автотранспортное предприятие. 2009. № 6. С. 45-48.
14. Мочалин С.М. Развитие теории грузовых автомобильных перевозок по радиальным маршрутам: дис. ... д-ра техн. наук, Тюмень, 2004.
15. Николин В.И. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2000.
16. Николин В.И., Хорошилова Е.С. Применение положений теории вероятностей в грузовых автомобильных перевозках: монография. Изд. 2-е, перераб. и доп. / В.И. Николин, Е.С. Хорошилова. Омск: Изд-во ОмГМА, 2007. 284 с.
17. Падня В.А. Применение теории массового обслуживания на транспорте.- М.:Транспорт,1968.-288 с.
18. Трофимова Л.С. Технологическое планирование работы подвижного состава при перевозке строительных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2000.
19. Хорошилова Е.С. Повышение эффективности развозочно-сборной автотранспортной системы с центральным пунктом погрузки-разгрузки: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2005.
20. Чебакова Е. О. Разработка модели и методики анализа функционирования автотранспортных логистических систем обеспечения строительства: дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2001
21. Шаповал Д.В., Витвицкий Е.Е. Проверка методики маршрутизации в развозочно-сборных автотранспортных системах с центральными грузовыми пунктами // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. Т. 1. № 1. С. 23-27.

Хорошилова Елена Сергеевна –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Организация перевозок и управление
на транспорте» Сибирской государственной
автомобильно-дорожной академии (СибАДИ)»

Elena S. Khoroshilova –
Ph.D, an associate professor of Department
“Organization of transport and transport
management”
Siberian State automobil-road academy

Витвицкий Евгений Евгеньевич –
доктор технических наук, доцент, заведующий
кафедрой «Организация перевозок и управление
на транспорте» Сибирской государственной
автомобильно-дорожной академии (СибАДИ)»

Evgeny E. Vitvitskiy –
Dr.Sc., associate professor, head of Department
“Organization of transport and transport
management” Siberian State
automobil-road academy

УДК 658.656.13 (33.М)

Н.Б. Ходжаева

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В статье рассмотрены фундаментальные факторы в инновационном развитии транспортных и дорожных предприятий, также указаны сдерживающие факторы разработки и расширения использования инноваций на отраслевом уровне. В статье также приведены задачи по развитию инновационной деятельности на транспортных и дорожных предприятиях. Предоставлены результаты анализа развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве.

Внедрение новых технологий, техники; инновационная деятельность; инновация; научно-исследовательские работы, связанные с внедрением новых технологий; новые технологии, техника, конструкции, материалы

N.B. Khodjaeva

ANALYSIS OF PROBLEMS INNOVATION ACTIVITIES ON ROAD INDUSTRY

The article describes fundamental factors in innovative development of transport and road enterprises are also constraints for developing and expanding use of innovation at industry scale. The article concludes tasks of innovation development on transport and road enterprises. Provided an analysis of the development of innovation in the road sector.

Introduction of new technologies, engineering, innovation; innovation; research and development related to the introduction of new technologies; new technology, engineering, construction and materials

Для активизации инновационной деятельности на транспортных и дорожных предприятиях необходимо будет создать действенную систему и организационно-экономический механизм организации инновационной деятельности на фоне благоприятной экономической и нормативно-правовой среды.

Целью государственной политики Узбекистана в области развития науки и технологий является переход к инновационному пути развития страны на основе избранных приоритетов. В связи с этим, создание научных, организационных и экономических механизмов для повышения востребованности инноваций отечественным производством является весьма актуальным. Для решения этого вопроса требуется обеспечить последовательное и стабильное увеличение расходов на материальную и финансовую поддержку деятельности по всем направлениям технологического обеспечения транспортных и дорожных предприятий Узбекистана.

В настоящее время потребность в инновационном развитии транспортных и дорожных предприятий определяется влиянием следующих фундаментальных факторов [1]:

- продолжающимся бурным ростом численности парка транспортных средств, увеличением доли легковых автомобилей с высокими динамическими характеристиками и грузовых автомобилей с повышенными осевыми нагрузками, что требует пересмотра требований к основным потребительским свойствам автомобильных дорог; высокой подвижностью населения, интенсивностью движения транспортных потоков, способствующих существенному увеличению уровня загрузки дорог и появлению транспортных заторов, особенно в зонах влияния мегаполисов, что требует ускоренного развития автомагистралей и скоростных дорог, отвечающих международным стандартам развития и строительства, применения усовершенствованных систем организации движения;

- значительной стоимостью основных дорожно-строительных материалов, современной высокопроизводительной техники при одновременном повышении требований к соблюдению

межремонтных сроков, что требует совершенствования механизмов ценообразования в дорожном хозяйстве;

- ожидаемым распространением новых технологий при строительстве и эксплуатации дорог, что влечёт за собой рост требований к качеству производства дорожных работ с учётом региональных особенностей Узбекистана;

- планируемым масштабным строительством местных дорог для соединения населённых пунктов с опорной сетью дорог, что требует ускоренной разработки и применения экономически оправданных технологий и материалов;

- приоритетным учётом требований обеспечения безопасности движения и экологических норм в дорожном строительстве.

Влияние указанных факторов требует от транспортных и дорожных предприятий существенной перестройки на принципах инновационного развития.

Основой эффективности развития транспортных и дорожных предприятий в значительной степени является научно-техническая и инновационная деятельность, направленная на получение, распространение и использование новых знаний и технических решений для решения экономических, технологических, социальных и иных проблем. Одна из основных проблем заключается в том, что основные потребители инновационной продукции: государственные и территориальные органы управления транспортных и дорожных предприятий, проектные и подрядные организации – не рассматривают применение инноваций в качестве одной из приоритетных задач своей практической деятельности, что негативно отражается на эффективности транспортных и дорожных работ и услуг, темпах и стоимости дорожного строительства. Отсутствует перечень критических технологий транспортных и дорожных предприятий, обеспечивающий эффективное планирование инновационной деятельности на объектах строительства, ремонта и содержания дорог.

Развитие инновационной деятельности в дорожном хозяйстве обладает высокой социально-экономической значимостью. Применение новых технологий, техники, конструкций и материалов способствует существенному улучшению потребительских свойств автомобильных дорог, к которым относятся:

- непрерывность, безопасность, скорость и удобство движения;
- пропускная способность и уровень загрузки дорог движением;
- способность пропускать автомобили и автопоезда с заданными габаритами, осевыми нагрузками и грузоподъёмностью (общей массой);
- экологическая безопасность;
- стоимость строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Основным сдерживающим фактором обеспечения высоких потребительских свойств дорог является прямое влияние требований к этим свойствам на строительную стоимость дорог и требуемый объём затрат на их поддержание в процессе эксплуатации.

По моему мнению, развитие инновационной деятельности на транспортных и дорожных предприятиях следует рассматривать в качестве одного из важнейших системообразующих факторов, имеющих тесную связь с основными элементами транспортной экономики и социальной сферы.

В этих условиях формирование стратегических направлений развития инновационной деятельности на транспортных и дорожных предприятиях должно осуществляться на базе всестороннего анализа состояния и проблем технологического и научно-технического развития дорожной отрасли в тесной взаимосвязи с общими проблемами строительства автомобильных дорог и развития автомобильного транспорта. [2]

На основе анализа состояния проблемы выявлено, что в органах управления транспортными и дорожными предприятиями, наиболее широко использующих прогрессивные технологии и материалы, удельный вес дорог, находящихся в нормативном состоянии, в среднем в 2 раза выше, чем у управлений, применяющих прогрессивные технологии и материалы в ограниченных масштабах или вообще их не применяющих.

При условии освоения имеющейся инновационной продукции в полном объеме в отрасли может быть достигнут значительный экономический эффект за счет применения новых технологий за счет энерго- и ресурсосбережения, повышения долговечности дорог, сокращения себестоимости перевозок и повышения безопасности движения. Согласно анализу аварийности, участки дорог, запроектированные и построенные с использованием прогрессивных технических решений,

применением современной дорожно-строительной техники, имеют наиболее высокий уровень обеспечения безопасности движения.

Одним из основных сдерживающих факторов развития инновационной деятельности является то, что имевшаяся ранее опытно-экспериментальная база научных дорожных центров, которая призвана ускорить процесс создания и освоения новых технологий, морально и физически устарела (а по многим позициям утрачена), не отвечает современным потребностям и международному уровню.

В отрасли отсутствуют центры обучения и передачи технологий, доказавшие свою эффективность в международной практике. Индикативным показателем возможности инновационного развития отраслей реального производства является доля затрат на инновации в общем объеме инвестиций.

Таким образом, резервами расширения использования инноваций на отраслевом уровне являются:

- несовершенство налоговой политики в части обеспечения стимулирования инновационного развития дорожной отрасли;
- недостаточное финансирование научных разработок по сравнению с экономически развитыми странами мира;
- устаревшие методы оценки эффективности проектных решений, основанные только на минимизации единовременных строительных затрат, препятствующие внедрению новых материалов и технологий;
- ослабший научный потенциал отраслевой науки и, как следствие, дефицит научных разработок для внедрения;
- неразвитость отраслевой инфраструктуры, обеспечивающей внедрение инноваций в производство;
- отсутствие работы по учету и внедрению системы патентования в дорожном хозяйстве;
- отсутствие системы взаимодействия в части координации развития и стимулирования внедрения инноваций с субъектами Республики Узбекистан;

Анализ современного состояния и проблем развития инновационной деятельности на транспортных и дорожных предприятиях страны указывают на необходимость формирования стратегии долгосрочного инновационного развития отрасли и основных мероприятий по ее реализации для эффективного решения ключевых задач транспортных и дорожных предприятий по улучшению потребительских свойств автомобильных дорог.

Целью инновационной деятельности дорожного агентства является улучшение потребительских свойств дорог, повышение безопасности дорожного движения, снижение затрат на дорожные работы, повышение сроков службы автомобильных дорог и инженерных сооружений, снижение отрицательного воздействия на окружающую среду за счет повышения технологического уровня проектирования, строительства и эксплуатации дорог и искусственных сооружений.

По мнению автора, необходимо решить следующие задачи по развитию инновационной деятельности на транспортных и дорожных предприятиях:

- формирование инновационной инфраструктуры транспортных и дорожных предприятий для масштабного освоения прогрессивных технологий, включая систему информационного обеспечения, создание производств наукоемких видов продукции;
- координация действий научных, проектных и производственных транспортных и дорожных организаций и предприятий, вузовской науки в целях разработки комплексного подхода к решению задач инновационного развития;
- обеспечение благоприятных экономических условий для активизации инновационной деятельности, в том числе развитие малого инновационного предпринимательства;
- сохранение и развитие научно-технического потенциала транспортных и дорожных предприятий для поддержания современного технологического уровня и эффективного использования критических технологий, вовлечение в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности, результатов изобретательской деятельности и обеспечение защиты от их несанкционированного использования;
- организация работ и совершенствование гармонизации технологических, нормативно-технических документов с зарубежными аналогами;
- использование технологий двойного назначения;
- формирование реестра инновационных технологий и технических средств в области автомобильно-дорожной системы и их внедрения.

В результате реализации инновационной деятельности транспортных и дорожных предприятий ожидается повышение транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог, увеличение межремонтных сроков, повышение безопасности дорожного движения, сокращение затрат на строительство, реконструкция, ремонт и содержание автомобильных дорог и искусственных сооружений за счет использования прогрессивных дорожно-строительных материалов, ресурсо- и энергосберегающих технологий, применения эффективных средств инженерного оборудования и обустройства дорог, современных информационных технологий и систем связи, обеспечения действующих требований дорожной экологии.

Это позволит перейти на инновационный путь развития отечественных транспортных и дорожных предприятий – поиска и накопления теоретических знаний в различных смежных областях науки и техники, практического использования этих знаний для разработки новых высокоэффективных материалов, технологий, приборов, техники и оборудования, обеспечить повышение срока службы дорог и искусственных сооружений, создать эффективной системы управления научным комплексом транспортных и дорожных предприятий, качеством дорожных работ и услуг, сократить стоимость дорожных работ на основе развития и совершенствования научных исследований и техники, инновационной деятельности, технического регулирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сухов, А.А., Кочетков А.В., Аржанухина С.П. Формирование научно-инновационной политики дорожного хозяйства / Инновационная деятельность. 2010. № 3. – С. 41 - 46.
2. Карпеев С.В., Сухов А.А., Аржанухина С.П., Кокодеева Н.Е. Методика оценки экономической эффективности деятельности органов управлений дорожным хозяйством по освоению новых технологий, техники и материалов / Строительные материалы. 2010. № 5. – С. 4 - 7.

Ходжаева Нигора Бахадировна –
соискатель кафедры «Экономика и управление
автомобильно-дорожных предприятий» Таш-
кентского автомобильно-дорожного института

Nigora B. Khodjaeva –
Researcher of Department of Economics and
management automobile-road enterprises at Tash-
kent automobile and road construction institute

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 351.811.12

В.В. Нагорный, С.С. Крамаренко

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Проведен анализ причин дорожно-транспортных происшествий, происходящих под влиянием внешних факторов. Рассмотрены магнитные поля, их классификация и влияние на водителя. Проанализировано влияние геопатогенных зон на примере дорог Краснодарского края «Дон» и «Кавказ». Рассмотрено влияние электромагнитного излучения на здоровье человека.

Электромагнитное излучение, геопатогенная зона, электромагнитное поле, безопасность дорожного движения, влияние электромагнитного излучения

V.V.Nagorny, S. S. Kramarenko

IMPACT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF THE ARTIFICIAL ORIGIN ON SAFETY OF TRAFFIC

The analysis of the reasons of the road accidents occurring under the influence of external factors is carried out. Magnetic fields, their classification and influence on the driver are considered. Influence of geopathogenic zones on the example of roads of Krasnodar Krai

«Don» and «Caucasus» is analysed. Influence of electromagnetic radiation on health of the person is considered.

Electromagnetic radiation, geopathogenic zone, electromagnetic field, safety of traffic, influence of electromagnetic radiation

Сегодня современный человек не представляет свою жизнь без автомобиля. Именно он позволяет быть мобильным и передвигаться из одного пункта в другой за короткий промежуток времени. Но необходимо задуматься, какой угрозе человек подвергает свою жизнь, садясь за руль автомобиля.

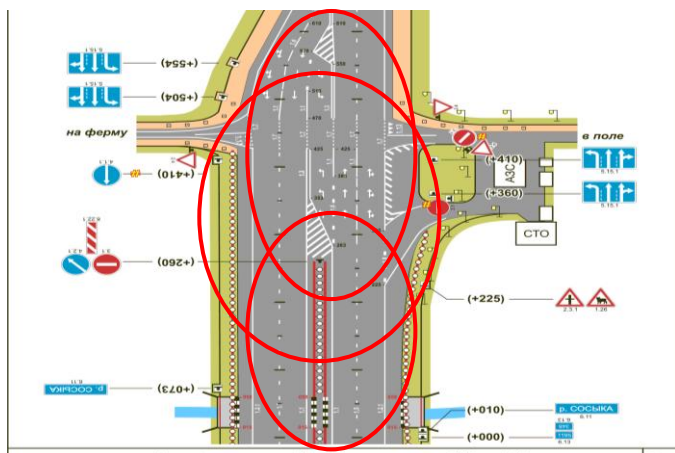
Проведённые исследования автомобильных дорог Краснодарского края «Дон» и «Кавказ» показали, что в очагах дорожно-транспортных происшествий помимо нарушений в организации дорожного движения существуют факторы, влияющие на состояние водителя из-за разломов земной коры, где наблюдается электромагнитное излучение. Данные зоны обычно называют геопатогенными (ГПЗ).

Выявление этих участков производилось с помощью приборов «Ига-1» и «БТС» (разработанный доктором наук Кубанского государственного медицинского университета, профессором Савиной Л.В.).

Помимо естественного излучения в ГПЗ, огромную «лепту» в усиление электромагнитного поля (ЭМП) вносит электромагнитное поле искусственного происхождения.

Электромагнитное излучение делится на:

- радиоволны (начиная со сверхдлинных),
- терагерцовое излучение,
- инфракрасное излучение,
- видимый свет,
- ультрафиолетовое излучение,
- рентгеновское излучение и жесткое (гамма-излучение).



Геопатогенные зоны на автомобильной дороге «Дон»

В настоящий момент естественные магнитные поля определяются по коэффициенту сложности участка дороги.

Коэффициент сложности участка дороги

$K_{смпз}$	Уровень опасности
до 0,14	Простой (мероприятия по нейтрализации ГПЗ не проводятся)
0,14-0,35	малоопасный
0,35-0,5	опасный
>0,5	очень опасный

В настоящее время искусственные ЭМИ, влияющие на безопасность дорожного движения, во многих странах мира находится в стадии исследований, которые требуют дальнейшего изучения и в нашем государстве. Это обусловлено увеличением из года в год количества транспортных средств и увеличением сети автомобильных дорог. Автомобильные дороги необходимо проектировать, стро-

ить, реконструировать с учетом не только разломов земной коры, но и источников электромагнитных полей искусственного происхождения.

В настоящее время проблема электромагнитной безопасности и защиты окружающей природной среды от воздействия ЭМП приобрела большую актуальность и социальную значимость, в том числе на международном уровне.

Проведенный анализ экспериментальных работ показывают, что ЭМП является весьма чувствительным фактором для всех элементов биосистем от человека до простейших. Проведенное Г.И. Евтушенко (1982) исследование влияния МП ПЧ на нервную, сердечно-сосудистую, гематоиммунологическую, эндокринную системы животных показало, что прерывистые и непрерывные МП 7500 А/м являются биологически активными, поскольку вызвали достоверные изменения во всех показателях.

Проведенный анализ экспериментальных работ показывают, что ЭМП является весьма чувствительным фактором для всех элементов биосистем от человека до простейших.

Поэтому разработка и введение в практику нормативно-правовых и экономических регуляторов электромагнитного загрязнения, безусловно, позволит создать коренной позитивный поворот в ситуации, предотвратить деградацию среды обитания и сокращение видового биоразнообразия, внесет важный вклад в обеспечение устойчивого развития страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев О.А., Меркулов А.В. Проблема экологических нормативов в условиях электромагнитного загрязнения окружающей среды. // Материалы 3-й междунар. конф. «Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования», 17-24 сент. 2002 г., Москва - СПб. М., 2002. С.25-27.

2. Нагорный, В.В., Кравченко Е.А. Вопросы обеспечения безопасности на автомобильном транспорте / Е.А.Кравченко, В.В.Нагорный // Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта «Автотранспортное предприятие». 2011 № 4 С. 22-23.

3. Нагорный, В.В. Кравченко А.Е. Организация перевозочного процесса автомобильным транспортом на примере Краснодарского края с учётом оценки безопасности движения в геоаналитических зонах / В.В.Нагорный, А.Е. Кравченко // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление» 2011 № 11 С. 72-74.

4. Нагорный, В.В. Влияние геопатогенных зон на безопасность движения автомобилей на автодорогах Краснодарского края / В.В.Нагорный // Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта «Грузовое и пассажирское автохозяйство». 2013 № 1 С. 63-69.

Нагорный Владимир Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Vladimir V. Nagorny – Ph.D., the associate professor «Organizations of Transportations and Traffic» chairs of the Kuban state technological university

Крамаренко Сергей Сергеевич – студент 5 курса Кубанского государственного технологического университета

Sergey S. Kramarenko – the student of the 5th course of the Kuban state technological university

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 338.467:629:332.1; (470.6)

Ю.О. Глушкова, М.В. Куликова

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ ВО ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассматриваются интервальные ряды динамики по транспортным услугам, как внутри страны, так и за ее пределами. Выявляется, какой из видов транспорта являет-

ся преобладающим, как в России, так и зарубежом. Приводятся результаты анализа перевозки грузов по видам транспорта в России в международном сообщении по отдельным видам транспорта.

Транспорт, транспортные услуги, перевозки, внешнеэкономическая деятельность, экспорт, импорт

Yu.O. Glushkova, M. V. Kulikova

MAIN TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF THE MARKET OF TRANSPORT SERVICES IN FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY

Interval ranks of dynamics on transport services, as within the country, and beyond its limits are considered. Comes to light what of means of transport is prevailing as in Russia and abroad.

Results of the analysis of transportation of goods on means of transport are given in Russia in the international message on separate means of transport.

Transport, transportation services, transportation, foreign trade activities, export, import

В современных условиях транспорт во всем мире играет важную роль, как для отдельных предприятий, так и для людей. В первую очередь рассмотрим перевозки груза транспорта общего пользования в РФ. Одним из основных показателей работы грузового транспорта является количество перевезенного груза. В таблице 1 представлены интервальные ряды динамики перевозок груза по видам транспорта общего пользования, на базе которых рассчитано среднее количество перевезенного за 5 лет груза [2].

Таблица 1

Перевозки грузов по видам транспорта общего пользования (миллионов тонн)

Год	2006	2007	2008	2009	2010	В среднем за 5 лет
Транспорт – всего	8768	8978	9167	9300	9450	9132,6
В том числе по видам:						
железнодорожный	1161	1221	1273	1312	1345	1262,4
автомобильный	6468	6568	6685	6753	6861	6667
трубопроводный	976	1024	1048	1070	1062	1036
морской	36	29	26	25	28	28,8
внутренний водный	126	135	134	139	153	137,4
воздушный	0,8	0,9	0,8	0,9	1,0	0,88

Анализ показал, что наибольшее число перевозок груза наблюдалось на автомобильном транспорте в 2010 году (6861 миллион тонн), наименьшее – на воздушном транспорте в 2006 и 2008 годах (0,8 миллион тонн) [1]. Среднее значение за 5 лет рассчитано с помощью средней арифметической простой, так как ряд интервальный. Более наглядно число перевозок груза можно рассмотреть на рис. 1.

Преобладающим видом транспорта по грузоперевозкам является автомобильный транспорт, и число его грузоперевозок растет от 2006 к 2010 году. За ним идет железнодорожный, трубопроводный, внутренний водный и только затем морской и воздушный. На графике видно что, все остальные виды транспорта значительно уступают автомобильному и между собой не превосходят друг друга. Меньше всего перевозок осуществляет воздушный транспорт.

По имеющимся данным можно рассчитать долю каждого транспорта в общем количестве грузоперевозок. Для этого определим относительный показатель структуры. Данные по структуре грузоперевозок представлены на рис. 2.

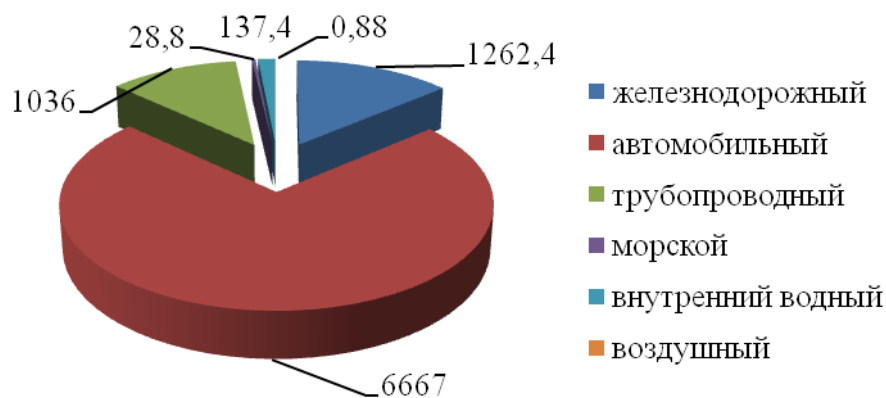


Рис. 1. Перевозки грузов по видам транспорта общего пользования (миллионов тонн) за 5 лет

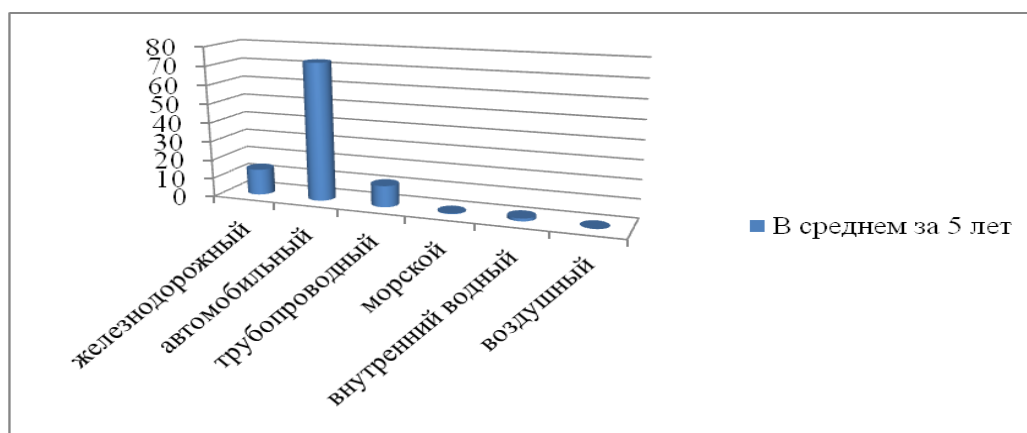


Рис. 2. Структура грузоперевозок по видам транспорта общего пользования, в %

По данным рис. 2 видно, что наибольший удельный вес по перевозкам груза занимает автомобильный транспорт. В 2006 году его доля составляла 72,77%. Наименьший удельный вес отводится воздушному транспорту – 2008 год – 0,008 %.

Грузовые перевозки также осуществляются по международным путям сообщения. В таблице 2 представлены данные по международным перевозкам груза отдельными видами транспорта общего пользования, а также рассчитано среднее количество перевезенного за 5 лет груза.

Таблица 2

Перевозки груза в международном сообщении по отдельным видам транспорта общего пользования, млн т

Год	2006	2007	2008	2009	2010	В среднем за 5 лет
Автомобильный – всего, в том числе:	1,14	0,96	1,82	3,56	1,75	1,846
экспорт	0,43	0,30	1,02	0,41	0,54	0,54
импорт	0,69	0,64	0,76	3,11	1,17	1,274
транзит	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06
на территории иностранных государств	0,00	0,02	0,04	0,04	0,02	0,024
Морской – всего в том числе:	17,7	11,5	12,4	10,7	20,3	14,52
экспорт	10,5	7,9	9,1	7,7	12,9	9,62
импорт	1,1	1,0	0,7	0,4	2,1	1,06
между иностранными портами	6,1	2,6	2,6	2,6	5,3	3,84
Внутренний водный – всего, в том числе:	29,9	31,9	29,3	21,0	21,8	26,78
экспорт	22,5	22,9	21,3	15,2	15,3	19,44
импорт	0,9	1,4	1,4	1,1	1,4	1,24
между иностранными пунктами	6,3	7,4	6,5	4,6	4,8	5,92

Из табл. 2 видно, что наибольшее число перевозок груза всего было зафиксировано по внутреннему водному транспорту в 2007 году и составило 31,9 миллионов тонн. В этом же виде транспорта наибольшее число грузоперевозок в экспорте было зафиксировано за 2007 год – 22,9 миллионов тонн. Наименьшее число грузоперевозок всего отмечается по воздушному транспорту в 2006 году – 0,3 миллионов тонн. Также можно заметить, что перевозки груза транзитом вообще не осуществлялись автомобильным транспортом в период с 2007 по 2009 год, и за весь период были на втором месте (0,06 миллионов тонн) по числу самых наименьших грузоперевозок после внутреннего водного (0,21 миллионов тонн). Среднее значение за 5 лет было рассчитано по средней арифметической простой, так как ряд интервальный [2].

По имеющимся данным табл. 2 рассчитана доля каждого вида транспорта в общем количестве грузоперевозок по международным путям сообщения. Эти данные представлены в таблице 3.

Таблица 3

Структура грузоперевозок по отдельным видам транспорта общего пользования в международном сообщении, в %

	2006	2007	2008	2009	2010	В среднем за 5 лет
Транспорт – всего	100	100	100	100	100	100
В том числе по видам:						
автомобильный	2,32	2,14	4,14	9,98	3,95	4,24
морской	36,97	25,69	28,23	30,01	45,77	33,34
внутренний водный	60,97	71,27	66,71	58,89	49,15	61,50

По данным табл. 3 видно, что наибольший удельный вес в общем количестве грузоперевозок по видам транспорта общего пользования в международном сообщении занимает внутренний водный транспорт. В 2007 году его доля была самой большой и составила 71,27%. Наименьший удельный вес по грузоперевозкам отводится воздушному транспорту, в 2006 году его доля была меньше всех остальных видов транспорта и составляла 0,61% [3].

Таким образом, за изучаемый период с 2006 по 2010 год в Российской Федерации наибольший удельный вес по перевозкам груза в общем занимает автомобильный транспорт. В среднем за пять лет доля автомобильного транспорта по грузоперевозкам составила 73% от общего количества и число его грузоперевозок возрастает от года к году, т.е. просматривается положительная динамика. Наименьший удельный вес отводится воздушному транспорту и составляет 0,0096% от общего числа грузоперевозок.

Преобладающим видом транспорта по грузоперевозкам в международном сообщении является внутренний водный – 61,5%. Несмотря на то, что объем его грузоперевозок снижается к 2010 году, он все равно занимает лидирующие позиции. Также к 2010 году растет доля грузоперевозок в международном сообщении морского транспорта, и приближается по своему значению к значению внутреннего водного транспорта – 45,77%. Это происходит потому, что в условиях современного кризиса многие субъекты бизнеса переключаются на более дешевые виды транспорта, какими являются водные – морской и речной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский статистический ежегодник / Федеральная служба государственной статистики, 2012.
2. Статистика транспорта / Е.В. Петрова, О.И. Гончаренко, А.Л. Кевеш, под ред. М.Р. Ефимовой. – М.: Финансы и статистика, 2011.
3. www.transportrussia.ru

Глушкова Юлия Олеговна –
кандидат экономических наук, доцент кафедры
«Прикладная экономика и управление
инновациями» Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.

Julia O. Glushkova –
Ph.D., associate professor
«Applied economy and management of innovations»
Gagarin Saratov state technical university

Куликова Мария Владимировна–
ассистент кафедры «Прикладная экономика
и управление инновациями» Саратовского
государственного технического университета
имени Гагарина Ю.А..

Maria V. Kulikova –
assistant of the Department «Applied Economics and
management of innovation» of Gagarin Saratov state
technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.13

Ю.А. Славина, С.А. Гусев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Проведен анализ существующих систем национальных стандартов по использованию современных навигационных комплексов для использования их в управлении на городском пассажирском транспорте. Проанализирована законодательная база для внедрения систем позиционирования на транспорте, в том числе на городском пассажирском. Дана численная характеристика показателей являющаяся базой для внедрения системы глобального позиционирования. Рассмотрены вопросы осуществления постоянного контроля и мониторинга ситуации с использованием автомобильных транспортных средств, расхода топлива и других эксплуатационных материалов, в целом позволяющая повысить эффективность их эксплуатации

Навигация, пассажир, город, комплекс, логистика, планирование, транспорт

Y.A. Slavina, S.A. Gusev

THE USE OF MODERN NAVIGATION SYSTEMS FOR IMPROVEMENT OF URBAN TRANSPORT

The analysis of existing systems of national standards for the use of modern navigation systems for use in management in urban passenger transport. Analyzed the legal framework for the implementation of positioning systems in transport, including urban passenger. Dana numerical characteristic indicators are the basis for the introduction of a global positioning system. The problems of continuous control and monitoring of the situation with the use of motor vehicles, fuel and other operating materials, allowing to increase the overall efficiency of their operation

Navigation, passenger, city center, logistics, planning, transport

В большинстве крупных городов Российской Федерации в настоящее время существует проблема четкой организации движения городского пассажирского транспорта. Множество негативных факторов влияет на такие показатели его работы: среднее время одной поездки пассажира в сети городского пассажирского транспорта, фактическое время рейса транспортного средства, фактическое время оборота транспортного средства, интервал движения транспортных средств на маршруте. К таким факторам относятся: транспортные задержки (в результате высокой плотности транспортного

потока), планировочные особенности улично-дорожной сети города, состояния дорожного полотна, недостаточный контроль за транспортными средствами на линии.

Вследствие этого ставится задача преодоления сложившейся ситуации на городском пассажирском транспорте, которую возможно решить путем использования спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.

Осенью 2011 года произошли изменения в Российском автомобильном законодательстве, в соответствии с которым использование на пассажирском транспорте аппаратуры ГЛОНАСС стало обязательным.

Также были внесены изменения в «Положение о лицензировании перевозок пассажиров автомобильным транспортом, оборудованном для перевозки более 8 человек». Поправки вступили в силу в 2012 году (первая часть – 1 января 2012 года, вторая – 1 июля 2012 года). В соответствии с ними: «Лицензионными требованиями и условиями при осуществлении перевозок пассажиров являются: наличие у лицензиата (соискателя лицензии) на праве собственности или на ином законном основании транспортных средств, соответствующих по назначению, конструкции, внешнему и внутреннему оборудованию техническим требованиям в отношении перевозок пассажиров, оснащенных в установленном порядке аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и допущенных в установленном порядке к участию в дорожном движении» и «Грубыми нарушениями лицензиатом лицензионных требований и условий являются: использование транспортных средств, не оснащенных в установленном порядке аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и (или) не допущенных в установленном порядке к эксплуатации и (или) не прошедших предрейсового технического осмотра»(рис. 1).



Рис. 1. Комплекс национальных стандартов

Таким образом, начиная с 1 июля 2012 года отсутствие системы ГЛОНАСС в общественном транспорте будет считаться грубым нарушением лицензионных требований (т.е. это затронет и перевозчиков, получивших лицензии до 1 января 2012 года).

Система ГЛОНАСС позволяет формировать маршрутную сеть и расписание движения, информировать пассажиров о прибытии транспорта в режиме реального времени, оптимизировать расписания, контролировать пассажиропотоки, рассчитывать время поездок, получать данные по выполненной транспортной работе.

Данные функции актуальны в условиях высокой загруженности дорог крупных российских городов.

Навигационно-информационные системы мониторинга и диспетчеризации на наземном общественном транспорте уже действуют в 102 городах в 52 субъектах РФ. Внедрение системы безусловно повысит эффективность работы и привлекательность пассажирского транспорта.

В настоящее время для города Саратова будет целесообразным внедрение аппаратно-программного комплекса «АвтоТрекер».

Это интеллектуальный многофункциональный контрольно-навигационный комплекс, позволяющий в реальном времени контролировать местонахождение подвижных объектов с помощью встроенной системы спутниковой навигации GPS и ГЛОНАСС; состояние их ключевых узлов и агрегатов; осуществлять автоматизированный контроль путем запрограммированных действий на заданные события; дистанционное управление и обмен сообщениями с использованием сотовой (GSM) связи (рис. 2).

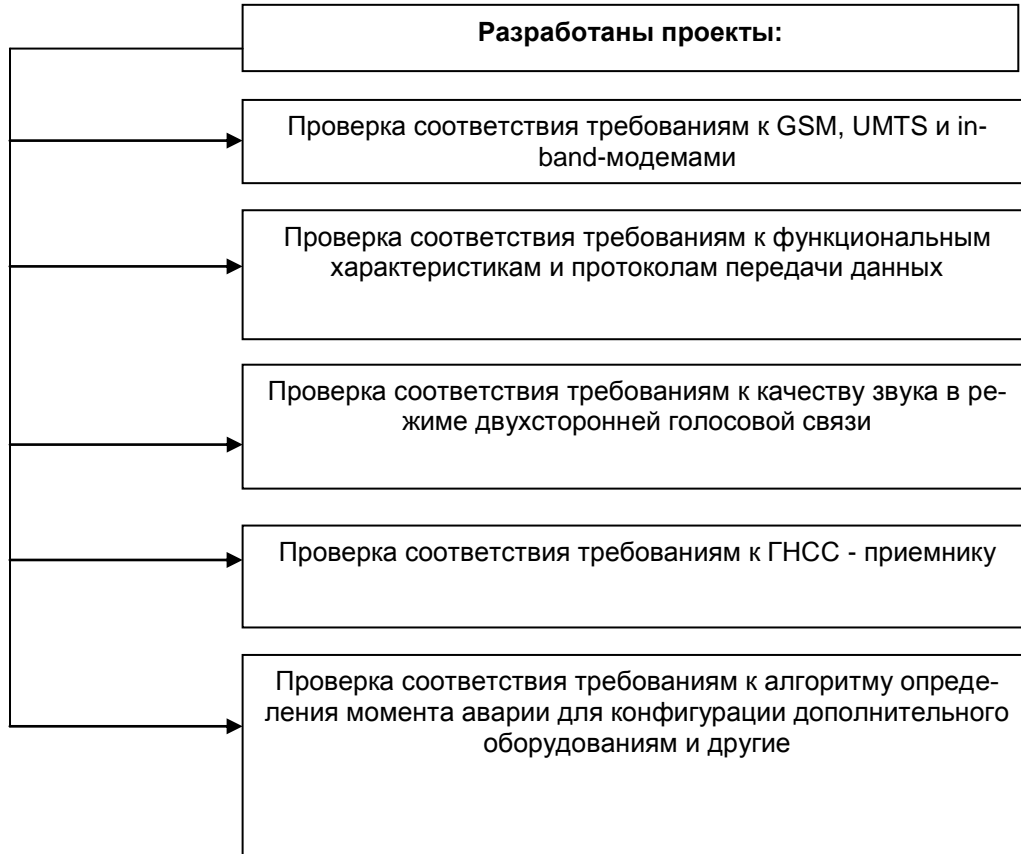


Рис. 2 .Проекты в рамках использования системы ГЛОНАСС

В состав системы мониторинга автомобильного транспорта, реализованной на основе комплекса «АвтоТрекер», входят следующие основные компоненты:

- а) подвижный сегмент (бортовое оборудование): Бортовой Блок и периферийные (контрольные и управляющие) устройства;
- б) серверный сегмент;
- в) рабочие места диспетчеров и администраторов системы;
- г) система глобального спутникового позиционирования (GPS и ГЛОНАСС);
- д) система сотовой мобильной связи стандарта GSM.

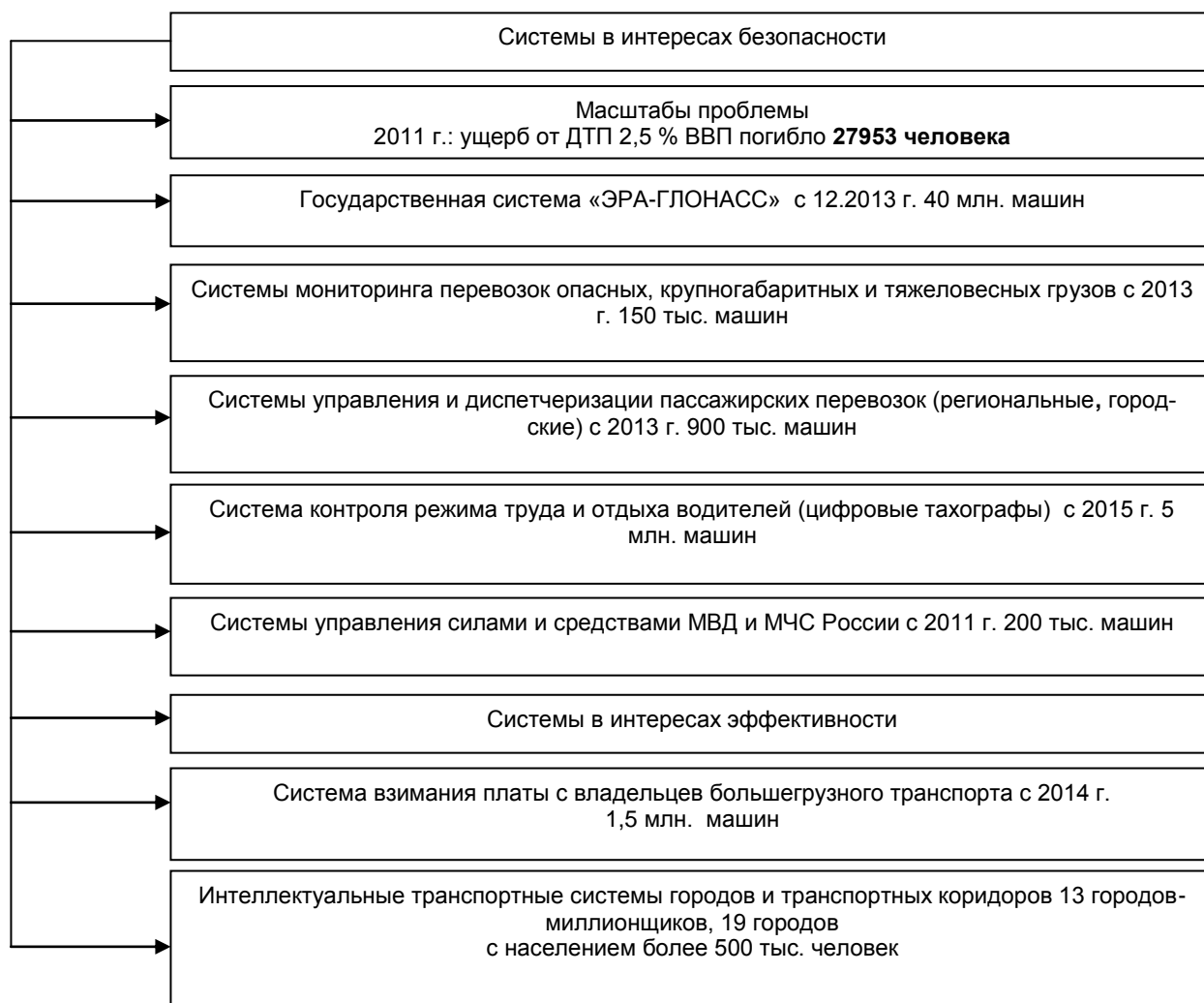


Рис. 3. Разработанные системы безопасности в рамках реализации ГЛОНАСС

Первоначально современные бортовые блоки целесообразно устанавливать на автобусах большой вместимости, работающих на маршрутах соединяющих центр города с главными пассажирообразующими точками при наличии на них мощного устойчивого пассажиропотока. В г. Саратове таковым является маршрут № 2Д «Саратоворгсинтез - пос. Юбилейный».

Внедрение комплекса «АвтоТрекер», по данным производителей, позволяет решить следующие задачи:

- а) определение местонахождения, скорости и направления движения объекта на карте местности с использованием геоинформационных систем;
- б) определение двоичных событий на борту: факт движения; открывание дверей, капота, крышки бензобака; поднятие кузова; присутствие в салоне; включение двигателя; нажатие тревожной кнопки и т.п.;
- в) измерение параметров перевозки груза и пассажиров: температура в кузове/салоне; факт и направление вращения бака растворовоза и т.п.;
- г) контроль расхода топлива: по штатному датчику в бензобаке, по расходомеру в бензопроводе, по информации о впрыске топлива в двигатель;
- д) определение количества пассажиров: по фотоэлементам, по датчикам присутствия;
- е) обмен данными с центральным сервером посредством сотовой сети;
- ж) формирование маршрутов с разрешенными, обязательными и запрещенными событиями в каждой точке, скоростным режимом, временем посещения объектов и т.п.
- з) оперативную связь диспетчера с водителем: с помощью двусторонней голосовой связи или одностороннего прослушивания салона, коммуникационного пейджера (АТ Панель);
- и) подключение дополнительного внешнего оборудования: POS-терминалов, информационных табло, автоинформаторов, и т.п.;

к) автономное (по заданной программе) или удаленное (со стороны диспетчера) управляющее воздействие на объект: перекрытие бензопровода, отключение электрических цепей, блокировку дверей, кузова и т.п.;

л) генерацию большого количества отчетов о работе автомобиля или группы автомобилей: о пробеге, событиях на борту, посещении объектов, расходе топлива и т.п.;

м) обмен информацией о работе автомобиля с другими информационными системами;

н) документирование всех событий в базе данных, обработку и хранение накопленной статистической информации о работе автопарка.

Рисунок 3 показывает масштабы и численную характеристику для внедрения системы ГЛОНАСС для внедрения. Установка оборудования системы ГЛОНАСС на транспортные средства различных ведомств позволит повысить эффективность их эксплуатации, осуществлять постоянный контроль и мониторинг ситуации с использованием транспорта, расходом топлива и других эксплуатационных материалов.

Гусев Сергей Александрович –
Кандидат экономических наук, доцент кафедры
«Организация перевозок и управление
на транспорте» Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.

Sergey. A. Gusev –
PhD, Associate Professor of «Organization
of Transportation and Transport Management»,
Gagarin Saratov State Technical University

Славина Юлия Андреевна –
аспирантка кафедры «Организация
перевозок и управление на транспорте»
Саратовского государственного технического
университета имени Гагарина Ю.А.

Julia A. Slavina –
Post-graduate student of the Department «Organiza-
tion of Transportation and Transport Management»,
Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 658.7:339.5

Р.Г. Саматов

СИСТЕМА ЛОГИСТИКИ И ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ УЗБЕКИСТАНА

Проведен анализ современного логистического и транспортного обеспечения внешней торговли Узбекистана. Рассмотрены основные направления транспортной политики РУз.

Представлена краткая характеристики СИЭЗ «Навои» и логистических центров, а так же их роль в развитии транспортного потенциала страны. Рассмотрены основные направления в развитии транспортного комплекса Узбекистана в его взаимодействии с внешнеэкономическим комплексом.

Логистика, транспортное обеспечение, внешняя торговля, транспортировка, транспортные коммуникации, логистический центр, транспортный комплекс

R.G. Samatov

SYSTEM OF LOGISTICS AND TRANSPORT SERVICE OF FOREIGN TRADE OF UZBEKISTAN

The analysis of modern logistic and transport service of foreign trade of Uzbekistan is carried out. The main directions of transport policy of Uzbekistan are considered.

It is presented short characteristics of FIEZ «Navoi» and logistic cents, and as their

role in development of transport capacity of the country. The main directions in development of a transport complex of Uzbekistan in its interaction with the external economic complex are considered.

Logistics, transport service, foreign trade, transportation, transport communications, logistic center, transport complex

Как известно, Узбекистан расположен в отдаленности от крупных международных морских портов, трансконтинентальных железнодорожных и автомобильных коридоров. Кроме того, они имеют сложную топологию, затрудняющую транспортное сообщение с другими регионами мира. Такие государства во внешней торговле существенно зависят от наземных перевозок через территории соседних стран. Слабая транспортная инфраструктура и ограничительная нормативно-правовая база для транспорта и таможенного транзита в соседних странах могут значительно увеличить транспортные расходы и сделать время транспортировки длительным и непредсказуемым.

Только за последние пять лет объем перевозок вырос на 45%, а пассажирооборот, грузооборот и транзитные перевозки увеличились соответственно на 24, 38 и 52%.

В республике в сфере транспорта функционируют более 5300 компаний и фирм различной формы собственности. 12 процентов ВВП приходится на транспортный сектор.

Высокие транспортные издержки отрицательно влияют на конкурентоспособность экспортных товаров, делают импорт более дорогим и ограничивают участие стран во внешней торговле. Реализация мер, направленных на снижение транспортных издержек открывает новые возможности для эффективной экономической интеграции стран региона в мировую экономику.

В этой связи ускоренное развитие транспортно-коммуникационного комплекса страны и диверсификация маршрутов транспортировки внешнеторговых грузов имеют актуальное значение, особенно для Узбекистана, удаленного от морских коммуникаций. Более того, динамичное развитие и поступательный рост экономики Узбекистана требует опережающего развития транспортно-коммуникационного комплекса и логистических систем.

На протяжении нескольких лет основными направлениями транспортной политики Узбекистана являются интеграция в международные транспортные коммуникации, развитие эффективных международных маршрутов для транспортировки внешнеторговых и транзитных грузов, модернизация транспортного комплекса, формирование сети логистических центров и повышение транзитного потенциала.

СИЭЗ «Навои» была создана указом Президента Республики Узбекистан от 2 декабря, 2008 года.

СИЭЗ «Навои» расположена вблизи города Навои, административного центра Навоиского региона.

Концепция создания основана на 4 блоках или хабах:

- промышленного;
- логистического;
- инновационного;
- туристического, культурного и рекреационного.

В радиусе 2 тыс. км от СИЭЗ «Навои» расположены столицы 10 государств с населением более 100 млн. человек. Это открывает широкие возможности для незамедлительной транспортировки произведенной здесь промышленной продукции до конечных потребителей в Азии и Европе.

Под промышленные предприятия на территории СИЭЗ из 564 га отведено 380 га с возможностью создания предприятий площадью от 3 до 25 га.

Неотъемлемой частью СИЭЗ «Навои» является международный интермодальный центр логистики, созданный на базе аэропорта «Навои».



Международный аэропорт Навои

На основе долгосрочного соглашения с корейской авиакомпанией Korean Air, которая является признанным мировым лидером в области грузовых авиаперевозок, осуществлена модернизация аэропорта Навои с созданием международного интермодального центра логистики.

Логистический центр призван выполнять функции полноценного распределения товаров в регионе, сухопутные коммуникации, прибытия в аэропорт Навои, а также перераспределения грузопотоков на самолеты, предназначенные для направления Север-Юг и Восток-Запад.

На сегодняшний день завершена реализация первой фазы проекта, по строительству грузового терминала мощностью обработки 300 тонн груза в сутки.

Указом Президента Республики Узбекистан №УП-4434 от 10 апреля 2012г. был создана Специальная индустриальная зона «АНГРЕН»

Преимущества международного логистического центра: установленная мощность грузопереработки 5,4 млн. тонн в год; общая площадь 36,7 га; зарегистрированных машин 310.

Президент Республики Узбекистан Ислам Каримов 18 марта подписал указ «О создании специальной индустриальной зоны «Джизак»».

Новая зона создается в соответствии с меморандумом о взаимопонимании по реализации проекта создания Узбекско-Китайского промышленного парка в Узбекистане с целью формирования благоприятных условий по привлечению иностранных и отечественных инвестиций для создания современных высокотехнологичных промышленных производств, обеспечивающих выпуск конкурентоспособной продукции с высокой добавленной стоимостью.

В Узбекистане реализуется целенаправленная политика по дальнейшему развитию и увеличению транспортного потенциала. Проводится строительство новых железнодорожных и автомобильных магистралей внутри страны, реконструируются основные транзитные железнодорожные линии и автодороги международного значения, модернизируются международные аэропорты, создаются специализированные международные транспортные терминалы, разрабатывается соответствующая нормативно-правовая база.

В настоящее время в Узбекистане осуществляется множество проектов в области транспорта и транспортных коммуникаций. При финансовом содействии и поддержке международных организаций, таких как Азиатский Банк Развития (АБР), Евразийский Банк реконструкции и развития, а также Японии, Китая, Иран, США осуществляется реконструкция старых и строительство новых автомобильных, железнодорожных дорог, тоннелей, мостов, аэропортов и другой транспортной инфраструктуры.

В частности, Европейский Союз осуществляет проект ТРАСЕКА по возрождению «Великого шелкового пути» сети транспортных коммуникаций между Азией и Европой, проходящих через территорию Центральной Азии и Кавказа.

Указанные проектами определены следующие приоритетные направления сотрудничества между странами, в том числе:

- гармонизация и упрощение межгосударственных транспортных процедур между странами ЦА для

содействия перемещению пассажиров и грузов;

- гармонизация транспортных положений среди стран ЦА для создания равных условий для транспортных операторов и стимулирования эффективности оказываемых услуг;
- развитие и улучшение региональных и международных транспортных коридоров для связи производственных центров и рынков внутри стран ЦА и улучшения их доступа к соседним регионам и рынкам;
- модернизация железных и автомобильных дорог для продвижения эффективных услуг путем участия частного сектора и улучшения корпоративного управления;
- улучшение финансирования и управления в секторе для обеспечения развития, эксплуатации и надлежащего содержания региональных транспортных сетей;
- создание конкурентоспособных транспортных коридоров в регионе ЦА;
- содействие эффективному передвижению пассажиров и грузов;
- разработка безопасной и ориентированной на людей транспортной системы, доступной и обеспечивающей охрану окружающей среды.

Автомобильный транспорт является основным элементом транспортной системы республики и играет важную роль в обеспечении экономического роста и социального развития, объединяя в единое целое отрасли экономики, соединяя важнейшие промышленные центры республики, обеспечивая связи между городами, районами и поселками страны.

В республике действуют 36 маршрутов транзита для иностранных автотранспортных средств. После завершения строительства автомагистрали Кунград – Бейнеу количество таких маршрутов увеличится еще на 8, которые будут пролегать к границам Таджикистана, Киргизии, Туркмении, Афганистана и юга Казахстана.

Обобщая вышеизложенного можно сделать выводы, что баланс международного обмена услугами в республике в целом складывается положительно, причем в качестве нетто-импортера Узбекистан выступает в основном по отношению к странам СНГ. Наиболее активно развивается торговля с Россией, Китаем, Казахстаном, Южной Кореей – на них приходится около 55 % национального экспорта и импорта товаров и услуг. Структура внешней торговли услугами базируется, прежде всего, на транспорте и туризме. В последние годы активно развивается торговля деловыми услугами. Как в национальном экспорте, так и в импорте существенную долю занимают, инжиниринг, услуги в технических областях. Возрастает роль консалтинговых и маркетинговых услуг. В то же время в структуре национального экспорта практически отсутствуют управленческие, юридические, аудиторские, некоторые виды компьютерных услуг.

Развитие транспортного комплекса Узбекистана в его взаимодействии с внешнеэкономическим комплексом предполагается по следующим направлениям:

- рост конкурентоспособности национальных транспортных операторов на мировом транспортном рынке и, в первую очередь, на рынке перевозок узбекских экспортно-импортных грузов;
- использование преимуществ географического положения Узбекистана в Центральной Азии для организации транзитных транспортных коридоров Восток-Запад, Север-Юг;
- создание прямых транспортных путей для транспортировки экспортной продукции на мировой рынок, с целью сокращения расходов на транзит и избегания других осложнений экономического и неэкономического характера.

Международные транспортные коридоры формируются для развития и улучшения как грузового, так и пассажирского международных сообщений.

Итак, в сложном интегрированном мире Республика Узбекистан утверждает себя как суверенное независимое государство, реализуя собственную модель эволюционного поэтапного вхождения в мировое экономическое сообщество. Этапами этого большого и непростого пути является интеграция в Центральной Азии, в СНГ, а затем и на более обширном геополитическом пространстве евразийского континента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалов Р. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. – Москва: Вершина, 2007. – 384 с.
2. Бродецкий Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска. – Москва: Вершина, 2006. – 376 с.
3. Миротин Л.Б., Бульба А.В., Демин В.А. Логистика, технология, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов. – Москва: Феникс, 2009. – 416 с.

Саматов Рустам Гаффарович –
исследователь кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта» Ташкентского
автомобильно-дорожного института

Rustam G. Samatov –
researcher,
Head: Operation of the motor transport,
Tashkent Automobile and Road Institute

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.138.13.34

Т.В. Коновалова, И.Н. Котенкова

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ КАК ПОДСИСТЕМА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА

Рассмотрены основные типы логистических систем и условия их существования, функционирование и основные характеристики транспортно-логистических систем. Система безопасности дорожного движения рассматривается как подсистема транспортно-логистической системы. Рассматриваются основные положения системного подхода к повышению БДД, ориентированного на идеальную модель безопасной транспортно-логистической системы.

Логистическая система, безопасность дорожного движения, функционирование, подсистема, системный подход, модель

T.V. Konovalova, I.N. Kotenkova

TRAFFIC SAFETY AS A SUBSYSTEM OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM IN THE REGION

Considered are the main types of logistics systems and the conditions of their existence, the functioning and the main characteristics of the transport and logistics systems. The system of road traffic safety is considered as a subsystem of a transport-logistics system. The paper considers the main systemic approach to improving the safety of road traffic, based on the ideal model of a safety of the transport-logistics system.

A logistic system, road safety, functioning, subsystem, system approach, model

Экономическая система, которая обладает высокими адаптивными свойствами в процессе выполнения комплекса логистических функций и операций, является логистической системой, которая состоит из нескольких подсистем, взаимосвязанных между собой и внешней средой. В логистических системах выделяют множество уровней и подсистем. В качестве логистической системы можно рассматривать предприятие, территориально-производственный комплекс, регион и т. д.

Решению проблем развития теории логистики способствовали связанные с эволюцией рыночных отношений труды американских исследователей М. Портера, М.Д. Бауэрсокса, М. Линдерса, Х. Фирона, Дж. Джонсона, Д. Вуда, французских специалистов Э. Мате и Д. Тиксье, российских ученых-экономистов в области функционирования транспортно-логистических систем: Л.Б. Миротина, Ю.М. Неруш, П.В. Куренкова, А.Ф. Котляренко, В.Е. Николайчука, В.М. Николашина, Г.А. Левикова, В.И. Сергеева, О.А.Новикова, С.А. Уварова, О.Н. Ларина, П.П. Володькина, В.И. Рассохи и других.

Важнейшим условием оптимизации логистических систем является соблюдение организационного, технологического, экономического и информационного единства потоковых процессов. Для повышения эффективности их исследования ученые выделяют взаимосвязанные области, которые составляют иерархическую структуру теории логистики. На любом уровне транспортно-логистическая система должна соответствовать определенным требованиям надежности и безопасности. Вопросы безопасности дорожного движения (БДД) достаточно специфичны. Система показателей, характеризующих БДД, может быть использована как обособленно для решения задач обеспечения требуемого уровня БДД, так и интегрирована в комплексную оценку эффективности транспортно-логистических систем, в связи с тем, что в области безопасности целесообразно выделить БДД в самостоятельную подсистему транспортно-логистической системы.

Функционирование логистической системы можно охарактеризовать многими показателями. Одним из основных показателей качества ее функционирования является безопасность. Значение показателей безопасности логистической системы состоит в том, что мероприятия по достижению эффективности и надежности могут в полной мере применяться для оценки предлагаемого варианта системы либо после формирования конкретной системы и ее реализации, а меры по обеспечению безопасности необходимо предпринять еще на этапе разработки проекта системы. Безопасность – это отсутствие опасности, сохранность, надежность чего-либо. Следовательно, безопасным принято называть защищенный надежный объект. Принято различать внутреннюю и внешнюю безопасность. Внутренняя безопасность – показатель целостности логистической системы, она характеризует способность системы поддерживать свое нормальное функционирование в условиях внешних и внутренних колебаний. Внешняя безопасность – это способность логистической системы взаимодействовать с внешней средой без нарушения гомеостаза последней. Каждая логистическая система в ходе функционирования подвержена внешним возмущениям со стороны внешней среды и внутренним возмущениям самой логистической системы. Следовательно, сохранение целостности системы является условием ее безопасности, поскольку она определяет само существование системы. Достичь заданного уровня безопасности можно путем постоянного мониторинга качества функционирования логистической системы. Часто постепенное ухудшение качества может приводить к внезапному разрушению логистической системы. Опасным для логистической системы является исчерпание ресурсов, которое вызывает поражение элементов и приводит к распаду системы. Необходимо сформировать область безопасных состояний, определив все возможные режимы, приводящие к разрушению логистической системы. Для формирования безопасных систем в логистике необходимо руководствоваться принципом адаптации, самонастройки к действующим возмущениям с последующей выработкой воздействий, обеспечивающих исключение угроз с помощью трансформаций системы или отражения возмущений. Исходя из вышеизложенного, можно определить общие рекомендации по обеспечению безопасности логистической системы: необходимо внимательно наблюдать за процессами в среде для того, чтобы воздействия на нее не были неожиданными и не привели к нежелательным последствиям; необходимо проводить оценку ее качественного функционирования, надежности элементов, достоверности и оперативности получения информации о состоянии логистической системы; следует разработать сценарии возникновения сбойных ситуаций и реагирования на них.

Вторым необходимым условием существования системы является наличие некоторой характеристики, цели, критерия качества, которые определяют существование объекта как системы.

Третьим необходимым условием существования системы является требование, чтобы она была частью, подсистемой некоторой большой системы, входила в некоторую другую систему.

Четвертым и последним условием, необходимым для существования системы, является требование чтобы объект, рассматриваемый как система разбивался бы на части, содержал в себе подсистемы.

Классификация систем по структурам приводит с одной стороны, к выделению различных видов иерархических структур, с другой выделению систем с детерминированными и стохастическими связями. Их классификация носит весьма условный характер, грани между отдельными типами расписываются и определяются преимущественно отношением исследователя к изучаемой системе, а не реальной действительностью (рис. 1).

Логистические системы бывают сложные, динамические, стохастические, открытые, адаптирующиеся.

Всякая логистическая система состоит из ряда подсистем, которые находятся между собой в иерархическом подчинении. Эти системы взаимосвязаны между собой и оказывают друг на друга влияние, в то же время они могут функционировать автономно. В случае нормального функциониро-

вания всех подсистем состояние глобальной логистической системы не вызывает каких-либо сбоев. В случае сбоя в какой-то подсистеме нарушается целостность глобальной системы. Устойчивость – характеристика системы, показывающая ее способность возвращаться в состояние равновесия после воздействия внешних возмущений. Устойчивость логистической системы – это способность логистической системы сохранять динамическое равновесие со средой, способность системы компенсировать воздействие возмущений.



Рис. 1. Классификация логистических систем

Часто нарушение устойчивости системы свидетельствует о появлении в ее составе расходящихся процессов, которые не поддаются управлению и немедленно приводят к дезинтеграции всей системы. В процессе своего развития логистическая система постоянно переходит из устойчивого состояния в неустойчивое и обратно. Одним из существенных факторов риска нарушения устойчивости транспортно-логистической системы является уровень БДД.

Сфера БДД и многие ее подсистемы обладают всеми признаками сложных или больших систем (наличие общесистемных целей, сложность структуры образующих систему элементов, разнообразность их природы, многообразие и стохастичность процессов функционирования; сложность и взаимосвязанность поведения; иерархичность и способность подвергаться декомпозиции; устойчивость к внешним и внутренним возмущениям; многокритериальность; многообразие научных приемов исследования и т. д.), которые объясняют трудности ее формализации (математического описания, базирующегося на строгом знании природы системы), а значит и автоматизации, трудности познания ее свойств, эффективной организации, а значит и качественного управления.

В связи с вышесказанным целесообразно выделить БДД в самостоятельную подсистему транспортно-логистической системы, что обусловлено, во-первых, влиянием факторов БДД на все уровни и подсистемы транспортно-логистической системы, а во-вторых – специфическими особенностями элементов системы БДД.

Начальным этапом логического построения подсистемы БДД является понимание того, что проблемы безопасности движения надо научиться решать раньше, чем расширять каналы логистического распределения (в т.ч. дорожную сеть). Это связано с тем, что расширение небезопасной сети – угроза национальной безопасности. В первую очередь необходимо пересмотреть пригодность принципов обеспечения БДД к условиям высокого уровня автомобилизации в области:

- установки пограничных показателей безопасности для дорожной системы на основе биомеханической толерантности организма человека. Подобные предельные значения ранее рассматривались только в отношении влияния окружающей среды на здоровье человека, но никогда не применялись в отношении дорожного травматизма;

- распределения ответственности за БДД (исполнительные органы власти, дорожное хозяйство, ГИБДД, образование, здравоохранение, общественные организации, бизнес).

Основные этапы реализации предлагаемого подхода к повышению БДД показаны на рис. 2.



Рис. 2. Этапы реализации подхода к повышению безопасности дорожного движения.

В основу первого этапа заложен системный подход, который:

- рассматривает во взаимодействии все компоненты динамической дорожно-транспортной системы (человек – автомобиль – дорога) и все факторы, вызывающие ДТП;
- выявляет скрытые проблемы взаимодействия, выпадающие из поля зрения при разрозненном рассмотрении факторов риска;
- позволяет более точно ставить цели, разрабатывать стратегии, формулировать задачи и оптимизировать их решение;
- позволяет осуществлять более детальный и качественный контроль достижения результатов.

Второй этап основывается на том, что при объявлении жизни человека как высшей ценности, сообщество уже не может позволить себе мириться с гибелью и увечьями в результате ДТП. Заказом сообщества становится создание транспортной системы, безопасной для пользователей.

На третьем этапе в основу подхода, нацеленного на предупреждение ДТП и снижение тяжести последствий, положены законы физики, ограничения физиологии и психики человека, в отличие от предшествующего подхода, где основой для дорожного проектирования служили только законы физики. Диапазон безопасного дорожного движения должен определяться устойчивостью человеческого организма к механическим и психическим нагрузкам в процессе движения в составе плотных транспортных потоков.

В рамках системного подхода все компоненты транспортно-логистической системы, включая дорожную инфраструктуру и транспортные средства, взаимоувязаны и направлены на цель – обеспечение плавного движения потоков с заданной скоростью при минимальной вероятности совершения участниками дорожного движения ошибок, способных привести к ДТП.

Четвертый этап основан на практическом опыте: практика показывает, что полностью исключить ошибки в процессе дорожного движения невозможно, в связи с этим:

- на сложных участках дорог ошибки должны программироваться;
- транспортная инфраструктура должна помогать минимизировать вероятность совершения ошибок и снижать тяжесть последствий, если эти ошибки все-таки происходят.

На пятом этапе ответственность должна распространяться не только на компетентные органы, но и на СМИ, органы здравоохранения, образования, культуры, архитектуры и градостроительства, торговли, охраны окружающей среды, юстиции, а также на гражданское общество.

В рамках шестого этапа существует два способа планирования улучшений:

1. Традиционный способ, когда за отправной пункт принимаются исторические данные, от которых отталкиваются прогнозы возможных сценариев развития событий;
2. Принятие в качестве ориентира идеального желательного состояния БДД (идеальной модели):
 - а) определение видения идеальной модели транспортно-логистической системы, которая отражает желаемые критерии безопасности;
 - б) сравнение идеальной модели с существующим состоянием системы;
 - в) постановка целей и задач оптимизации;
 - г) определение направлений деятельности для достижения целей (программа) и задач (проекты);
 - д) расчет индикаторов (мониторинг), анализ отклонений, корректировка планирования последующих шагов (программ и проектов).

Предлагаемый подход и новые представления о БДД позволят стимулировать большое количество инноваций в автомобилестроении, в проектировании, строительстве, эксплуатации и обустройстве дорог, в подготовке водителей и продвижении безопасности для формирования социальной среды, корректирующей нежелательное поведение людей отдельных групп риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларин, О.Н. Методологические основы организации и функционирования транспортной системы региона: монография / О.Н. Ларин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 207 с.
2. Ларин, О.Н. Теоретические аспекты взаимодействия видов транспорта в логистических системах / О.Н. Ларин // Логистика: современные тенденции развития: материалы VII Международной научно-практической конференции; отв. ред.: В.С. Лукинский, С.А. Уваров, Е.А. Королева. – СПб.: СПбГИЭУ, 2008. – С. 138–140.
3. Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В., Цвиринько И.А. Логистика автомобильного транспорта (Концепция, методы, модели). М: Финансы и статистика, 2000.

Коновалова Татьяна Вячеславовна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Tatyana V. Konovalova – Candidate of economic sciences, associate professor, Head of the chair «Organization of transportation and road traffic» Kuban state technological University

Котенкова Ирина Николаевна – старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Irina N. Kotenkova – Senior Lecturer of the chair «Organization of transportation and road traffic» Kuban state technological University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 378.1; 656.078

А.Н. Клименков

ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Проведен анализ состояния современного рынка транспортного образования. Рассмотрены основные задачи транспортной отрасли в свете реализации Транспортной стратегии России на период до 2030 года. Представлены вопросы взаимодействия и перспективы развития образования и современной транспортной отрасли.

Транспортное образование, подготовка кадров, развитие транспорта, рынок труда

A.N. Klimenkov

TRANSPORT EDUCATION: PROBLEMS AND PROSPECTS

The analysis of current market transport education. The main objectives of the transport sector in the light of the implementation of the Transport Strategy of Russia until 2030. Presents issues of cooperation and prospects of education and modern transportation industry.

Transportation education, training, development of transport, labor market

Система отраслевого транспортного образования достойно выдержала ещё одну основательную проверку временем, показала свою живучесть, высокий потенциал и устойчивые перспективы развития. Вместе с тем, есть ряд проблем, которые должны быть решены в ближайшее время, чтобы вузы транспорта сохранили ведущие позиции в системе отечественного профессионального образования и получили право на достойную поддержку со стороны государства. Вузы транспорта практически не получают государственные дотации на проведение капитального и текущего ремонта зданий и сооружений, модернизацию учебно-лабораторной базы и приобретение нового оборудования. Наконец, по-прежнему острой остаётся проблема достойной оплаты труда профессорско-преподавательского состава, поддержки молодых учёных.

Ситуацию осложняет новый закон об образовании в РФ, принесший ряд дополнительных проблем, связанных с новым порядком целевого набора, условиями оплаты бюджетного образования, отсутствием государственного лицензирования на программы ДПО.

Отрасль стоит перед острой необходимостью создания инновационной системы подготовки кадров для отрасли и научного обеспечения развития транспорта.

На сегодня подобную точку зрения разделяет новое руководство Министерства транспорта РФ и ведущих транспортных компаний. Перспективы развития высшей транспортной школы несомненны, тем более что эта школа занимает лидирующие позиции в русле реализации государственной политики в сфере образования.

Подготовка высококвалифицированных кадров является одной из основных задач кадровой политики Министерства транспорта РФ, направленной на обеспечение безопасности и конкурентоспособности на рынке транспортных услуг.

В образовательных комплексах транспорта сконцентрированы ресурсы для подготовки специалистов всех уровней профессионального образования: начального, среднего, высшего, послевузовского и дополнительного, что позволяет обеспечить потребности организаций транспортной отрасли в подготовке, повышении квалификации и переподготовке специалистов. Общий контингент обучающихся составляет на сегодня более 300 тыс. человек, что подтверждает интерес к транспортному образованию.

Образовательными учреждениями отрасли продолжается профориентационная работа по привлечению абитуриентов, наиболее подготовленных с точки зрения знаний и мотивации к обучению с последующим трудоустройством в отрасли.

Цифры ежегодных выпусков говорят о стабильной ситуации в области подготовки кадров для транспортной отрасли. Но все равно, по основным транспортным специальностям налицо нехватка квалифицированных кадров.

Доля очной формы в контингенте приема на первый курс ВПО увеличилась за 2008–2012 гг. с 64% до 71%. При этом контингент первокурсников-очников СПО остался практически на прежнем уровне (рост с 74 до 77%).

Также надо отметить, что по профильным специальностям доля студентов, обучающихся по бюджетной форме, не ниже, а порой даже и выше доли тех, кто обучается на контрактной основе. Это касается учебных заведений всех видов транспорта как высшего, так и среднего профессионального образования.

Что же касается конечного результата, т.е. трудоустройства выпускников, то динамика оставляет желать лучшего. Для того чтобы переломить негативную тенденцию, необходимы объединенные усилия вузов, Минтранса и работодателей.

Чтобы вывести транспортное образование на мировой уровень, необходимо соответствующим образом мотивировать преподавательский состав вуза. К сожалению, профессия преподавателя вуза не привлекает молодых людей, да и людей среднего возраста. Причины искать не надо – низкая зар-

плата, отсутствие социальных гарантий и при всем при этом необходимость профессионального роста, общение порой с очень непростым контингентом.

Отечественная система высшего и среднего специального образования находится в движении и развитии, встраиваясь, благодаря Болонской конвенции, в международную образовательную систему. И важно, чтобы для выпускника российского вуза диплом о высшем профессиональном образовании послужил надежным пропуском в мир.

Техника и технологии сегодня требуют качественной, глубокой подготовки. Сеть высших учебных заведений транспорта изначально складывалась исходя из потребностей отрасли и в соответствии с географическим принципом – по мере развития транспортной сети появлялась потребность в специалистах на местах, которую нужно было удовлетворять.

Говорить об избытке транспортных вузов в этой ситуации не вполне корректно. Во всяком случае, больше их за последние годы не стало – не появилось ни одного частного транспортного вуза, а некоторые вузы были объединены.

В советское время была создана продуманная система профессионального образования. Школа, ПТУ, техникум, ВУЗ, аспирантура, докторантура. С распадом системы централизованного трудоустройства возникла неопределенность в необходимом количестве подготовки специалистов той или иной квалификации, и это привело к хаосу, когда количество низко-квалифицированных юристов, менеджеров и иных, слабо воспринимаемых специалистов, привело к серьезной дискредитации самой системы образования всех уровней.

В советское время специальное высшее образование строилось по отраслевому принципу и министерства знали, какие специальности и какое количество специалистов для отрасли необходимо. То есть существовала обратная связь. Затем предприятия перешли в частные руки, многие из которых были ликвидированы, количество министерств резко сократилось. Таким образом, обратная связь практически исчезла. Остались обобщенные показатели: количество студентов – бюджетников, количество средств выделяемых на высшее образование. Минобрнауки не имеет информации от частного сектора о количестве и качестве специалистов необходимых им.

Задачи развития транспортной системы России, изложенные в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г., могут быть решены только при наличии достаточного количества квалифицированных специалистов. Одними из основных направлений работы Минтранса РФ должны стать совершенствование программ подготовки и повышения квалификации персонала, совершенствование системы государственного контроля качества, а также широкое применение специализированных тренажеров, сохранение целевой формы обучения студентов, развитие государственно-частного партнерства между работодателями, учебными учреждениями и органами власти.

Наибольшая численность работников транспортной отрасли сосредоточена на автомобильном и железнодорожном транспорте. На автомобильном транспорте работают также многочисленные индивидуальные предприниматели. Кроме работников организаций собственно транспорта следует принять во внимание также лиц, работающих в сфере логистики и транспортной инфраструктуры.

Сегодня на российском рынке труда наблюдается явная нехватка квалифицированных инженеров, в том числе и в транспортной отрасли. По данным Минтранса, дефицит квалифицированных кадров по отрасли составляет более 40 тыс. человек.

Рекрутеры кадровых агентств отмечают увеличение количества запросов на инженеров-конструкторов и инженеров по направлениям: механика, гидравлика, электрика, грузозахватные средства, монтажно-стыковочное оборудование и т.д. Инженеры на транспорте могут найти себя и в логистических компаниях различного уровня, в маркетинговых и транспортно-экспедиционных службах, в системе материально-технического обеспечения оптовой и розничной торговли транспортной техникой, запасными частями, комплектующими изделиями и материалами, необходимыми в эксплуатации.

По данным рекрутингового портала Superjob, в течение второго полугодия 2012 г. увеличилось число работодателей, готовых взять на работу выпускников вузов 2012 г. без опыта работы (66% в июне против 57% в январе). Компании готовы брать на работу высоко мотивированных выпускников, чья активность и работоспособность могут принести пользу.

Из приведенных цифр статистики можно сделать вывод, что в ближайшие 20-30 лет, и в самой отдаленной перспективе спрос на профессию специалиста-транспортника не только сохранится, но и возрастет. Мода на транспортную профессию будет всегда. Выбирая транспортную профессию, следует учитывать ее распространенность, что в дальнейшем обеспечит возможность трудоустройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.mintrans.ru>,
2. www.transportrussia.ru.
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие транспортной системы». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г № 2600-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=19443
4. Доклад Министра транспорта РФ Максима Соколова «Обновление Транспортной стратегии: доступность, мобильность, качество» на пленарном заседании форума «Транспорт России» 6 декабря 2012 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.mintrans.ru/news/interviews/detail.php?ELEMENT_ID=19285

Клименков Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой «Естественнонаучные дисциплины» Московского государственного университета путей сообщений (МИИТ)

Andrey Klimenkov - Ph.D., Associate Professor, Deputy Head of Department «Pure Sciences» Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656

А.А. Изюмский, С.Л. Надирян, И.С. Сенин

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОФИЛАКТИКИ ДЕТСКОГО ТРАВМАТИЗМА НА ДОРОГАХ

В статье рассмотрены основные направления профилактики детского травматизма на дорогах. Детский травматизм в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) стоит на первом месте среди причин получения увечий и возникновения смертельных случаев для детей от 4 до 14 лет. Только постоянная работа всех участников движения по защите нашего подрастающего поколения может дать существенный и стабильный результат в деле предотвращения детского травматизма от ДТП.

Транспорт, дорожно-транспортное происшествие, риск, травматизм, дорога, дети

A.A. Izyumsky, S.L. Nadiryan, I.S. Senin

THE MAIN DIRECTIONS OF PREVENTION OF CHILDRENS TRAUMATISM ON ROADS

In the article the basic directions of the prevention of child injuries on the roads. Children's injuries as a result of road and transport incidents (road accident) is on the first place among the causes of injuries and causes of deaths for children from 4 to 14 years. The only constant work of all participants of the movement for the protection of our rising generation can give a substantial and stable result in the prevention of child injuries from road accidents.

Transport, road accident, the risk, of injury, the road, the children

Детский травматизм в результате дорожно-транспортных происшествий стоит на первом месте среди причин получения увечий и возникновения смертельных случаев для детей от 4 до 14 лет. Основная причина всех несчастных случаев с детьми на дороге заключается в несоблюдении правил дорожного движения, как водителями транспортных средств, так и детьми.

Травмы, полученные в результате наезда на ребенка транспортного средства, особенно тяжелы. Анализ реальных наездов и имитация аварий с манекенами показали, что летальный исход в 80%

всех случаев вызван травмами головы – причем как от вторичных ударов об асфальт при падении сбитого человека, так и при контакте с автомобилем.

Как показывает практика, организация работы по профилактике детского дорожно-транспортного травматизма имеет ряд недостатков, особенно на уровне образовательных учреждений.

Дорожно-транспортное происшествие – это трагедия, и в этом случае «личный» опыт ребенка недопустим и должен быть заменен на опыт, накопленный обществом. Поэтому так важно обучение детей поведению на улице с учетом их психологических и физиологических особенностей.

Психологи уже давно установили, что дети в силу своих возрастных психологических особенностей не всегда могут правильно оценить мгновенно меняющуюся обстановку на дороге, часто завышают свои возможности. Иногда просто повторяют то, что делают в таких случаях взрослые. Однако детский организм находится в состоянии становления. Многие процессы подвижны и неустойчивы. Отсюда и такая разная реакция детей и взрослых на одни и те же дорожные ситуации.

Специальными исследованиями установлено, что дети иначе, чем, взрослые переходят через дорогу. Взрослые, подходя к проезжей части, уже издалека наблюдают и оценивают создавшуюся ситуацию. Дети же начинают наблюдение, только подойдя к краю дороги или уже находясь на ней. В результате – мозг ребенка не успевает обработать информацию и дать правильную команду к действию. Кроме того, дети младшего возраста переносят в реальный мир свои представления из микромира игрушек. Например, убеждение в том, что реальные транспортные средства могут в действительности останавливаться на месте также мгновенно, как и игрушечные.

Рост ребенка – серьезное препятствие для обзора окружающей обстановки: из-за стоящих транспортных средств ему не видно, что делается на дороге, в то же время он сам не виден из-за машин водителям. Ребенок может не услышать звука приближающегося автомобиля или другого сигнала не потому, что он не умеет их различать, а из-за отсутствия у него постоянного внимания. Внимание детей избирательно и концентрируется не на предметах, представляющих опасность, а на тех, которые в данный момент интересуют его больше всего, да и скорость восприятия звукового сигнала у детей гораздо меньше, чем у взрослых.

У детей короче шаг и меньше сектор обзора на 15-20%, к тому же замедленная реакция на опасность (3-4 секунды вместо 0,8-1 у взрослых). При приближении грузового автомобиля, даже если он движется с большой скоростью, ребенок реже рискует пересекать проезжую часть, однако недооценивает опасность небольшой, легкового автомобиля, приближающейся с большой скоростью.

На детей большое внимание оказывают эмоции. Радость, удивление, интерес к чему-либо заставляют забывать об опасности, которой они могут быть подвергнуты. На поведение детей на дороге влияет даже различие темпераментов. Это отчетливо проявляется в стиле перехода дороги.

Так, например, у ребенка-холерика с присущей ему «нетерпимостью» при продолжительной, с его точки зрения, задержке при переходе дороги нередко возникает специфическое состояние эмоционального дискомфорта, поскольку такая задержка явно противоречит его психофизической сути. Ребенок стремится прервать такую задержку даже за счет увеличения риска. Он начинает лавировать между машинами или перебегать дорогу перед близко идущим транспортом.

Ребенок с меланхолическим типом темперамента, теряющийся в сложных ситуациях, начинает переход в режиме психического напряжения. А если учесть, что ему приходится в течение дня неоднократно пересекать проезжую часть, то постепенно накапливаются чрезмерное психическое напряжение, раздражение, утомление и, в конечном итоге, возникает чувство страха. Следовательно, каждый родитель должен хорошо знать особенности темперамента своего ребенка с тем, чтобы учесть их при обучении навыкам безопасного поведения на дороге.

Следует также учитывать, что на ребенка вследствие его роста воздействия выхлопных газов более интенсивно. Это может привести к замедлению реакции, снижению внимания, а в отдельных случаях и к потере сознания.

Чем труднее ситуация для ребенка, тем он медленнее и неправильно принимает решение.

Необходимо учесть, что основной способ формирования у детей навыков поведения – наблюдение, подражание поведению взрослых и, прежде всего, родителей. Многие родители, не понимая этого, личным примером обучают детей неправильному и опасному поведению.

Реальные дорожные ситуации дети, как правило, встречают в лучшем случае вместе с родителями, в худшем самостоятельно.

Рассмотрим наиболее типичные ситуации.

1. Одной из самых распространенных ситуаций, приводящих к ДТП, является ситуация закрытого обзора. Это моменты на дороге, когда опасность скрыта от пешехода за какими-либо пред-

метами. В данном случае опасность представляет движущийся автомобиль, который не видит пешеход и по той же причине водитель автомобиля не видит пешехода. Дети склонны воспринимать стоящие у края дороги автомобили как некую защиту. Этот миф нужно разрушить и чем раньше, тем лучше.

2. Обходить автобус ни спереди, ни сзади нельзя. Формулировка «Обходи автобус сзади, а трамвай спереди» крайне опасна в современном транспортном мире. На остановках общественного транспорта скапливается большое количество автобусов, водителей которых больше заботит, к сожалению, не безопасность, а желание быть первыми на следующей остановке. Остановки общественного транспорта устроены таким образом, что рядом с ними располагаются либо пешеходный переход, либо перекресток. Но если ни того ни другого нет, то отчаиваться не надо. Задача безопасного перехода заключается в том, чтобы проезжая часть была открыта взором во всех направлениях. Для этого нужно отойти от автобуса на такое расстояние, чтобы дорога хорошо просматривалась в обе стороны либо подождать, когда транспортное средство уедет и с соблюдением правил осторожности перейти на противоположную сторону дороги.

3. Медленно приближающийся автомобиль опасен тем, что из-за него в любой момент может выехать другой на большей скорости. Часто пешеход, заметив медленно приближающийся автомобиль, решает, что успеет перейти дорогу и принимает решение переходить.

4. Самыми опасными местами на проезжей части являются перекрестки и остановки общественного транспорта. В районе остановок легко попасть в дорожную ловушку «концентрация заинтересованного внимания». У спешащих к автобусу людей угол бокового зрения сильно сужается, следовательно, внимание притупляется.

5. Детей всегда привлекает то, что им интересно. Нужно знать, что в эту ловушку родители довольно часто загоняют своих собственных детей. Звать к себе детей, которые находятся на противоположной стороне проезжей части очень опасно. Реакция у детей на звуки замедлена. Поэтому на крик «Стой!» они реагируют с опозданием, тогда как движение на проезжей части не останавливается и не замедляется.

Нельзя пугать ребенка опасностями на дороге. Ему не нужно ее бояться. Чувство страха вводит человека в оцепенение и чем сложнее ситуация, тем не правильнее будут, в таком случае, его действия. Чем больше родители будут обращать внимание на те или иные особенности дорожного движения, тем больше ребенок будет готов к участию в дорожном движении.

Большую ошибку совершают те родители, в семьях которых есть личный транспорт. Дети, которых постоянно перевозят в салоне машины воспринимают правила движения со стороны водителя и даже будучи школьниками такие ребята плохо ориентируются в дорожном движении в качестве. Поэтому родителям необходимо использовать любую возможность для обучения.

Если у детей есть проблемы со слухом или зрением, то это тоже нужно учитывать. Одного беглого взгляда по сторонам недостаточно, необходимо выработать привычку постоянно смотреть по сторонам, это правило надо закреплять до автоматизма, путем многократного повторения его вместе с ребенком.

Самое действенное воспитание – пример взрослого. Иными словами, успех профилактики детского дорожно-транспортного травматизма во многом зависит от сознательности, личной культуры и дисциплинированности самих родителей – вы являетесь примером для своих детей!

Еще один важный момент, на который бы хотелось обратить ваше внимание – перевозка детей в салонах автомобилей. Согласно пункта 22.9 ПДД перевозка детей допускается при условии обеспечения их безопасности. Дети в возрасте до 12 лет должны перевозиться с использованием специальных детских удерживающих устройств, соответствующих весу и росту ребенка или иных средств, позволяющих пристегнуть ребенка с помощью ремней безопасности. Перевозка на переднем сиденье должна осуществляться только с использованием детского удерживающего устройства.

Часто приходится видеть, что малыш едет в машине, удобно устроившись на руках матери. Однако это очень опасно. В момент резкого торможения (неожиданного удара) автомобиля, двигавшегося со скоростью 50 км/ч вес ребенка возрастает в 30 раз. Удержать в руках не десять, а добрых три сотни килограммов сложно. К тому же велика вероятность того, что взрослый человек может прижать ребенка в панели и спинке сиденья. Стационарные ремни безопасности не подходят для детей, они рассчитаны на людей ростом 150 см. Какой же выход можно найти? Покупать кресла родители не хотят – якобы дорого, хотя жизнь ребенка куда дороже (только понимают это по большей части те, чьи дети получили серьезные травмы или погибли в результате ДТП). ДУУ «Фэст» позволяет адаптировать стационарный ремень к детям и подходит для детей весом от 9 до 36 кг. Оно не до-

пускает сползания плечевой части ремня к лицу или шее ребенка. Риск получения травмы снижается за счет того, что пристегнутый с помощью ДУУ ребенок, сидит на достаточном расстоянии до впереди стоящего кресла либо от панели приборов. Однако применение данного устройства в автомобилях, оборудованных «подушкой безопасности» переднего пассажира возможно только при отключении последней.

Предусмотренное правилами разрешение перевозки ребенка до 12 лет на переднем сидении в специальном удерживающем устройстве, а с 12 лет на переднем сидении ребенка, пристегнутого ремнем безопасности, вкоре ошибочно.

Данная трактовка дает водителю иллюзорное оправдание на возможность посадки ребенка на переднее сидение, что с точки зрения безопасности – неоправданный риск. Поэтому место детей в автомобиле на задних сидениях, а при перевозки одного ребенка - за водительским сиденьем.

Только постоянная работа всех участников движения по защите нашего подрастающего поколения может дать существенный и стабильный результат в деле предотвращения детского травматизма от ДТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов В.А., Попова Е.П., Дивочкин О.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. М.: Транспорт, 1987. 128 с.
2. Коновалова Т.В., Науменко М.А. Введение в экономику дорожного движения: учеб. пособие. Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2011. 156 с.
3. Громов Н.Н. Единая транспортная система. М.: Транспорт, 1987. 72 с.

Изыумский Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Alexander A. Izyumsky – Ph.D., associate Professor of the «Organization transport and road traffic» Kuban state technological University

Надирян София Леоновна – ассистент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Sofia L. Nadiryan – assistant of the department «Organization of transportation and road traffic» Kuban state technological University

Сенин Иван Сергеевич – старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Ivan S. Senin – senior lecturer of the Department «Organization transport and road traffic» Kuban state technological University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 658.7

А. Е. Ерина

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В МИКРОЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АВТОМОБИЛЬНОГО КОНЦЕРНА

Анализируется современное состояние автомобильной промышленности России и мира. Приводится спектр проблем, связанных с функционированием автомобильных концернов, для решения которых необходимы системные преобразования, развитие и организация высокотехнологичного производства. Предлагается модель оценки научно-технического уровня исследований и разработок предприятий автомобильной промышленности, позволяющая снизить риск неверных производственных решений.

Автомобильная промышленность, НИОКР, научно-технический уровень, экономико-математический метод, производственные стратегии.

A. E. Erina

MODEL OF ASSESSMENT OF RESEARCHES AND DEVELOPMENT SCIENTIFIC AND TECHNICAL LEVEL IN MICROLOGISTIC SYSTEM OF AUTOMOTIVE MANUFACTURING COMPANY

The current state of automotive industry of Russia and the world is analyzed. The author gives the range of the problems connected with functioning of automotive concerns for which decision system transformations, development and organization of hi-tech production are necessary is. The model of assessment of researches and development scientific and technical level of the automotive industry enterprises, which allowing to reduce risk of incorrect production decision are propose.

The automotive industry, research and development, scientific and technological level, economic and mathematical methods, production strategy

Автомобильная промышленность является по своей сути уникальной отраслью экономики. Полный цикл изготовления и коммерциализации автомобильного транспортного средства аккумулирует множество смежных отраслей. Успешность текущего состояния предприятий автомобильной отрасли и положительная инновационная динамика их развития предопределяет благосостояние ряда секторов экономики и отдельных компаний в частности. Функционирование автомобильной промышленности должно осуществляться с учетом эффективного движения материальных, информационных, трудовых, финансовых и сервисных потоков, обеспечивающих создание высокотехнологичного желаемого конечными участниками цепи поставок продукта, что предполагает интеграцию бизнес-процессов. Продуктивность и результативность работы предприятий автомобильной промышленности основано на инновационном успехе, благодаря проведению НИОКР (научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ). При этом основа указанных процессов кроется в применении логистики причем не только на входе и выходе, но и на всех этапах жизненного цикла изделия.

Современный рынок автомобильной промышленности отличается высококонкурентной средой. Анализируя изменение числа производимых автотранспортных средств в динамике за 5 лет (табл. 1), видим четкую тенденцию к увеличению рассматриваемого показателя после кризисного периода. Так, если в 2011 году автомобильная промышленность выпустила 79,88 млн. автомобилей, то в 2012 году с учетом прироста на 3,31 млн. автомобилей было произведено 84,14 млн. автомобилей. Таким образом, темпы прироста производства автомобилей в 2012 году увеличились практически в два раза. При этом объем продаж автомобилей меньше объема выпуска автомобилей.

Таблица 1

Объем выпуска и продаж автомобилей в мире

	2008 год	2009 год	Темп прироста	2010 год	Темп прироста	2011 год	Темп прироста	2012 год	Темп прироста
Произведено, млн. ед.	70,52	61,79	-8,73	77,7	15,91	79,99	4,15	84,14	3,31
Продано, млн. ед.	68,08	65,42	-2,66	74,62	9,2	77,93	3,8	81,73	2,29

Согласно рис. 1, в 2011 году было не реализовано 2,06 млн. выпущенных транспортных средств. В 2012 году было продано 97, 14 % произведенных автомобилей, что в численном эквиваленте составило 81, 73 млн.

В целом можно сказать, что если в 2011 году темпы прироста продаж превышали темпы прироста производства автомобилей, то в 2012 году ситуация была противоположной.

Проводя анализ статистических данных по состоянию автомобильной промышленности России, можно проследить иную тенденцию. В частности, был рассмотрен временной промежуток с 2005 года по 2012 год включительно (табл. 2).

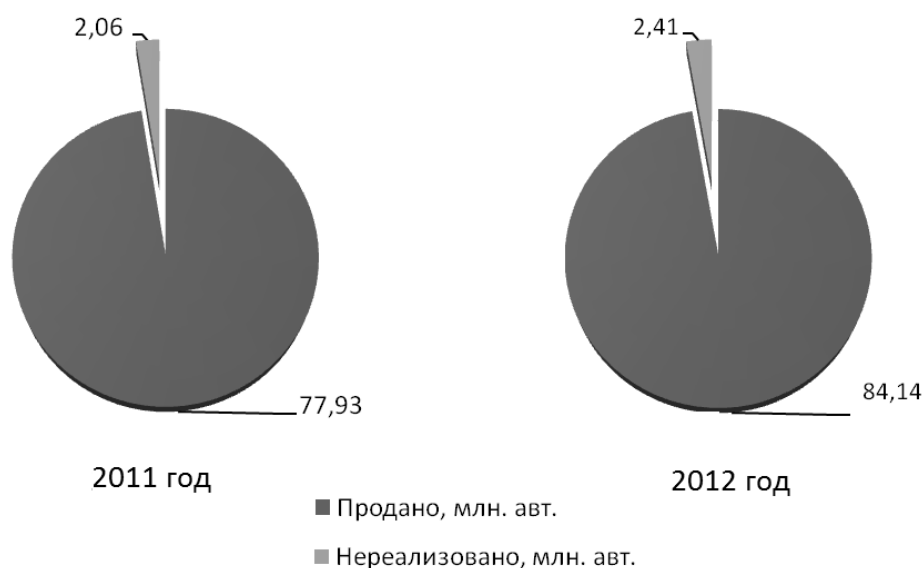


Рис. 1. Соотношение объема проданных и нереализованных автомобилей в мире в 2011 и 2012 годах

Таблица 2

Объем выпуска и продаж автомобилей в России

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Произведено, млн. ед.	1,35	1,51	1,66	1,79	0,73	1,40	1,99	2,23
Продано, млн. ед.	1,81	2,24	2,90	3,22	1,60	2,11	2,90	3,14

Видно, что объем продаж превышает объем производства. Кризисная ситуация в отрасли пришла на 2008 год, когда объем производства упал в 2,5 раза с отметки 1,79 млн. автомобилей до 0,73 млн. Несмотря на небольшие успехи компаний автомобильной промышленности в 2012 году, темпы роста производства автомобильной отрасли не удовлетворяют спрос населения. На сегодняшний день разрыв между спросом и предложением в рассматриваемой отрасли составляет около 29 %.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- выпускаемая продукция не соответствует ожиданиям потребителей;
- отмечается перенасыщение рынка автомобильной промышленности;
- производственные мощности автомобильных концернов, расположенных на территории России, не способны удовлетворить спрос населения.

Таким образом, мировая и российская автомобильная промышленность нуждается в системных преобразованиях. НИОКР являются ключевым фактором в решении возникших проблем, с которыми столкнулась отрасль. Развитие и организация высокотехнологичного производства позволит формировать и поддерживать сильные конкурентные позиции компаний автомобильной промышленности. Без развития отрасли на основе инновационного подхода компании автомобильной промышленности будут находиться на грани риска. При этом большое внимание должно уделяться соотношению «расходы на НИОКР – эффективность НИОКР». В частности проиллюстрируем картину 2011 года. Среди 20 топовых компаний по объему затрат на исследования и разработки есть 5 предприятий автомобилестроения (табл. 3).

Таблица 3

Затраты на исследования и разработки, млрд. долл.

Компания	Ранг	Затраты на исследования и разработки, млрд. долл.
Toyota	1	9,9
General Motors	2	8,1
Volkswagen	3	7,7
Honda	4	6,6
Daimler	5	5,8

Согласно представленным данным, ориентируясь на величину размера затрат на исследования и разработки в млрд. долларов, можно было бы сказать, что наиболее инновационной компанией является Toyota, однако пересчет этих затрат в проценты от выручки, не позволяет подтвердить первое (табл. 4).

Таблица 4

Затраты на исследования и разработки, % от выручки

Компания	Ранг(предыдущий ранг)	Затраты на исследования и разработки, % от выручки
Volkswagen	1(3)	3,5
Daimler	2(5)	3,9
Toyota	3(1)	4,2
General Motors	2(4)	5,4
Honda	4(5)	6,5

Ранжируя перечисленные в табл. 4 компании автомобилестроения по критерию «процент от продаж» ставим предприятие Toyota на 3 место.

Таким образом, объем затрат на НИОКР не всегда является абсолютным показателем научно-технического уровня организации, что обусловлено неэффективным использованием затрачиваемых средств. В связи с чем, проводимые НИОКР должны базироваться на трех принципах:

- совершенствование организации НИОКР;
- повышение эффективности НИОКР;
- оценка будущих рисков.

Реализуемые предприятием автомобильной промышленности НИОКР направлены на повышение потенциала и конкурентоспособности производимых автомобилей, достижение глобальных преимуществ как на микроуровне (в пределах страны локализации), так и на макроуровне (экспортный потенциал) в рамках кратко-, средне- и долгосрочных перспектив.

С учетом указанных особенностей и принципов организуемых НИОКР, а также ожидаемых результатов представляется важным расчет научно-технического уровня результатов НИОКР. Предлагаемая модель оценки научно-технического уровня базируется на экономико-математическом методе, применяемом в логистике. Используется теория статистических решений, обладающая набором приемов и методов для выбора оптимального решения при присущем НИОКР факторе неопределенности. Проводимые расчеты позволяют выбрать оптимальную производственную стратегию.

Поиск решения осуществляется в несколько этапов:

- анализ и представление в формализованном виде возможных событий;
- анализ и представление в формализованном виде возможных решений (производственных стратегий);
- составление матрицы значений научно-технического уровня разработок;
- нахождение решения с учетом принятого критерия.

Таким образом, матрица значений научно-технического уровня результатов организации при различных вариантах выпуска продукции и величины затрат будет выглядеть следующим образом (табл. 5):

Таблица 5

Матрица значений научно-технического уровня исследований и разработок организации

	Сметная стоимость НИОКР					
		Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_j
Производственные стратегии	X_1	L_{11}	L_{12}	L_{13}	...	L_{1j}
	X_2	L_{21}	L_{22}	L_{23}	...	L_{2j}
	X_3	L_{31}	L_{32}	L_{33}	...	L_{3j}

	X_i	L_{i1}	L_{i2}	L_{i3}	...	L_{ij}

При этом за $X_i, i = \overline{1, m}$ принимаются возможные производственные стратегии концернов.

Например, могут рассматриваться следующие производственные стратегии:

- концерн производит продукцию, превышающую наивысшие мировые достижения;

- концерн производит продукцию, отвечающую уровню мировых достижений;
- концерн продает запатентованные лицензии на производство продукции;
- комбинация производственных стратегий;

Y_j – возможные события, характеризующиеся различной сметной стоимостью НИОКР, где $j = \overline{1, n}$;

L_{ij} – научно-технический уровень разработок организации.

Для расчета используются такие данные как сметная стоимость проектов, сметная стоимость НИОКР, расходы на патентование технических решений, поступления от продажи лицензий.

В первую очередь отыщем наилучшее из возможных решений в том случае, когда величина возможных событий может равновероятно принимать различные значения. Часто такая ситуация складывается в силу невозможности определения вероятности наступления одного из них, а также когда позиция руководства концерна – нейтральна. Нередко у компании есть несколько разработок, однако руководитель не может решиться какая из них наиболее успешная. В этом случае решение основано на нахождении максимального результата из средних, подсчитанных по всем возможным событиям. Таким образом, в условиях равновероятности каждой из возможных сметных сумм НИОКР компании следует ориентироваться на выпуск продукции, научно-технический уровень которой будет максимальным из средневозможных и будет определяться по следующей формуле:

$$L = \max_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n L_{ij} \right\}, \quad (1)$$

Далее найдем вариант производственной стратегии для рассматриваемой компании сна основе критерия минимального риска. Решение основывается на нахождение минимального значения упущенных выгод при различных вариантах производственных стратегий и стоимости НИОКР:

$$L = \min_i \left\{ \max_j K_{ij} \right\} \quad (2)$$

где

$$L'_{ij} = \max_j K_{ij} \quad (3)$$

В условиях, когда в автомобильной отрасли все стабильно, концерн имеет стабильную группу клиентов- «приверженцев марки», руководство уверенно в успехе компании, то следует свое решение о выборе производственной стратегии основывать на оптимистическом критерии.

$$L = \max_i \left\{ \max_j K_{ij} \right\} \quad (4)$$

Напротив, возможны ситуации, когда оценка макроокружения компании не позволяет руководству быть настолько оптимистичным при принятии решения. В этом случае, для каждой альтернативы выбираем самую худшую ситуацию и среди них отыскивается гарантированный максимальный эффект. Соответственно, научно-технический уровень организации равен:

$$L = \max_i \left\{ \min_j K_{ij} \right\} \quad (5)$$

Также возможна ситуация, когда компании следует ориентироваться на поиск решения на основе компромисса. Для нахождения решения рассматриваем излишне пессимистический исход и самую лучшую оценку научно-технического уровня разработок. В расчетах используется коэффициент пессимистической оценки. При этом под коэффициентом пессимистической оценки понимается усредняемая экспертным путем возможность наступления самой худшей ситуации (принимается в долях от 0 до 1). В этом случае компании следует ориентироваться на выпуск продукции, научно-технический уровень которой будет определяться следующим образом:

$$L = \max_i \left\{ c \min_j K_{ij} \right\} \cup \left\{ (1-c) \max_j K_{ij} \right\} \quad (6)$$

где c – коэффициент пессимистической оценки.

После проведения расчетов предлагается систематизировать и структурировать полученную информацию. В частности предлагается соотносить варианты производственных стратегий, рассмот-

ренные критерии в условиях проведения SWOT-анализа и использования стратегии 4P (рис.2). Такой подход позволяет наиболее полно охватить микро-, мезо- и макросреду предприятия, максимально снижая риск неверных производственных решений.

Выбор наилучших решений в условиях неполной информации - одна из важнейших задач в организациях при проведении НИОКР. Рассмотренная модель позволяет заранее определить уровень научно-технической организации в соответствии с возможностями наступления ряда событий и выбрать производственную стратегию. Расчет показателей и их визуализация с помощью предложенных форм открывает нам новые методы в определении перспективных направлений разработок в автомобильной промышленности, реализации проектов развития предприятия и отрасли в целом.

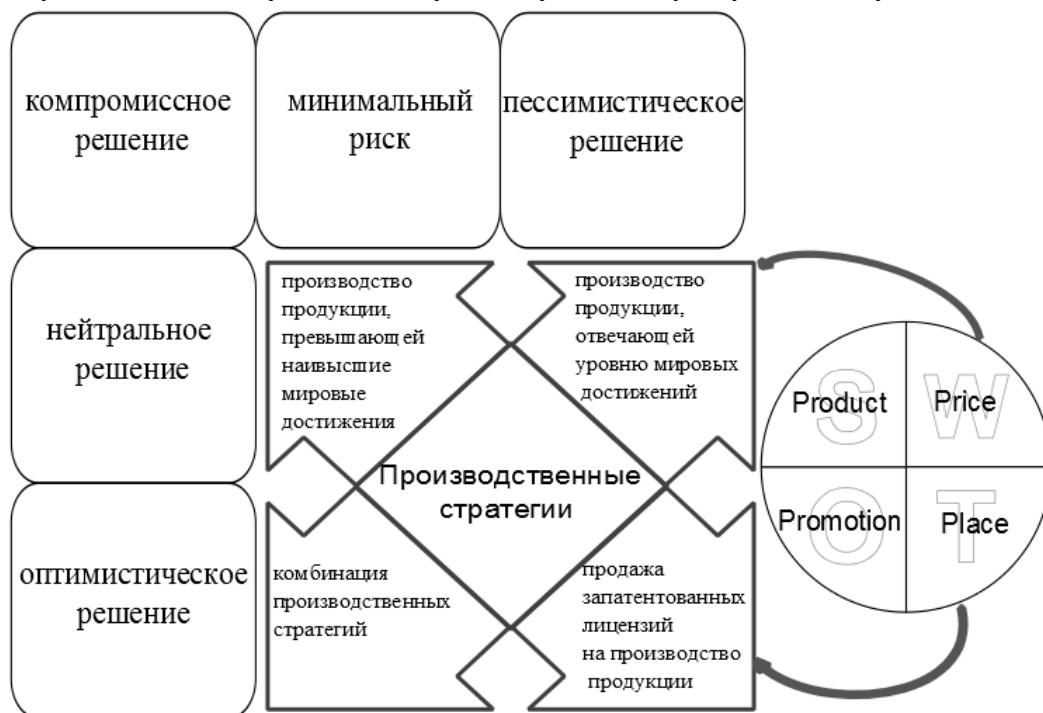


Рис. 2. Визуализация выбора производственной стратегии автомобильного концерна

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Бродецкий, Г. Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности : учебник / Г. Л. Бродецкий. М. : ИЦ «Академия», 2010. 336 с.
2. <http://oica.net/>

Ерина Анна Евгеньевна – аспирант кафедры «Менеджмент туристического бизнеса» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Anna E. Erina – postgraduate student of Management of Tourism Business of Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК. 656.13

С.А. Гусев, Е.С. Мартынова

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКАМИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Проведен анализ существующих моделей управления запасами и их применимость для оптимизации величины заказываемых запасных частей для автотранспортного предприятия. Рассмотрены модификации формулы Уилсона, дано их математическое описание. Произведены расчеты по каждой из представленных моделей, дан анализ по-

лученных результатов. Наглядно представлены графики иллюстрирующие работу каждой модели. Даны соответствующие комментарии о возможности и необходимости использования логистических моделей к планированию процедуры заказов запасных частей автотранспортного предприятия.

Модель, запас, заказ, поставка, логистика, планирование, транспорт

S.A. Gusev, E.S. Martynova

APPLICATION OF MODELS OF SUPPLY OF SPARE PARTS OF MOTOR COMPANY

The analysis of existing models of inventory management and their application to optimize the amount of ordered parts for the motor company. A modification of Wilson's formula, given their mathematical description. Calculations for each of the models, the analysis of the results. Clearly shows graphs illustrating the operation of each model. Given appropriate comments on the possibility and necessity of using logistic models to the planning procedure orders of spare parts of motor transport enterprise.

Model, stock, order, delivery, logistics, planning, transport

Модель управления запасами должна дать ответ на два вопроса: сколько продукции заказывать и когда заказывать. Однако в действительности имеется значительное число моделей управления запасами, для решения которых используется разнообразный математический аппарат - от простых схем анализа до сложных алгоритмов математического программирования. Основными признаками классификации моделей управления запасами являются: расход, параметры пополнения запасов, издержки, связанные с формированием и поддержанием запасов, ограничения и стратегия управления. Согласно классификации различают детерминированные и вероятностные (стохастические) модели управления запасами. Если хотя бы один параметр является случайной величиной (процессом), модель будет стохастической, в противном случае – детерминированной.

Детерминированные модели оптимального размера хранения запасов с экономическим критерием оптимальности в виде суммарных затрат на хранение запасов и их пополнения за определённый цикл, строятся на основе известной из теории управления запасами модели Уилсона. В качестве альтернатив выступают общее количество периодов хранения $N_{\text{хр}}$ и количества перевозок $N_{\text{пер}}$ за цикл. Общие затраты на период определяются по формуле

$$S = S_{\text{пер}} + S_{\text{хр}} = C_{\text{пер}} * N_{\text{пер}} + C_{\text{хр}} * N_{\text{хр}} \quad (1)$$

$$N_{\text{пер}} = Q / q_{\text{пер}} \text{ и } N_{\text{хр}} = Q / q_{\text{хр}} \quad (2)$$

где S – общая сумма затрат аренды складского помещения и стоимости пополнения запасов за год; $S_{\text{пер}}$ – затраты на транспортировку руб.; $S_{\text{хр}}$ – затраты на хранение руб.; $C_{\text{пер}}$ – стоимость перевозки руб.; $N_{\text{пер}}$ – количество перевозок за год; $C_{\text{хр}}$ – стоимость хранения запаса за период руб.; $N_{\text{хр}}$ – количество периодов хранения запасов; Q – общий объём запасов за период т.; $q_{\text{пер}}$ – оптимальный объём перевозки грузов т.; $q_{\text{хр}}$ – оптимальный размер хранения партии запасов т. При использовании формулы (1) обычно полагается, что запас хранимый на складе обеспечивает полностью потребности в запасах. Это важное и достаточно существенное допущение, поскольку на практике реализовать подобное чрезвычайно трудно. Что касается среднего объёма перевозки для поддержания требуемого запаса $q_{\text{пер}}$, то поскольку он определяется для фиксированных размеров хранения запасов, то, очевидно, с изменением размера он также будет изменяться. Приведенные положения рассмотрим на основе практического примера расчета показателей системы поставок запасных частей для пассажирского автотранспортного предприятия.

Предприятие арендует склад площадью 120 м² для хранения запасных частей. Стоимость аренды склада в месяц составляет 50000 рублей. Объём заказа хранимого на данном складе составляет 4 т. Пополнение запасов происходит 1 раз в 2 месяца. Доставка запасных частей осуществляется наёмным транспортом. Объём одной доставки составляет 3 т., стоимость 15000 рублей.

$$N_{\text{пер}} = 24 / 3 = 8$$

$$N_{\text{хр}} = 24 / 4 = 6$$

$$S_{\text{пер}} = 18 * 8 = 144 \text{ тыс. руб.}$$

$$S_{\text{хр}} = 100 * 6 = 600 \text{ тыс. руб.}$$

$$S = 144 + 600 = 744 \text{ руб.}$$

Рассмотрим детерминированные модели оптимального размера хранения запасов более подробно.

Метод *линейной зависимости*.

$$q_{\text{пер}} = a - b * q_{\text{хр}} \quad (3)$$

$$m_0 = -a^2 \quad (4)$$

$$m_1 = 2ab \quad (5)$$

$$m_2 = bd - b^2$$

$$q_{\text{хр}} = \frac{-m_1 \pm \sqrt{m_1^2 - 4m_2m_0}}{2m_2} \quad (6)$$

Гиперболическая зависимость

$$q_{\text{пер}} = a / (b + q_{\text{хр}}) \quad (7)$$

$$q_{\text{хр}} = \sqrt{a / d} \quad (8)$$

S-образная зависимость (кривая Гомперца)

$$q_{\text{пер}} = a * b^{m^{q_{\text{хр}}}} \quad (9)$$

$$q_{\text{хр}} = \frac{d * \ln(b) * m^{q_{\text{хр}}} * \ln(m)}{a * b^{m^{q_{\text{хр}}}}} \quad (10)$$

Экспоненциальная зависимость

$$q_{\text{пер}} = a * \exp(-b * q_{\text{хр}}) \quad (11)$$

$$q_{\text{хр}} = \sqrt{\frac{a * \exp(-b * q_{\text{хр}})}{d * b}} \quad (12)$$

Степенная зависимость

$$\frac{1}{q_{\text{хр}}^2} = \frac{d * b * n * q_{\text{хр}}^{n-1}}{a^2 - 2 * a * b * q_{\text{хр}}^n + b^2 * q_{\text{хр}}^{2n}} \quad (14)$$

Произведем расчет по каждому методу. Найдём оптимальный размер запаса при интенсивности потребления запасов $b=0.15 \text{ т}$, соответствующей базовому размеру хранения партии груза 4 т . Соотношение затрат $d=1,5$.

Метод *линейной зависимости* (рис.1).

$$q_{\text{пер}} = 1,3 - 0,15 * 2 = 1,6 \text{ т}$$

$$m_0 = - 1,69$$

$$m_1 = -0,39$$

$$m_2 = 0,2$$

$$q_{\text{хр}} = \frac{-0,39 + \sqrt{0,39^2 - 4 * 0,2 * -1,69}}{2 * 0,2} = 2 \text{ т}$$

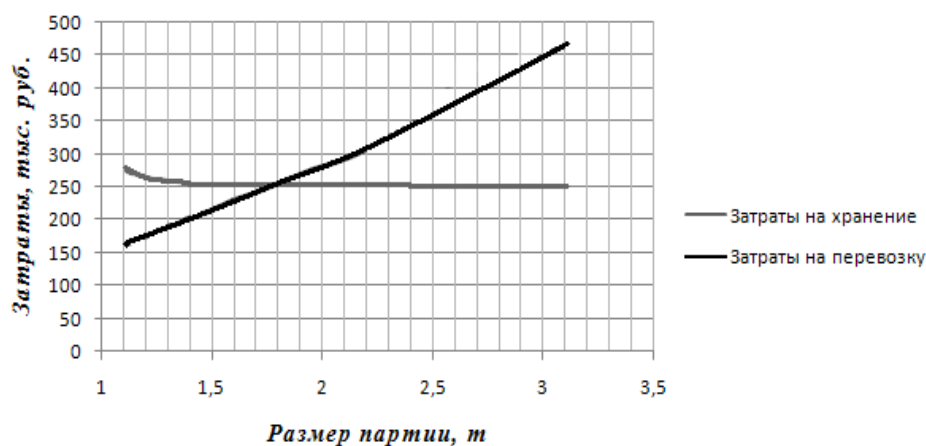


Рис. 1. Расчет по методу *линейной зависимости*

В результате расчетом по данному методу получилось, что оптимальный размер хранения запасов составляет 2 тонны в месяц. Так как размер хранения запасов уменьшился в 2 раза то и площадь арендуемых складских помещений уменьшится в 2 раза. Следовательно стоимость аренды склада составит 25000 рублей. Оптимальный объём перевозки грузов составит 1,6 тонны с периодичностью пополнения запасов 1 раза в месяц. Произведём расчет затрат связанных с арендой складского помещения и стоимостью пополнения запасов за год.

$$S=18000*24/1,6+25000*12= 490 \text{ тыс. руб.}$$

Гиперболическая зависимость

$$q_{\text{пер}} = 1,3 / (0,15+1,5) = 2 \text{ т}$$

$$q_{\text{хр}} = \sqrt{\frac{1,3}{1,5}} = 1,5 \text{ т}$$

В результате расчетом по данному методу получилось, что оптимальный размер хранения запасов составляет 1,5 т тонны в месяц, а оптимальный объём пополнения запасов 2 тонны (рис.2).



Рис. 2. Расчет с учетом *гиперболической зависимости*

Стоимость аренды склада при данном объёме хранения составит 187500 рублей. Для пополнения данного объёма запасов стоимость 1 перевозки составит 18000 рублей. Произведём расчет затрат связанных с арендой складского помещения и стоимостью пополнения запасов за год.

$$S=18000*24/2+18,75*12=500 \text{ тыс.руб.}$$

S-образная зависимость (кривая Гомперца)

$$q_{\text{пер}} = 1,3 * 0,5^{1,3^{0,59}} = 1,27 \text{ т}$$

$$q_{\text{хр}} = \sqrt{\frac{1,3 * 0,5^{1,3^4}}{1,5 * \ln(0,5) * 1,3^4 * \ln(1,3)}} = 1 \text{ т}$$

Оптимальный размер хранения запасов при использовании данного метода составляет 1 т тонны в месяц, а оптимальный объём перевозки грузов 1,27 тонны. Стоимость аренды склада при данном объёме хранения составит 12500 рублей. Для пополнения данного объёма запасов привлекаем так же автомобиль марки газель стоимость 1 перевозки составит 15000 рублей. Произведём расчет затрат связанных с арендой складского помещения и стоимостью пополнения запасов за год(рис.3).

$$S=15*24/0,48+12,5*12= 500 \text{ тыс. руб.}$$

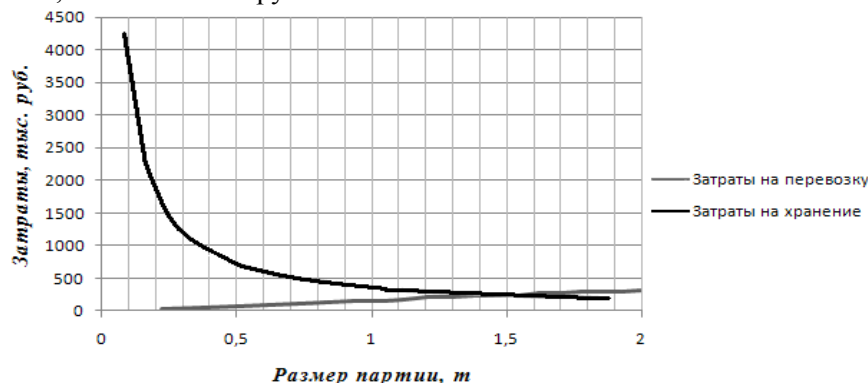


Рис. 3. Расчет с учетом *S-образной зависимости*

Экспоненциальная зависимость

$$q_{пер} = 1,3 * \exp(-0,13 * 3,11) = 0,83 \text{ т}$$

$$q_{хр} = \sqrt{\frac{1,3 * \exp(-0,13 * 4)}{1,5 * 0,13}} = 3 \text{ т}$$

В результате произведённых расчетов по данному методу получилось, что оптимальный размер хранения запасов составляет 3 тонны в месяц, а оптимальный объём перевозки грузов 0,83 тонны (рис.4).

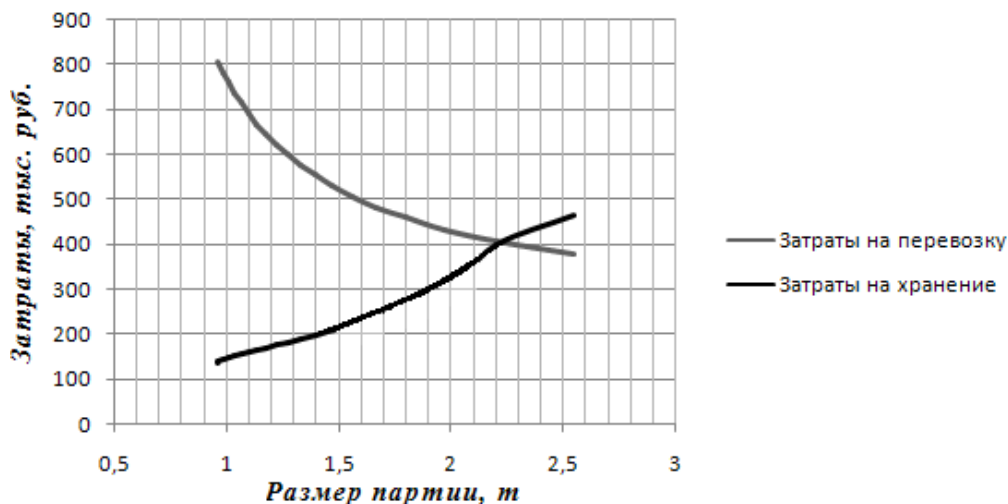


Рис. 4. Расчет с учетом **экспоненциальной зависимости**

Стоимость аренды склада при данном объёме хранения составит 37500 рублей. Стоимость 1 перевозки составит 15000 рублей. Произведём расчет затрат связанных с арендой складского помещения и стоимостью пополнения запасов за год.

$$S = 15 * 24 / 0,87 + 37,5 * 12 = 879 \text{ тыс.руб.}$$

Степенная зависимость

$$q_{пер} = a - b * q_{хр} = 1,3 - 0,13 * 1,48 = 1,1 \text{ т}$$

$$q_{хр} = \sqrt{\frac{1,3^2 - 2 * 1,3 * 0,13 * 4^{1,1} + 0,13^2 * 4^{2 * 1,1}}{1,5 * 0,13 * 1,1 * 4^{1,1 - 1}}} = 1,5 \text{ т}$$

По данному методу оптимальный размер хранения запасов составляет 1,5 т тонны в месяц, а оптимальный объём перевозки грузов 1,1 тонны. Стоимость аренды склада при данном объёме хранения составит 18750 рублей. Стоимость 1 перевозки составит 15000 рублей. Произведём расчет затрат связанных с арендой складского помещения и стоимостью пополнения запасов за год (рис.5).

$$S = 15 * 24 / 1,1 + 18,75 * 12 = 464 \text{ тыс. руб.}$$

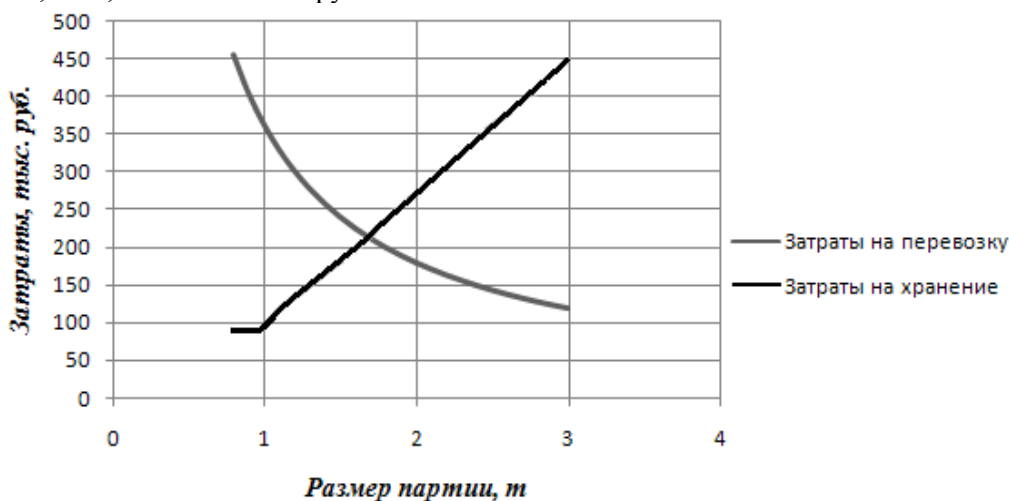


Рис. 5. Расчет с учетом **степенной зависимости**

В результате проведенных расчётов у метода **степенной зависимости** оказались наименьшие затраты. Используя ту или иную модель необходимо сравнить получаемые результаты с работой

предприятия на практике, внести коррективы и подобрать то решение, которое оптимизирует данную составляющую в деятельности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модели и методы теории логистики : учеб. пособие / под ред. В. С. Лукинского. - 2-е изд. - СПб. [и др.] : Питер, 2008. - 448 с.

Гусев Сергей Александрович – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Sergey A. Gusev – PhD, Associate Professor of «Organization of Transportation and Transport Management», Gagarin Saratov State Technical University

Мартынова Екатерина Сергеевна – студентка кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Ekaterina S. Martynova – student 6th year specialty «Organization of Transportation and Transport Management», Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.05

М.Р. Синкович, С.П. Озорнин

РАЗВОРОТ НА ПЕРЕКРЁСТКЕ С РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛОСОЙ

Рассмотрен разворот автомобилей на перекрёстке с разделительной полосой. Проведен анализ способов выполнения разворота на перекрёстке. Представлена возможность обустройства безопасного разворота на перегоне между перекрёстками.

Эксплуатация автомобильного транспорта, разворот, маневр, проезжие части, перекрёсток, разделительная полоса, перегон

M.R. Sinkovich, S.P. Ozornin

TURN AT THE INTERSECTION WITH THE DIVIDING STRIP

Considered turning vehicles at the intersection with a dividing strip. The analysis of how to perform a turn at an intersection. Given an opportunity to secure a reversal arrangement on the stretch between junction.

Motor transport, turn, maneuver, roadway, crossing the dividing strip block

Разворот представляет собой маневр, связанный с изменением направления движения на противоположное. Проблема безопасности выполнения разворота связана с целым рядом противоречий и юридических неточностей трактовки норм Правил дорожного движения (ПДД). Разворот на перекрёстке многими водителями транспортных средств (ТС) понимается не всегда однозначно. Водителям приходится принимать решение с учётом тех норм, которые ПДД всё-таки установлены, а также с учётом обеспечения безопасности собственной жизни и жизни других водителей и с учётом сложившихся стереотипов при выполнении маневра разворот на перекрёстке.

В ПДД разворот запрещён в местах, где данный маневр может быть опасным для остальных участников движения (п.8.11 ПДД). Перекрёсток в перечень мест, где запрещён разворот не входит, значит, выполнение разворота на перекрёстке разрешено.

Современная редакция ПДД довольно чётко определяет само понятие «перекрёсток», но недостаточно полно и однозначно отражает требования по построению траектории разворота, особенно на перекрёстках с разделительной полосой.

Каждый из маневров, в соответствии с ПДД, как поворот, так и разворот, должен начинаться из крайнего положения – крайнего правого при повороте направо и крайнего левого при повороте налево или развороте.

Описание траектории поворотов налево или направо в ПДД (пункт 8.6) заключается в описании конечной точки маневра: «... чтобы при выезде с пересечения проезжих частей ТС не оказалось на полосе встречного движения» [1]. Порядок выполнения маневра разворот практически не нормируется, можно только догадываться, что п.8.6. ПДД, так же распространяется на маневр разворот. Такое неточное описание траектории дает возможность толковать её по-разному. Выполнение разворота может происходить следующими способами:

- выполняя разворот, огибая разделительную полосу по малой траектории, водитель ТС выезжает на полосу встречного движения, и может конфликтовать как с водителем ТС, двигающимся по своей полосе, так и с водителем ТС, выполняющим разворот по большей траектории (рис.1);

- выполняя разворот, огибая разделительную полосу по большей траектории, может возникнуть недопонимание с другими участниками движения, так как водитель ТС будет конфликтовать с попутным ТС, водитель которого выполняет поворот налево не заезжая за середину перекрёстка (рис.2).

Кроме того, выполняя разворот по большей траектории на регулируемом перекрёстке, водителю ТС может не хватить фазы регулирования и он, завершая маневр, опять вступит в конфликт с ТС, двигающимися слева, к тому моменту они окажутся у него справа. Согласно ПДД (п. 6.14), водители ТС, начинающие движение после включения зеленого сигнала, должны дать возможность закончить выполнение маневр тем ТС, которые находятся на перекрёстке, но на практике всё происходит совершенно иначе, никто никого не ждёт.

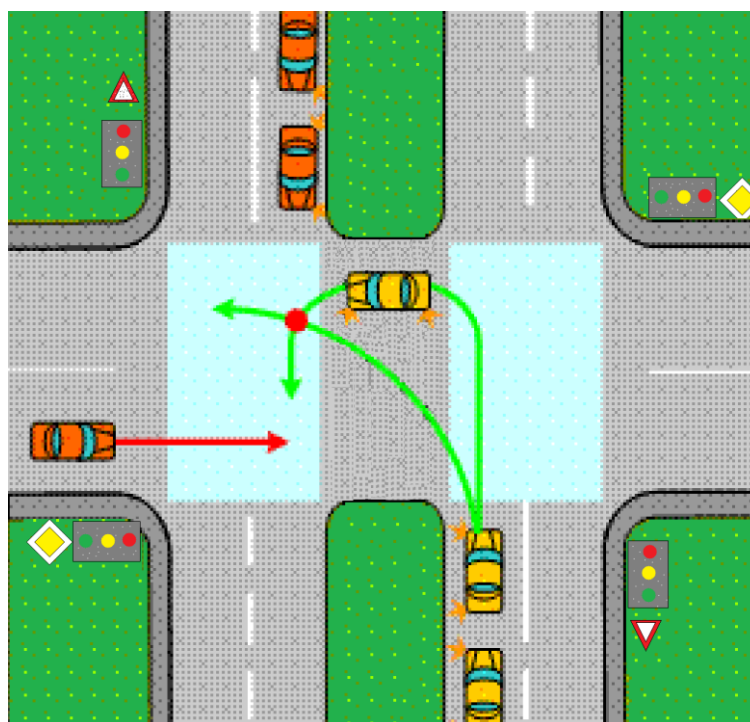


Рис. 1. Выполнение разворота на перекрёстке по малой траектории

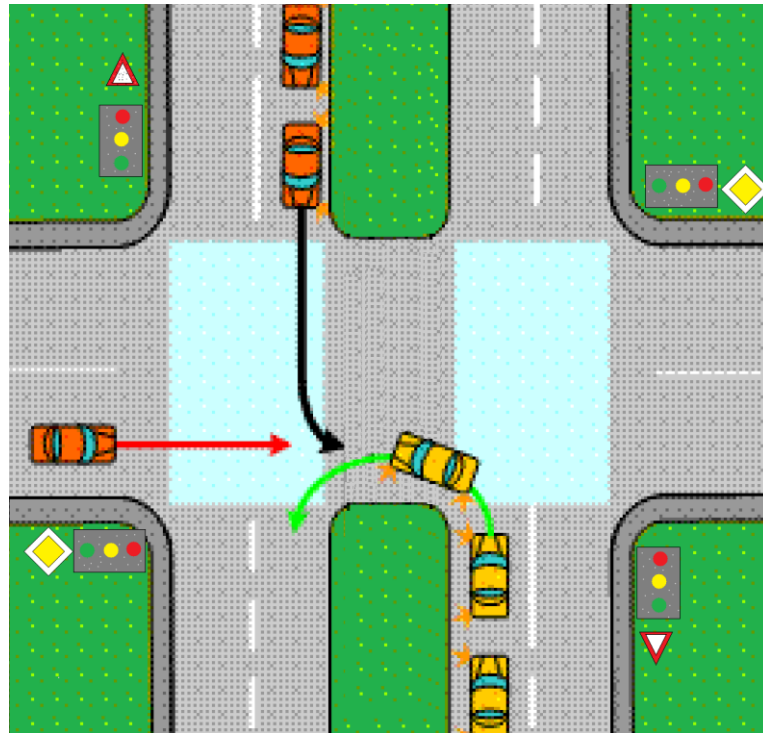


Рис. 2. Выполнение разворота на перекрёстке по большей траектории

При одновременном развороте нескольких ТС, двигающихся во встречных направлениях, по большей траектории на перекрёстке с разделительной полосой, водители могут попасть в конфликтные ситуации, не позволяющие закончить маневр, возможно возникновение заторных ситуаций (рис. 3).

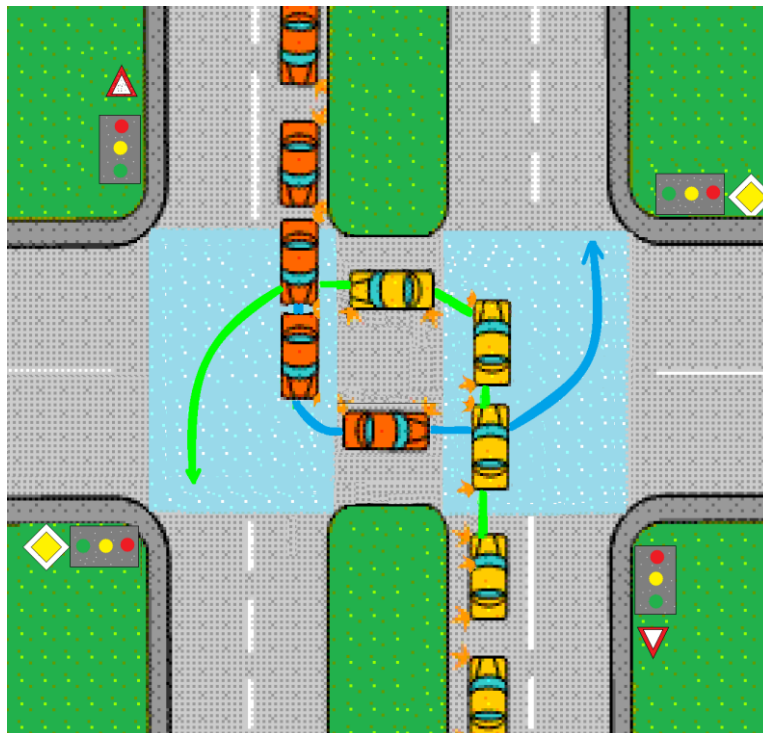


Рис. 3. Выполнение разворота на перекрёстке

Таким образом, во всех случаях при развороте на перекрёстке с разделительной полосой необходимо придерживаться большей траектории, т.к. только такая траектория соответствует п. 8.6 ПДД, но четкое исполнение требований данного пункта может привести к возникновению заторных ситуаций.

В 2009 году заместитель начальника ДОБДД генерал В. Кузин в Российской газете отметил, что «В Правилах дорожного движения не прописано, как совершать данный маневр, по какой траектории. Следовательно, нарушение Правил дорожного движения отсутствует. В этой связи единственное, на что приходится уповать, - это благоразумие водителя»[2].

Устранение юридических неточностей в ПДД способствовало бы чёткому пониманию водителями ТС этих правил, а также повышению безопасности движения при развороте на перекрёстке. Существует необходимость в доработке ПДД или ГОСТов для того, чтобы у водителя отсутствовала двусмысленность в трактовке правил, т.е. чтобы правила могли трактоваться однозначно.

Путей решения проблемы может быть большое количество. Один из вариантов – запрещение разворота на перекрёстке с разделительной полосой и обустройство на перегонах между перекрёстками зон для разворота (рис. 4).

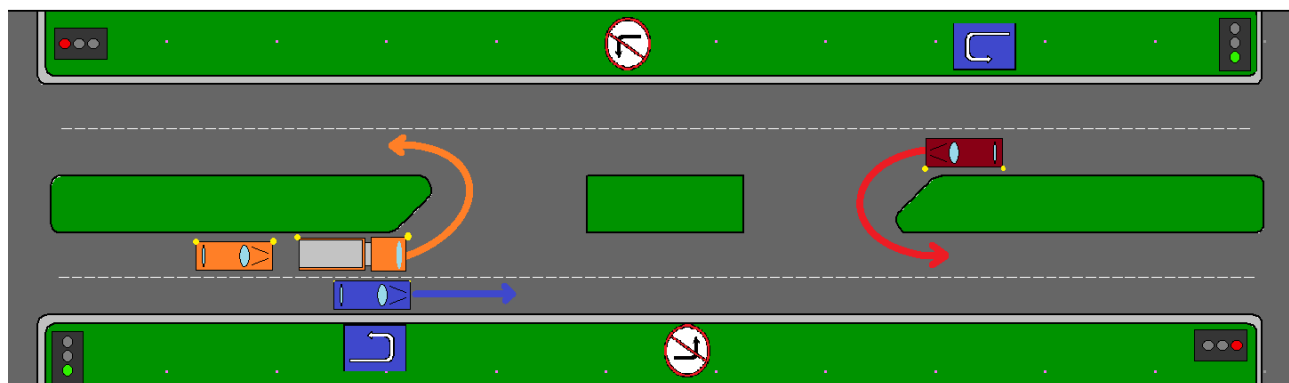


Рис. 4. Выполнение разворота на перегоне

Указанный способ не только позволит разгрузить перекрёстки, т.к. ТС будут разворачиваться на перегоне, но и повысит безопасность движения ТС через перекрёстки, т.к. будут чётко определены правила проезда перекрёстков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила дорожного движения Российской Федерации: утв. постановлением Правительства РФ от 23 окт. 1993 г. № 1090 (в ред. от 1 мая. 2012 г.) // Новосибирск: Норматика, 2012. – 64 с., ил.
2. Российская газета. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2009/05/26>, свободный. – Заглавие с экрана.

Синкович Михаил Романович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт» Забайкальского государственного университета

Michael R. Sinkovich – Ph.D., senior lecturer in «Road Transport» Trans-Baikal State University

Озорнин Сергей Петрович – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные и дорожные машины» Забайкальского государственного университета

Sergey P. Ozornin – professor, Dr. Sc., professor of «Construction and Road Machines» Trans-Baikal State University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК: 656.13:05

М.А.Кузьмина, А.П.Бруев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассматриваются варианты усовершенствования организации левоповоротного движения в конфликте со встречным прямонаправленным потоком на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети. Предложена перестраиваемая конструкция светофорного объекта, позволяющая выделить левый поворот с изменением структуры цикла светофорного регулирования.

Организация левоповоротного движения, прямонаправленный поток, улично-дорожная сеть, светофорный объект, цикл светофорного регулирования

M.F.Kuzmina, A.P.Bruev

EFFICIENCY INCREASE TRAFFIC CONTROL IN TRANSPORT KNOTS THE WAY APPLICATIONS OF ADAPTIVE EXECUTIVE ELEMENTS

Options of improvement of the organization of left rotary movement in the conflict to a counter the directly directed flow on adjustable crossings of a street road network are considered. The reconstructed design of the traffic light object, allowing to allocate the left turn with change of structure of a cycle of traffic light regulation is offered.

Organization of left rotary movement, the directly directed stream, street road network, traffic light object, cycle of traffic light regulation

Бурный процесс автомобилизации с каждым годом охватывает все большее число стран, постоянно увеличивается автомобильный парк, количество вовлекаемых в сферу дорожного движения людей. Рост автомобильного парка и объема перевозок ведет к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортной проблемы.

Особенно остро она проявляется в узловых пунктах улично-дорожной сети. Здесь увеличиваются транспортные задержки, образуются очереди и заторы, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный перерасход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств.

Серьезные трудности в организации движения создают так называемые пиковые нагрузки – резкие увеличения интенсивности движения (часто в 2-4 раза относительно среднего значения в течение суток) в утренние и вечерние часы суток, вызванные началом и окончанием рабочего дня.

Трудности, связанные с пропуском транспортных потоков высокой интенсивности, усугубляются наличием «конфликтных точек». Под этим термином подразумевается пересечение, слияние или отклонение автомобилей и их потоков. Наличие конфликтных точек заметно сказывается на безопасном и беспрепятственном движении транспортных средств и ведёт к росту задержек и возникновению дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Наибольшее число конфликтных точек характерно для пересечений транспортных потоков.

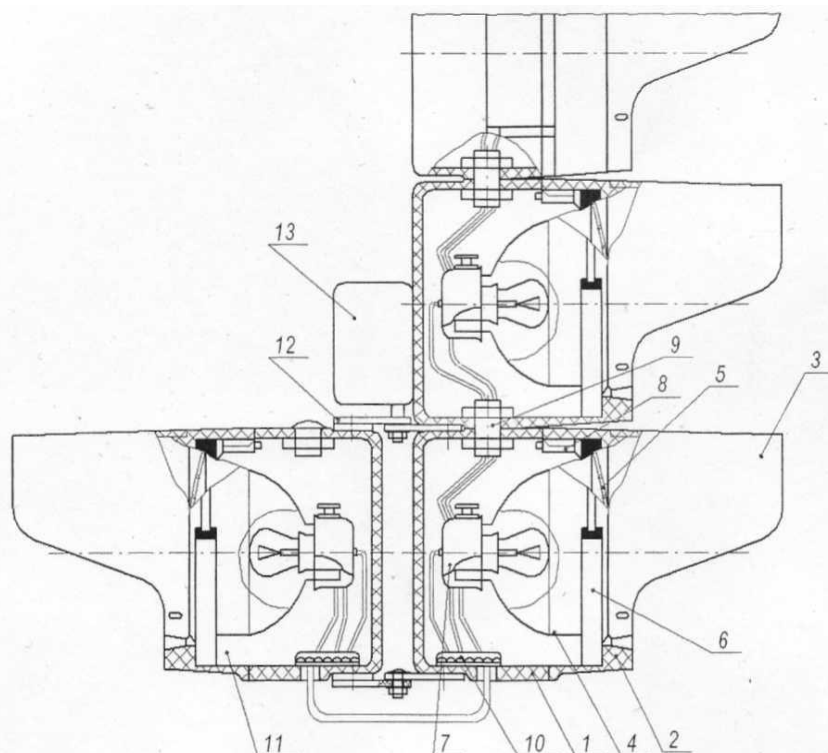
В 60-е годы возникла идея оценивать опасность дорожного движения путём оценки транспортных конфликтов. Впоследствии за методом конфликтов укрепился термин «технический транспортный конфликт». Технический транспортный конфликт – это ситуация, при которой между пользователями дорогой возникает коллизия, вызывающая предупреждающие акции. Обычно конфликтные ситуации подразделяют на три группы, например, легкие, средние или тяжелые. Одной из таких ситуаций, характерной для средних и малых городов России, являются левые повороты в местные проезды и выезды из них налево.

До середины 90-х годов в России левые повороты в местные проезды и выезды из них налево относили соответственно к конфликтной ситуации легкой группы. Но высокие темпы автомобилизации страны привели к резкому росту интенсивности движения, особенно в городах. В это период левые повороты в местные проезды и выезды из них налево, в первую очередь на многополосных улицах, стали одной из основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Известно, что для снижения количества конфликтных точек, уменьшения задержек и повышения безопасности при выполнении левого поворота используют два способа: первый - метод отсечки встречного прямонаправленного потока, второй - выделение левоповоротного движения в отдельной фазе светофорного регулирования. Первый способ наиболее приемлем при невысокой

интенсивности движения транспортных средств (ТС), когда часть ТС выполняет левый поворот путем «просачивания», а часть успевает завершить маневр, уходя с центра перекрестка на желтый сигнал светофора, не создавая за собой очереди. Однако с ростом интенсивности движения «просачивание» прекращается, и перед перекрестком начинает создаваться очередь, которая частично разъезжается в период отсечки встречного прямонаправленного потока. В этом случае целесообразно использовать второй способ – выделение фазы с левоповоротным движением, который снижает время задержек при выполнении левого поворота, но приводит к увеличению общего времени цикла светофорного регулирования и, соответственно, увеличению общего времени задержек ТС на пересечении. Такой действенный способ не может быть экономически оправдан при невысокой интенсивности движения.

Для осуществления разъезда ТС на регулируемом пересечении с левоповоротным движением в первом случае используется транспортный светофор типа Т.1, во втором – типа Т.1.л, которые являются исполнительными элементами технической подсистемы транспортно-телематических систем. И в одном, и в другом случае возможно осуществление адаптивного управления движением в зависи-



Светофор состоит из корпуса 1 с крышкой 2 и противосолнечным козырьком 3 из листовой стали или ударопрочной пластмассы. В крышке смонтировано оптическое устройство, состоящее из отражателя 4, цветного светофильтра 5, резинового кольца уплотнителя 6, подвижного стакана 7 с электролампой, креплений 8, резьбовых пустотелых втулок 9, распределительной колодки для подключения питания и электромонтажа 10 [1], а также дополнительной секции 11, установленной с возможностью поворота на 180° на кронштейнах 12 и электропривода поворота секции 13.

Рис. 1. Перестраиваемая конструкция светофора

мости от величины интенсивности движения транспортного потока путем изменения времени фаз светофорного регулирования конкретного светофорного объекта. Однако с увеличением интенсивности движения выделить левый поворот в первом случае технически невозможно, а во втором с уменьшением интенсивности движения исключить фазу с левоповоротным движением запрещено пунктом 7.4.6 ГОСТ Р 52289-2004. Полагаем, что повысить эффективность управления движением в транспортных узлах и частично разрешить проблему левоповоротного движения можно путем совместного использования обоих способов. Для решения рассматриваемой проблемы необходимо применять перестраиваемые конструкции светофорных объектов, построенные на основе транспортных светофоров типа Т.1 и Т.1.л или с точки зрения телематики на транспорте -

адаптивные исполнительные элементы с расширенными эксплуатационными возможностями. На рис. 1 представлена в качестве примера схема такого лампового исполнительного элемента производимого в настоящий момент промышленностью, который может при необходимости принимать вид светофора типа Т.1 или Т.1.л. На рис. 2 показаны нижняя и поворотная секции светофора (вид сверху) в процессе работы светофорной сигнализации.

Светофор может работать, например, следующим образом. В обычном режиме работы светофорной сигнализации, когда левоповоротное движение не превышает 120 авт./ч, лево-поворотная секция находится в выключенном состоянии в положении 2-а (рис. 2). Водитель транспортного средства видит перед собой светофор типа Т.1, в котором дополнительные секции отсутствуют. Движение водителю разрешено при зеленом свете светофорной сигнализации - прямо, налево и направо (по соответствующей полосе движения). Левоповоротное движение может осуществляться с использовани-

ем метода отсечки, время которой определяется по информации от детекторов транспорта в данном цикле светофорного регулирования. При увеличении интенсивности левоповоротного движения (более 120 авт./ч) информация от детекторов транспорта поступает на контроллер адаптивного управления (на рисунках не показаны), который изменяет структуру цикла и длительность сигналов светофорного регулирования.

Одновременно с изменением структуры цикла включается дополнительная секция 13 со стрелкой «налево» и подается сигнал на электропривод поворота секции. Поворот секции 13 осуществляется против часовой стрелки на 180° и может сопровождаться трехкратным миганием всех ламп секций светофора, что будет оповещать водителей транспортных средств об изменении структуры цикла светофорной сигнализации. После трехкратного мигания всех ламп секция 13 займет положение 2-б, а перед водителем будет находиться светофор типа Т.1.л с выделенной фазой левого поворота. Видя такой светофорный объект, водитель осознает, что в соответствии с пунктом 6.3 Правил дорожного движения РФ движение налево разрешено только на зеленый сигнал стрелки секции левого поворота.

При уменьшении интенсивности левоповоротного движения (менее 120 авт./ч) информация от детекторов транспорта поступает на контроллер адаптивного управления, который подает сигнал на отключение секции со стрелкой «налево», изменение структуры светофорного цикла и на электропривод 13 для поворота секции «налево» по часовой стрелке на 180° в положение 2-а.

Предложенный принцип работы светофорного объекта может быть применен также и в светодиодных светофорах со энергопотреблением и эксплуатационными затратами на обслуживание.

Совершенствование конструкций светофоров, например, изготовление их с меньшей глубиной секции (более тонкой), позволит применять и другие варианты перестраивания конструкции, такие как выдвижение дополнительной секции в параллельной вертикальной плоскости из-за (из) нижней секции светофора.

При разработке программного обеспечения работы светофорной сигнализации следует вводить ограничения на временные интервалы работы секции и перестраивание конструкции.

Таким образом, светофор с дополнительной левоповоротной секцией, установленной на кронштейнах шарнирно с возможностью поворота на 180° , может работать в режиме адаптивного управления с изменением цикла светофорной сигнализации.

В случае внедрения таких светофоров в транспортных узлах улично-дорожной сети, в пункт 6.2 «Круглые сигналы светофора имеют следующие значения» раздела 6 (Сигналы светофора и регулировщика) Правил дорожного движения РФ может быть внесено дополнение: «Сочетание красного, желтого и зеленого мигающих одновременно сигналов информирует о предстоящем изменении структуры цикла светофорного регулирования».

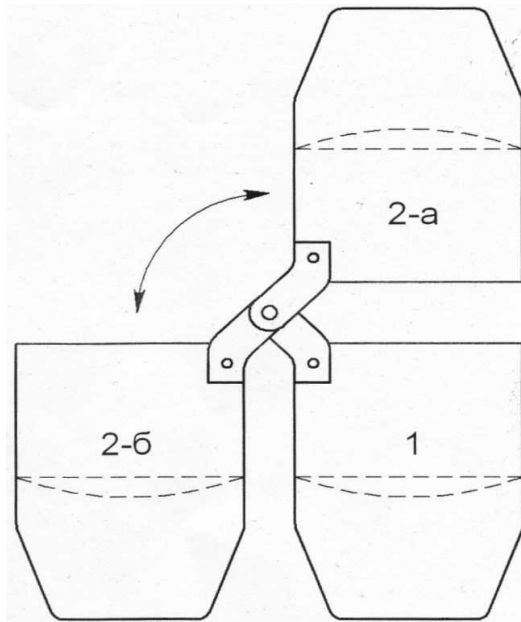


Рис. 2. Положение нижней и поворотной секций светофора (вид сверху) в процессе работы светофорной сигнализации

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. Введ. 2004-15-12. М.: Стандартинформ, 2005. 47 с.
2. Денисов Г.А., Белокуров В.П., Лихачев Д.В. Повышение эффективности управления движением в транспортных узлах путем применения адаптивных исполнительных элементов // Автотранспортное предприятие. 2012. № 6. С. 16-18.
3. Денисов Г. А., Струков Ю.В., Лихачев Д. В. О выборе алгоритма адаптивного управления светофорным объектом на пересечении с конфликтным левоповоротным движением // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. Самара, 2011. С. 170-173.

4. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. 279 с.

5. Прижибыл П., Свитек М. Телематика на транспорте. М.: МАДИ (ГТУ), 2003. 540 с.

Кузьмина Марина Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения Кубанского государственного технологического университета

Бруев Алексей Павлович – студент 3 курса факультета автомобильно-дорожных и кадастровых систем Кубанского государственного технологического университета

Marina A. Kuzmina – Ph.D., assistant professor of the pulpit to organizations of transportation and road motion Kuban state technological university

Aleksey P. Bruev – student 3 courses of the faculty Automobile and road and cadastral systems Kuban state technological university

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК:65.011.2(075.8)

Х.М. Тахтамышев, О.А.-Г. Этлухов

МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ МАЛЫХ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Проведен анализ логистической системы управления запасами малых автосервисных предприятий, который позволил выявить особенности движения запасов запчастей для автомобилей в системе автосервиса и обосновать наиболее адекватные математические модели стратегий управления. Произведен выбор математических моделей, дающих возможность определения оптимальной периодичности и размера поставок запчастей.

Запасы, автосервис, периодичность, размер партии, снабжение, спрос, логистика

H.M. Takhtamyshev, O.A.-G. Etlukhov

MODELS OF LOGISTIC MANAGEMENT SYSTEMS OF INVENTORIES BY SMALL AUTO SERVICE COMPANIES

The analysis conducted over logistics system of inventory management set up by small auto service companies, revealed special features of the inventory of auto parts in the system of auto service and allowed to justify the most appropriate mathematical model of management strategies. The selected mathematical models enable to identify the optimal frequency and order size of the spare parts' deliveries.

Inventory, auto service, frequency, order size, delivery, supply, demand, logistics

Логистические системы в нашей стране начались складываться в последние десятилетия как стройная последовательность действий, обеспечивающая доставку нужных товаров в нужном месте, в нужном количестве, в нужный момент [1]. Основой функционирования такой системы являются различные сферы деятельности, в первую очередь

Согласно теории управления запасами, процесс управления заключается в установлении моментов и объёмов заказа на восполнение их и распределение вновь прибывшей партии по нижестоящим звеньям системы снабжения. Совокупность правил, по которым принимаются управленческие решения, называются стратегиями управления запасов. Оптимальной стратегией принимается такая, которая обеспечивает минимум издержек на создание, содержание запасов и потерь от их дефицита. Задача отыскания оптимальной стратегии базируется на реальной сложившейся ситуации, а также

соотношения стоимостных показателей и содержания запасов по каждой статье расхода, включая потери от дефицита.

Основными элементами задачи оптимального уравнения приняты:

- 1) система снабжения;
- 2) величина спроса;
- 3) возможность пополнения запасов;
- 4) функции затрат;
- 5) ограничения;
- 6) принятые отражения управления.

Рассмотрим процесс управления запасами малых АСП по каждому из приведённых элементов.

Систему снабжения сети автосервиса следует отнести к эшелонированной (многокаскадной), а непосредственное обеспечение малых АСП относится к децентрализованной (однокаскадной), поскольку магазины розничной продажи работают параллельно и при отсутствии необходимой запчасти в одном магазине, заявка подаётся в любой из них, принадлежащего торговой сети города.

Спрос на запчасти носит вероятностный характер [1] с сезонной неравномерностью, не зависящей от спроса на другие номенклатуры. Возможность пополнения запасов реализуется посредством организации поставок из магазинов розничной продажи торговой сети города и время поставки ограничено временем доставки. В отдельных редких случаях для малых АСП, специализирующихся на автосервисе иномарок, поставки могут осуществляться из баз снабжения, расположенных за городской чертой (из других городов и стран).

Затраты на содержание запасов при отсутствии складов непосредственно на АСП сводятся к расходам на организацию доставки запчастей либо агентами АСП, либо клиентами. При наличии складов, в статьи затрат входят традиционные составляющие; расходы на содержание складских помещений, организацию доставки, контроль текущих запасов и т. п. Ввиду ограниченности объёмов партии в рассматриваемых системах управления запчастями, стоимость поставки можно принять не зависящей от величины заказа.

Штрафы имеют место при наличии дефицита на складе или в магазине при малом АСП и исчисляются пропорционально числу потерянных клиентов за время дефицита.

Ограничения принимаются по суммарной стоимости запчастей на складе по всей номенклатуре, приводящих к омертвлению средств либо к фиксации номенклатуры при оптимальном запасе по каждому наименованию.

Результаты анализа сложившейся системы обеспечения действующих предприятий автосервиса в РФ запасными материалами и запчастями свидетельствуют о наличии трёх реальных потоков движения запасов:

1. Первая система снабжения предполагает наиболее простую схему обеспечения малых АСП запасами. При данной схеме клиенты поставляют запасы всех наименований по мере выявления необходимости замены до или после разборки узла или агрегата. Поскольку чаще всего одновременно заменяются одна, две позиции, такие поставки можно считать экстренными.
2. Вторая система снабжения характеризуется наличием небольшого склада на малом АСП, в котором хранятся запасы ограниченной номенклатуры. При отсутствии необходимой запчасти возможности два способа доставки: силами АСП или непосредственно клиентом, т. е. экстренные поставки, осуществляются либо клиентами, либо агентами АСП.
3. Третья система снабжения предполагает участие в технологическом процессе магазина запчастей при малом АСП, который осуществляет продажу также и для сторонних клиентов по более расширенной номенклатуре. В этом случае, либо клиент, либо агент АСП приобретают необходимые запчасти в магазине находящиеся на территории АСП. При отсутствии запчасти поставка производится либо агентом АСП, либо менеджером магазина из сторонних розничных магазинов города. Клиенты в логистической системе снабжения не участвуют.

Анализ известных моделей управления запасами показал, что в чистом виде они могут использоваться для сложившейся системы обеспечения запчастями.

Возможность применения для поставленной цели разработанного математического аппарата теории управления запасами зависит от формализованного представления сложившихся систем обеспечения и степени приложения к моделям, для которых определены все параметры и количественные характеристики.

Независимо от приведённых систем снабжения, важно выбрать одну из известных стратегий управления запасами [2, 3], которые сводятся в основном к простейшим.

Первая стратегия (стратегия *A*) характеризуется наличием постоянного периода T пополнения запасов и постоянного объёма заказа q (система T, q).

Вторая стратегия (стратегия *B*) также предполагает постоянный период пополнения независимо от состояния запасов T , но заказ выполняется в объёме, обеспечивающем максимальный уровень запаса Y_{max} (система T, Y_{max}).

Третья стратегия (стратегия *B*) – стратегия двух критических уровней, в которых заказ производится по мере достижения запаса Y_{min} или ниже минимального до максимального запаса Y_{max} (Y_{min}, Y_{max}).

Четвёртая стратегия (стратегия *Г*) – стратегия близка к третьей, но более строга, т.к. пополнение запасов предполагается при Y_{min} при постоянстве объёма заказа q . При жёстком соблюдении этой стратегии она сводится к третьей двухуровневой, однако менее чувствительна к колебаниям спроса (система Y_{min}, q).

При выборе оптимальной стратегии необходимо учитывать реализуемость принимаемых решений с учётом тех менеджерских ресурсов и материальных средств, которые обладают современные малые предприятия автосервиса.

Важно также учитывать вероятный характер и не большие размеры спроса, а также ограниченные финансовые возможности малых АСП по созданию многономенклатурных запасов.

Принимая во внимания различный уровень подготовленности менеджеров малых АСП, организации учёта движения запасов, следует рассмотреть не одну из приведённых простейших стратегий с целью определения сравнительной эффективности каждой из них для малых АСП. При этом необходимо учесть, что существенное влияние на эффективность управления запасами будет оказывать сложившийся уровень конкуренции. При малом уровне конкуренции могут простаивать в очереди достаточно продолжительное время, за которое, естественно, можно организовать поставки из магазинов.

Особенность автосервиса иномарок связана с достаточно высокой стоимостью запчастей и ощутимой вероятностью их отсутствия в наличии в магазинах розничной продажи.

В этих случаях период между временем экстренного заказа и его выполнением может составить временные отрезки, соизмеримые с периодичностью пополнения запасов малых АСП (дни, недели).

Проверка применимости простейших стратегий управления запасами должна учитывать всё разнообразие воздействующих факторов на затраты по содержанию запасов, однако базирование их должно происходить на основных, оказывающих существенное влияние на стратегию и эффективность управления запасами.

Поскольку система (T, q) является малочувствительной в условиях стохастического спроса, она не может быть рассмотрена в качестве гипотетической, ввиду малого уровня запасов малых АСП и высокой вероятностью исчерпания запасов в период между поставками. Все остальные стратегии управления запасами требует проведения анализа и апробации для малых АСП.

Итак, для всех трёх сложившихся систем движения запасов малых АСП, примем следующие возможные стратегии *B* (система T, Y_{max}):

1. Периодичность поставок является величиной регламентированной, но имеющей не большую вариацию из-за неравномерности спроса при многономенклатурных поставках ($T = 6$ дней, 1 мес. и т. д.).
2. Пополнение запасов производится до максимального значения Y_{max} .
3. Уровень конкуренции между АСП слабый, т. е. издержки дефицита запчастей практически отсутствуют.
4. Экстренные поставки отсутствуют или осуществляются клиентами.

При реализации стратегии *B* (система Y_{min}, Y_{max}):

1. Периодичность поставок является величиной, не регламентированной с коэффициентом вариации.
2. Пополнение запасов производится по мере достижения минимального значения Y_{min} до максимального Y_{max} .
3. Уровень конкуренции между ПА средний, т. е. при дефиците запчастей возможна потеря клиента и издержки простоя исполнителей зон то и ремонта.
4. Экстренные поставки обязательны.

При стратегии *Г* (система Y_{min}, q):

1. Периодичность поставок является величиной, не регламентированной с коэффициентом вариации.

2. Пополнение запасов производится при достижении минимального V_{min} на величину оптимальной партии.
3. Уровень конкуренции допускает потерю клиентов, т. е. издержки дефицита исчисляются, как и в предыдущей стратегии.

Рассмотренные стратегии могут применяться в практике управления запасами малых АСП в зависимости от соотношения затрат на хранение и дефицит запчастей и различных уровней конкуренции. При этом не следует пренебрегать детерминированными моделями [2], которые отличаются простотой расчётных формул и эффективностью управленческих решений, что чрезвычайно важно для практики.

При выборе и обосновании математических моделей управления запасами стоит двойная задача. С одной стороны необходимо найти наиболее адекватно сложившимся системам снабжения, с другой – определить такие стратегии, которые не только более оптимальны, но и реализуемы в дальнейшем на практике на уровне менеджеров малых предприятий.

Ввиду того, что на 2-5-постовых СТО в штатное расписание не входят специализированные подразделения по управлению запасами, периодичность поставок принимается чаще из организационной целесообразности и совпадает с недельными циклами (раз в неделю, раз в две недели, раз в месяц и т. д.).

В определённый день недели организуется поставка запчастей, причём величина партии равна

$$q_i = Y_{max} - Y_i \quad (1)$$

В этом случае об оптимальном размере партии речь не идёт, и задача управления сводится к определению максимального уровня, складывающегося из суммарного среднего спроса за период между поставками

$$\Lambda_i = \lambda_i \cdot T_i \quad (2)$$

и резервного запаса R , гарантирующего с определённой вероятностью наличие i – й запчасти на складе АСП.

В связи с тем, что средняя потребность между поставками вычисляется по простой формуле (2), наибольшую сложность представляет определение страхового запаса R .

В этой связи для систем управления запасами со стохастическим спросом определению и экономическому обоснованию её величины будут посвящены отдельные разделы.

На данном этапе важно уменьшить число переменных параметров движения запасов для последующего упрощения задачи поиска резерва R и выбора оптимальной стратегии.

В теории управления запасами [2, 3] получены математические выражения для расчёта оптимальной периодичности поставок при определённых стратегиях управления однономенклатурных запасов.

Эта периодичность должна для АСП соизмеряться с режимом работы предприятий в течение недели (двух-трёх недель, месяца) в зависимости от интенсивности спроса и стоимости поставок. Принимая во внимание, что даже для малых специализированных АСП номенклатура запчастей составляет не менее 10-15 наименований с различной интенсивностью спроса, задача определения оптимальной периодичности, может быть, рассматриваться дифференцировано для каждого наименования. Однако на практике реализация такой системы поставок не целесообразна ни организованно, ни экономически. Поэтому задача сводится к определению некой средней периодичности поставок на основе усреднённых характеристик спроса и поставок по определённой номенклатуре. В последующем целесообразно его корректирование с учётом недельной цикличности и пологости кривой оптимуме затрат, которая позволяет без ощутимого ущерба варьировать периодичностью в области оптимума.

Таким образом, требования к математическим моделям управления запасами сводятся к приближённому определению периодичности, которая в дальнейшем уточняется путём присовокупления к одному из возможных недельных циклов.

Воспользуемся для этого упрощённой математической моделью управления запасами при детерминированном стационарном спросе [3].

Пусть спрос имеет интенсивность λ , а поставки осуществляются с интенсивностью μ , а полный цикл работы склада равен T . Расходы на хранение S и дефицита P пропорциональны среднему запасу и продолжительности времени их существования, а фиксированные расходы q , связанные с

созданием заказа запасов являются постоянной величиной. Воспользовавшись рассуждениями, приведёнными Рыжиковым Ю. И. [3], получим для оптимального значения уровня запасов

$$Y_{max,opt} = \sqrt{\frac{2\lambda \cdot \partial \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)}{S(1 + S/P)}}, \quad (3)$$

$$T_{opt} = \sqrt{\frac{2\partial(1 + S/P)}{\lambda \cdot S(1 - S/P)}}, \quad (4)$$

при которых достигается минимум затрат в единицу времени

$$L_{opt} = \sqrt{\frac{2\lambda \cdot \partial \cdot S(1 - \lambda/\mu)}{1 + S/P}}. \quad (5)$$

В случае, когда весь объём партии поставляется с вышестоящего склада (магазина) мгновенно, т. е. $\lambda/\mu \approx 0$, эти величины приобретают более упрощённый вид:

$$Y_{max,opt} = \sqrt{\frac{2\lambda \cdot \partial}{S(1 + S/P)}}, \quad (6)$$

$$T_{opt} = \sqrt{\frac{2\partial \cdot (1 + S/P)}{\lambda \cdot p}}, \quad (7)$$

$$L_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda \cdot \partial \cdot S}{1 + S/\partial}}. \quad (8)$$

Заметим, что выражения для L_{opt} и $Y_{max,opt}$ могут быть использованы при расчётах на практике для приближённого вычисления максимального уровня запасов определённой номенклатуры, а также средних расходов (близких к оптимальным) на содержание запасов и потерь от дефицита. Напомним, что при указанной системе управления запасами заказ осуществляется на величину $\hat{O}_{max} + \hat{O}_A$ в момент возникновения дефицита и после его наступления в размере величина партии равна:

$$q = Y_{max} + Y_D$$

Причём заказ осуществляется при достижении дефицита в размере

$$Y_D = \frac{1}{P} \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda \cdot \partial}{S(1 + S/P)}} \quad (9)$$

Таким образом, рассчитав оптимальную периодичность поставки T по выражению (7), следует откорректировать её в качестве постоянной величины при ведении расчётов по более сложным математическим моделям управления запасами, учитывающим стохастичность спроса и другие факторы внешней среды, в первую очередь уровень конкуренции в системе автосервиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неруш Ю.М. Логистика: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.495 с.
2. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. М.: Наука, 1969. 343 с.
2. Букан Дж., Кенигсберг Э. Научное управление запасами. М.: Наука, 1987.423 с.

УДК. 656.13

А.А. Евсева

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФРИКЦИОННОЙ ФИКСАЦИИ КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗОВ
ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА**

Проведен анализ существующей ситуации в области перевозки грузов при помощи автомобильных транспортных средств и предложено применение метода фрикционной фиксации груза, который представляет собой натяжение тросами для увеличения силы предварительного натяжения и, следовательно, повышения коэффициента трения между грузом и поверхностью транспортного средства, для предотвращения скольжения груза. Кроме того, транспортная организация должна обеспечивать полную безопасность при осуществлении перевозки любых видов груза, а транспортное средство должно соответствовать всем необходимым требованиям.

Автомобильные перевозки, крепление груза, подготовка водителей, безопасность, ответственность водителя

А.А. Evseeva

**APPLICATION OF THE METHOD OF FRICTIONAL FIXING OF FASTENING OF
FREIGHTS IN TRANSIT THE MOTOR TRANSPORT FOR INCREASE OF SAFETY OF
TRANSPORTATION PROCESS**

The analysis of an existing situation in the field of transportation of goods by means of automobile vehicles is carried out and application of a method of frictional fixing of freight which represents a tension cables for increase in force of a preliminary tension and, therefore, increase of coefficient of friction between freight and a vehicle surface, for prevention of sliding of freight is offered. Besides, the transport organization has to ensure full safety at implementation of transportation of any kinds of freight, and the vehicle has to conform to all necessary requirements.

Road transport, cargo lashing, driver training, safety, drivers responsibility

При перевозке грузов автомобильным транспортом в настоящее время существует большое количество вариантов его крепления и упаковки, при этом методы крепления всегда зависят от вида и характеристик груза. При этом отсутствует определенный метод контроля при осуществлении крепления при перевозках. Общие требования заключаются только в том, что все перевозимые грузы должны быть закреплены на транспортных средствах таким образом, что бы обеспечивалась безопасность людей участвующих в погрузке, разгрузке и управления транспортным средством, вместе с другими участниками дорожного движения, пешеходами, и транспортными средствами.

Ответственность за порчу или повреждения груза очень часто ложится именно на водителя. Именно в связи с этим водитель обязан знать основные требования, предъявляемые к упаковке, погрузке и креплению груза, для предварительной проверки правильности выполнения погрузочно-разгрузочных операций и для снижения риска повреждения груза в момент перевозки. В Российской Федерации, многие перевозчики пренебрегают правилами размещения и крепления грузов, вследствие чего возникают дорожно-транспортные происшествия, не по вине водителя, а из-за неправильно выбранного метода загрузки транспортного средства.

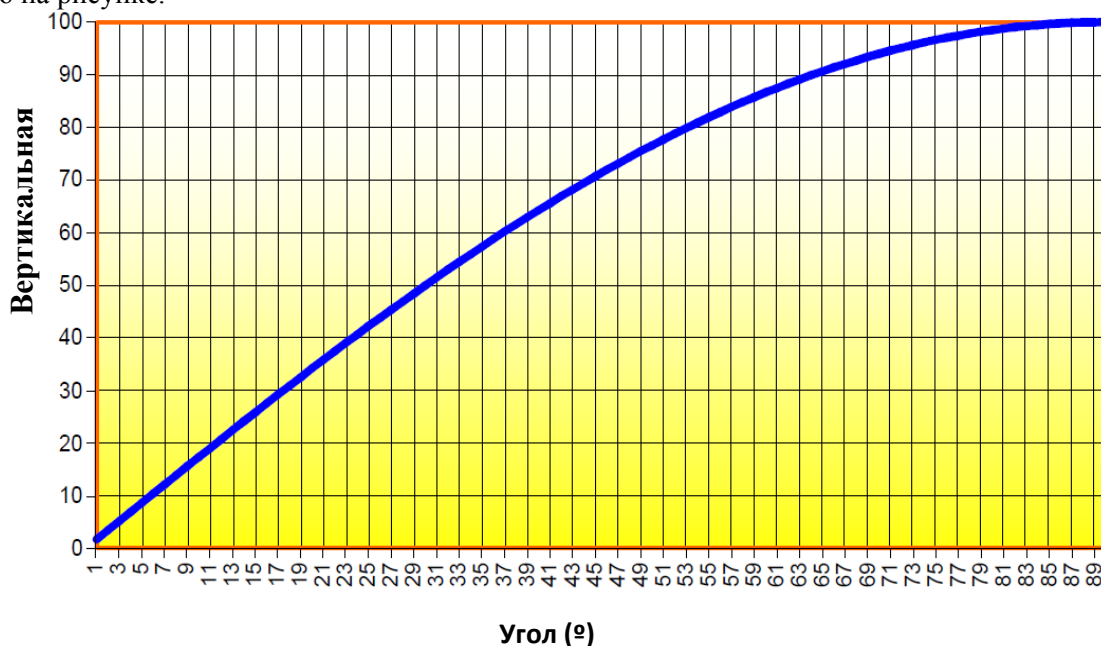
Погрузочно-разгрузочные работы должны проводиться специально обученным персоналом, который осведомлен о возможных рисках. Водители также должны быть осведомлены о дополнительных рисках и нагрузках, при перемещении груза во время движения. Это касается всех транспортных средств и всех типов загрузки.

Необходимо осуществлять строгий контроль выполнения погрузочно-разгрузочных операций, целью которого будет снижение количества дорожно-транспортных происшествий и сведение к минимуму нарушений касающихся вопросов неправильного крепления грузов в транспортных средствах.

На территории Евросоюза в настоящее время действуют европейские практические рекомендации «Крепление грузов на автомобильном транспорте», разработанные Европейской Комиссией. В данных требованиях отражается не только методы и способы осуществления погрузочно-разгрузочных операций, но и требования к оборудованию, предназначенному для их выполнения, таких как краны, манипуляторы, платформы. Кроме того, успешно функционируют европейские стандарты EN 12 640 и EN 12 642, согласно которым само транспортное средство рассматривается как часть системы крепления грузов. К сожалению, транспортные средства российского производства не соответствуют данному требованию и не имеют необходимых точек крепления. Практически все транспортные средства, эксплуатируемые на территории Российской Федерации также не соответствуют вышеуказанным стандартам и по прочностным характеристикам кузова, в результате чего существующие кузова нельзя рассматривать как часть системы крепления грузов, так как прочность их неизвестна [1].

При выполнении международных перевозок перевозчик достаточно часто сталкивается с проблемой дополнительного укрепления и блокировки груза, так как в случае не своевременного или не удовлетворяющего европейским правилам крепежа, придется дополнительно простаивать при въезде на иностранную территорию. В странах Евросоюза крепление груза по всем требованиям является элементарной операцией при погрузке груза на транспортное средство. В России же большинство перевозчиков не придают значения крепежным материалам и способам их использования, хотя это оказывает большое влияние на сохранность грузов и безопасность перевозочного процесса.

Одним из важных методов является метод фрикционной фиксации груза, который представляет собой натяжение тросами для увеличения силы предварительного натяжения и, следовательно, повышения коэффициента трения между грузом и поверхностью транспортного средства, для предотвращения скольжения груза. Чем выше сила предварительного натяжения или трение между грузом и поддерживающей поверхностью, тем меньше количество необходимых тросов или больше груз, соответственно. Необходимо внимательно выбрать угол между тросом и грузом, который влияет на вертикальный компонент силы предварительного натяжения (см. диаграмму ниже), как показано на рисунке.



Зависимость между углом натяжения троса и вертикальным компонентом силы натяжения троса

Стандартная сила натяжения (STF) одного стандартного храпового механизма (50 мм, удерживающая мощность (LC) 2500 daN) составляет 250 daN. Для получения данного значения требуется ручная сила в 50 daN. Достижимая стандартная сила натяжения должна быть указана на ярлыке натяжного устройства. При использовании храповых механизмов с длинным рычагом (принцип действия: тянуть вниз вместо того, чтобы толкать) можно достичь силы натяжения в 1000 daN. Если применяются индикаторы натяжения, для расчетов можно использовать реальное предварительное натяжение.

Благодаря трению между тросом и грузом с двух сторон сила предварительного натяжения снижается на противоположной стороне груза. Согласно стандарту EN12195-1, $k = 1,5$ при использовании одного натяжного устройства для фиксации, $k \leq 2,0$ при использовании троса с двумя натяжными устройствами на каждый трос или если значение подтверждается показаниями индикатора силы натяжения на противоположной стороне натяжного устройства.

В Российской Федерации правила по закреплению некоторых видов груза вообще отсутствуют. Соответственно в момент проверки креплений, дать точный ответ соответствует ли фиксация груза всем требованиям не возможно. В связи с этим возникают проблемы не только при осуществлении международных перевозок, но и увеличивается статистика дорожно-транспортных происшествий, связанных с неправильным креплением груза.

Необходимо помнить, что если груз не закреплён должным образом, он может представлять опасность как для других людей, так и для безопасности самого транспортного средства.

В заключение можно отметить, что при выборе методе крепления грузов нужно правильно оценивать их эффективность, и как правило, для сохранности груза необходимо рассмотреть не один способ крепления и изучить не один метод. Также следует отметить, что за правильностью крепления груза, его укладкой на погрузочные места должны следить соответствующие службы, а задача водителя заключается в безопасной транспортировке груза от грузоотправителя к грузополучателю. В большинстве случаев при аварии всю вину возлагают на водителей. Именно поэтому, для начала, необходимо водителей обучить правилам и методам крепления грузов и дать им возможность проверки процесса погрузки, разгрузки и крепления груза на их подвижной состав. Для того, чтобы процесс перевозки любых видов грузов был максимально безопасным, необходимо, чтобы транспортное средство было подготовлено квалифицированными специалистами перед тем как будут осуществлены погрузочные работы, что и будет, являться фундаментом своевременной и безопасной доставки грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красникова Д.А., Евсеева А.А.. Влияние размещения и крепления грузов в автомобильном транспорте на безопасность дорожного движения // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach: сборник научных статей. Vol. 4. Technical sciences. Washington: L&L Publishing, 2012.
2. ГОСТ 21650-76. «Средства скрепления тарно-штучных грузов в транспортных пакетах. Общие требования».
3. Европейская Экономическая Комиссия Организации Объединенных Наций «Руководство по надлежащей европейской практике укладки грузов в ходе автомобильных перевозок» (European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport)

Евсеева Анна Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Anna A. Evseeva – Ph.D., Associate Professor of «Organization of Transportation and Transport Management», Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.13

В.Н. Романов

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВРЕМЕНИ ДОСТАВКИ ПРИ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

В статье дается краткий подход к формированию материальных и сопутствующих потоков на основе Таможенного Кодекса Таможенного Союза. Предлагаются рекомендации по сокращению временных затрат при прохождении пунктов пропуска (автомобильных) на таможенную территорию.

Логистический подход, время доставки, автомобильные перевозки

V.N. Romanov

**LOGISTIC APPROACH AND WAYS OF REDUCTION OF DELIVERY TIME
IN INTERNATIONAL ROAD TRANSPORT**

В настоящее время уровень конкурентоспособности российских перевозчиков по сравнению с зарубежными настораживает (рис. 1)

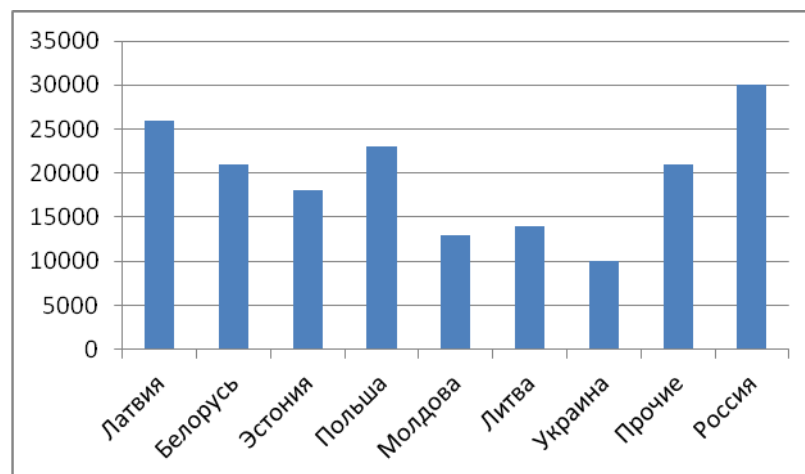


Рис.1. Количество совершенных грузовых выездов на территорию РФ на основании многосторонних разрешений ЕКМТ в 2010-11гг.

Многие вопросы, связанные с выполнением международных автомобильных перевозок, не могут решены в полной мере без участия государства. На данный момент разработано и утверждено целый ряд законодательных документов касающихся международных перевозчиков [1;2;3], принимаются и другие практические шаги, чтобы упростить работу российским международным перевозчикам в условиях нового правового поля.

Важным натуральным критерием логистических технологий является срок доставки товаров (т.с.), т.е. период времени, в течении которого товары (т.с.) доставляются потребителю.

Каждый из этапов цикла транспортного процесса имеет различные количественные характеристики, и описываются отдельным распределением.

Среднее время цикла транспортного процесса будет складываться из суммы времени пребывания каждой единицы подвижного состава в отдельных этапах.

Наиболее полной и важной с позиции качества и уровня организации перевозочного процесса представляется логистическая цепочка при МАП и в частности прохождения пунктов пропуска при ввозе и вывозе товаров на таможенную территорию. Если принять во внимание, что в РФ доля автомобильных пунктов пропуска составляет 38,58%, (рис. 2), то любая сверхнормативная задержка транспортного средства влечет за собой большие затраты. Все это может привести к увеличению цены товара на рынке потребления до 20%.

В таможенной логистике таможенные процедуры можно рассматривать как логистические каналы движения товаров и транспортных средств [т.с.]. Таможенные процедуры определяют порядок владения, пользования, распределения товарами и транспортными средствами, перемещаемыми через таможенную границу Таможенного союза. Всё это определяет и формирует: информационный и финансовый потоки, а также их объем и структуру.

Все движение материальных и сопутствующих потоков (товары и транспортные средства – т.с.) необходимо рассматривать, как единую интегральную цепь поставок от начальной до конечной точки потребления.

В зависимости от целевого назначения таможенной процедуры – товары (т.с.), подлежат либо выпуску, либо условному выпуску с применением или без применения мер нетарифного регулирования.

Принимая во внимание, что таможенная процедура определяет порядок использования, распоряжение товарами и т.с., а также устанавливает механизмы уплаты таможенных платежей и сбо-

ров, то участнику В.Э.Д. (таможенному представителю, декларанту) следует сразу выбрать оптимальный вариант таможенной процедуры, либо определиться с рациональной последовательностью их чередования в строгом соответствии с таможенным кодексом Таможенного союза (Т.К.Т.С.).

Для того чтобы объективно дать оценку уровню организации и качества международной перевозки грузов, надо рассмотреть [4] самую простую, но усовершенствованную логистическую модель автомобильной международной перевозки, которую предлагается рассмотреть для внедрения в практику деятельности ФТС РФ и международных перевозчиков (рис. 3).

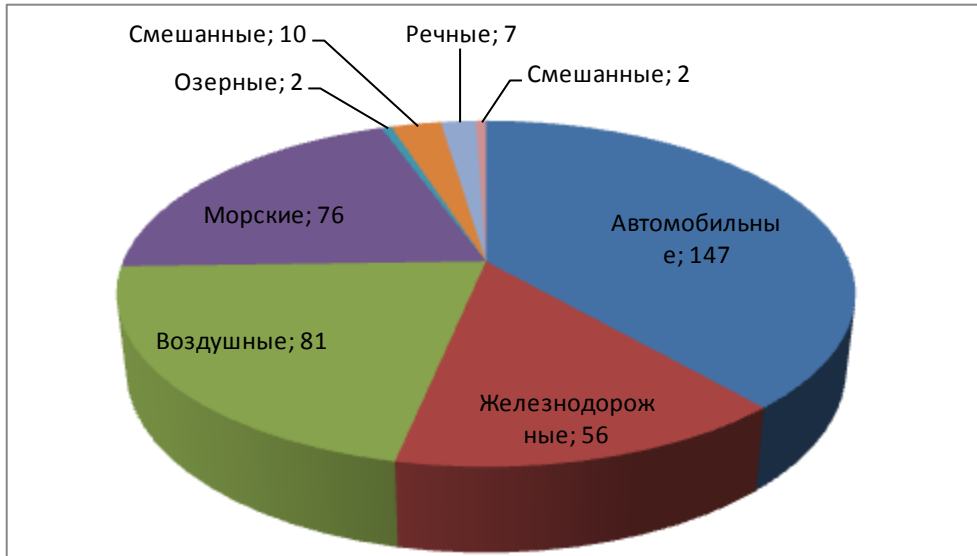


Рис. 2. Классификация пунктов пропуска по виду международного сообщения на 31.12.2010г. (По данным агентства «Росграница»)

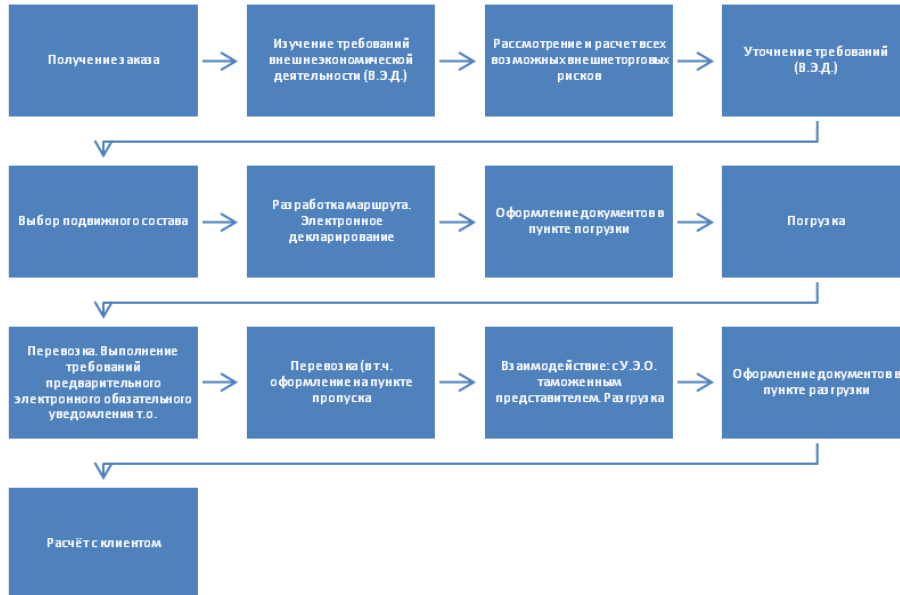


Рис. 3. Вариант логистической модели автомобильной международной перевозки.

В.Э.Д. – внешне экономическая деятельность; У.Э.О. → уполномоченный экономический оператор; Т.О. – таможенный орган

Общее расчетное время перевозки определяется по формуле:

$$T_o = \sum_{i=1}^m t_j + \sum_{r=1}^e S_k, \text{ где (1)}$$

$t_{i,i+1}$ – время движения перевозки между i -м и $(i+1)$ -м пунктами, $i = \overline{1, m}$;

t_j – время оформления проверки таможенных документов на i -м пункте, $j = \overline{1, n}$;

S_k — время погрузки, разгрузки и складирования на r -м пункте, $r = \overline{1, l}$;

m — количество участков движения автомобиля;

l — количество пунктов погрузки-разгрузки.

Составляющие приведенного выражения (1) носят вероятностный характер.

Путем математических рассуждений [4], уровень организации и качества представленной транспортной услуги по времени доставки возможно оценить коэффициентом " Q_k " по формуле:

$Q_k = \frac{T_0^3}{T_\Phi}$ (2), где T_Φ — время, фактически затраченное на оказание транспортной услуги;

T_0^3 — условно-эталонное время, рассчитанное в соответствии с действующими таможенными процедурами. $Q_k = 1$ или стремится к единице, перевозочный процесс организован хорошо, (по данным ФТС РФ составляет 53 мин);

$Q_k < 1$, то необходимо проводить мероприятия по исключению непроизводительных потерь времени.

Причины, из-за которых может происходить увеличение времени на таможенное оформление:

- усложнение системы таможенного регулирования (кроме таможенного кодекса таможенного союза, необходимо учитывать международные договоры, решения комиссии таможенного союза и акты ФТС РФ);
- учреждение нового института таможенного регулирования – УЭО (уполномоченного экономического оператора) — не нашло широкого распространения среди участников ВЭД;
- образование Т.С. (Таможенного союза) привело к тому, что может появиться фактор неожиданности, т.к. в перевозках заинтересованы страны ТС, чтобы получить свою долю на рынке;
- не четкое выполнения принципа «одно окно»;
- организационная и техническая ограниченность пунктов пропуска;
- возрастание доли рисков при перемещении товаров и т.с. через таможенную границу;
- достаточно высокие цены на услуги, связанные с обслуживанием участков В.Э.Д.

Несмотря на все вышеизложенное можно сделать заключение, что постоянно действующая комиссия Таможенного союза, ФТС РФ, уделяют большое внимание вопросу сокращению временных затрат в пунктах пропуска, а именно:

- внедрено обязательное предварительное электронное уведомление (за 2ч) о пересечении пункта пропуска;
- проводится электронное декларирование товаров и Т.С.;
- совершенствуется техническое оснащение пунктов пропуска (внедряются современные информационно-досмотровые комплексы);
- организуется взаимодействие таможенных органов с заинтересованными лицами и участниками ВЭД;
- внедряется система менеджмента качества работы таможенных органов РФ.

Для сокращения временных затрат необходимо рекомендовать следующее :

- Вопрос перемещения товаров и т.с. через пункты пропуска необходимо рассматривать на основе логистических принципов как единую интегрированную цепь поставок под управлением одного органа – таможенной службой – с учетом интересов участников ВЭД, в том числе с привлечением представителей бизнеса и перевозчиков (автомобильного, железнодорожного и водного транспорта);

- Проектирование, строительство новых и реконструкция существующих пунктов пропуска должна проводиться с перспективой роста товаропотока и т.с.;

- В пунктах пропуска должен быть только пограничный и таможенный контроль (все контролируемые структуры должны реально подчиняться ФТС РФ) и как следствие этого будет соблюдаться принцип «одно окно»;

- Наряду с предварительным уведомлением (за 2 ч) о пересечении пункта пропуска, тщательно готовить документы для электронного декларирования товаров и т.с. – обязательной должна быть сортировка т.с. и товаров, т.е. указания на дорогах (полосы движения в соответствии с заявленными таможенными процедурами), а ответственными за это должен быть орган, отвечающий за пункт пропуска;

- внедрение системы «зеленого коридора»;
 - увеличение числа У.Э.О. (сейчас их – 153 в Р.Ф., в Саратовской обл. – «1») за счёт снижения величины обеспечения уплаты таможенных пошлин, налогов (сейчас составляет 1 млн. евро по курсу валют).

Выводы:

1. Таможенному органу на пункте пропуска должны быть подчинены все виды контроля, включая фитосанитарный, ветеринарный, транспортный и надзор в сфере защиты прав потребителя;
2. Вся деятельность пунктов пропуска должна строиться на основе современных логистических технологий;
3. С учетом предложенных положений по сокращению временных затрат при прохождении пункта пропуска при МАП в формуле (1), второй показатель примет вид $\sum_{i=1}^{n-1} \tau_j \rightarrow \min$, т.к. товар (т.с.) оформляется в одном органе, одной структурой, т.е. в «одном окне»
4. Для сокращения затраты времени при прохождении пунктов пропуска на таможенной границе требуется предпринимать целый комплекс мер: от рекламно-пропагандистских до разъяснительных, от организационных до политических, от технических до таможенных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таможенный кодекс таможенного союза / Договор от 27.11.2010 года «О таможенном кодексе таможенного союза.
2. О таможенном регулировании в РФ – Федеральный закон от 27.11.2010 г. - №311-ФЗ-
3. Решение Таможенного союза «О введении обязательного предварительного информирования о товарах ввозимых на таможенную территорию таможенного союза автомобильным транспортом» №899 от 9.12.2011г.
4. Логистика автомобильного транспорта: Концепция методы, модели / Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В., Цвиринько И.А. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 280 с.

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 351, 811, 12:174.61

В.В. Нагорный, Н.П. Пармухин

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГРУЗОПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК И МЕРАХ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ АВТОДОРОГАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ, ВЕДУЩИХ К г. СОЧИ

Предложены основные направления безопасности дорожного движения на автодорогах Краснодарском крае ведущих к г. Сочи.

Улично-дорожная сеть, полоса движения, совершенствование дорожных условий, горная местность, геопатогенные зоны

V.V. Nagorny, N.A. Parmuhin

PROVISION OF AIR PASSENGER AND FREIGHT TRANSPORT AND MEASURES TO IMPROVE THE ROAD CONDITIONS ON THE FEDERAL HIGHWAY KRASNODAR KRAY LEADING TO THE CITY. SOCHI

The main directions of traffic safety on the roads of Krasnodar Kray leading to the city. Sochi.

The street-road network, lane, improvement of road conditions, mountainous terrain, geopathogenic zones

Существующие геометрические параметры автомобильных дорог края, ведущих к Черноморскому побережью, при имеющейся интенсивности транспортных потоков не позволяют в полной мере обеспечить требуемый уровень безопасности и бесперебойности движения.

Проводимые в настоящее время работы по реконструкции магистрали «ДОН» от границы с Ростовской областью до города Горячий Ключ позволят ослабить дорожно-транспортную напряженность на данном участке автодороги.

Вместе с тем, наиболее актуально проблема обеспечения безопасных и бесперебойных грузопассажирских перевозок стоит для федеральных автодорог М-4 «ДОН» на участке от г. Краснодара до п. Джубга и «Джубга – Сочи».

Общая протяженность участка магистрали «ДОН» от г. Краснодара до п. Джубга составляет 102 км, из них 22 км проходит в административных границах республики Адыгеи. Из 80 км протяженности по территории Краснодарского края – 18% проходится на населенные пункты. 14% протяженности участка автодороги имеет две полосы движения, 75% - три полосы движения и только 11% - четыре полосы. Фактически три четверти данного участка проходит в горной и пересеченной местности, где имеется два перевала (Молдовановский и Дефановский), составляющих 10% от общей протяженности.

Совокупность высокой интенсивности транспортных потоков и сложных дорожных условий, обусловленных горным ландшафтом, приводит к высокой аварийной опасности участка автодороги. В среднем на каждые 100 километров протяженности данного участка приходилось 104 дорожно-транспортных происшествий, при среднем показателе по магистрали «ДОН» по территории края 81 ДТП на 100 км. Шесть из десяти автоаварии, регистрируемых в течении года на данном участке автодороги, происходят в течении трех месяцев курортного сезона (июнь – август).

В зоне примыкания автодороги «Джубга – Сочи» к магистрали «ДОН» (в зоне КПП «Джубга») пиковая интенсивность в летний период возрастает до 55 тыс. автомобилей в сутки, что свидетельствует о крайней необходимости строительства развязки в разных уровнях.

Аналогичная ситуация складывается и на федеральной прочей автомобильной дороге «Джубга – Сочи», фактически являющейся единственной автотранспортной артерией, по которой осуществляются грузопассажирские перевозки в направлении города Сочи.

Из 214 километров данной дороги только 10% имеют четыре полосы движения, 29% – три и 61% - две полосы. Пиковая интенсивность на данной автодороге превышает 30 тысяч единиц в сутки.

На каждый километр автодороги в год в среднем приходится по два дорожно-транспортных происшествия, в которых пострадали люди. Каждые четыре из десяти ДТП, зарегистрированные на данной автодороги в течении года, происходят в течение трех летних месяцев. Среди множества факторов дорожных условий, определяющих состояние аварийности на автомобильном транспорте, особенно выделяются природные, так называемые геопатогенные зоны (ГПЗ), где действуют активно электромагнитные поля. Они соответствуют разломам земной коры, и их влияние на психофизиологию водителей особенно активно.

Так, сопоставление сведений о прохождении разломов земной коры по территории Краснодарского края и статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) на участках автомобильных дорог, проложенных в соответствующих геопатогенных зонах, показало наличие явных аномалий. Число ДТП на этих участках намного превышает средний уровень аварийности.

Реконструктивные мероприятия по совершенствованию дорожных условий, повышению безопасности дорожного движения и пропускной способности данной автодороги на протяжении ряда лет не проводятся, за исключением строительства транспортного обхода города Сочи и то по проекту, разработанному в 80-х годах с геометрическими параметрами, соответствующими автодорогам Шей технической категории.

Принимая во внимание, что наибольшее влияние на пропускную способность автодорог, не отвечающих по своим геометрическим параметрам интенсивности транспортных потоков, оказывает большегрузный транспорт, для кардинального решения проблемы обеспечения бесперебойности движения необходимо введение временных (с 1200 часов пятницы до 2400 часов воскресенья в период с 20.июня по 10.сентября) ограничений в движение данной категории транспортных средств на участке г. Горячий Ключ – Джубга автомагистрали «ДОН» и автодороге «Джубга – Сочи».

Учитывая, что в соответствии со ст. 14 Федерального Закона №196 ФЗ от 10.12.1995 «О безопасности движения» временные ограничения в движение на дорогах могут вводиться, как федеральными органами исполнительной власти, так и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления в пределах их компетенции, ФГУ «Управление федеральных автомобильных дорог по Краснодарскому краю» необходимо инициировать перед Федеральным дорожным агентством «Роставтордор», как уполномоченным органом исполнительной власти, подготовку соответствующего распорядительного документа о введении временных ограничений.

В период проведения спортивных мероприятий, даже с учетом возможных введений ограничений в движение, существенно обострится проблема обеспечения безопасности движения. Геометрические параметры и эксплуатационное состояние автодороги «Джубга – Сочи» не позволят обеспечить требуемых грузооборот. Кроме этого, проведение капитального ремонта и реконструкции данной автодороги неизбежно снизит ее пропускную способность в период проведения мероприятий.

В целях перераспределения транспортных потоков предупреждения срывов сроков перевозки грузов и пассажиров необходимо провести логистических изысканий с целью определения возможности использования железнодорожного и морского транспорта.

Целесообразно рассмотреть вариант доставки грузов автомобильным транспортом до железнодорожной станции г. Горячий Ключ с дальнейшей погрузкой грузов, либо непосредственно транспортными средствами с грузами, на железнодорожные платформы.

Строительство в дальнейшем от г. Горячий Ключ до Сочи и Новороссийска автодороги, не менее, чем с шестью полосами для движения автотранспорта.

Постоянный мониторинг дорожных условий и гибкий подход к повышению качества организации движения в пиковый период эксплуатации автомобильных дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нагорный, В.В. Кравченко А.Е. Организация перевозочного процесса автомобильным транспортом на примере Краснодарского края с учётом оценки безопасности движения в геоаналитических зонах / В.В. Нагорный, А.Е. Кравченко // Ежемесячный научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление» 2011 № 11 С. 72-74.

2. Нагорный, В.В. Кравченко Е.А. Обеспечение безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве / В.В. Нагорный, Е.А. Кравченко // Отраслевой научно-производственный журнал для работников автотранспорта «Грузовое и пассажирское автохозяйство». 2012 № 11 С. 61-66.

3. Нагорный, В.В. Влияние геопатогенных зон на безопасность дорожного движения / Владимир Нагорный // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: материалы V11 Всерос. науч.-техн. конф. / Уральский государственный технический университет – УПИ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, 2009 С.134-135.

4. Нагорный, В.В. Учёт геопатогенных зон при эксплуатации и реконструкции дорожной сети [Текст] / В.В. Нагорный; КубГТУ.- М., 2010. – 9 с. статья.- Библиогр.: 92-В2010.- Деп. в ВИНТИ РАН по техническим наукам 18.02.10, № 1021-5214/6a39.

5. Нагорный В.В. Безопасность движения автомобилей на автодорогах Краснодарского края с учётом влияния геопатогенных зон / В.В. Нагорный, Е.А. Кравченко // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения: материалы V11 Междунар. заоч. науч.-техн. конф. 24.10.2012 г. Пенза, 2012. Т.1. С 195-201.

Нагорный Владимир Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Vladimir V. Nagorny – Ph.D., associate Professor the Department «Organization of transportation and road» Kuban state technological University

Пармухин Николай Петрович – доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Nikolai P. Parmuhin – associate Professor of the Department «Organization of transport and road traffic» Kuban state technological University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.13

Н.А. Муравьева

ПОДХОД К КЛАССИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В ТРАНСПОРНО-СКЛАДСКИХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В статье рассмотрены особенности функционирования транспортно-складской системы, определены задачи управления, рассмотрены технологические процессы в транспортной и складской системах и предложена модель функционирования на основе страт технических, технологических и организационных компонентов.

Технологический процесс, транспортно-логистическая система, уровни иерархии, функционирование, склад, транспорт, логистический подход

N.A. Muravyeva

APPROACH TO THE CLASSIFICATION TECHNOLOGICAL PROCESS IN TRANSPORT-WAREHOUSE LOGISTICS SYSTEMS

The article deals with the peculiarities of transport and storage system management tasks are defined, reviewed processes in transportation and warehousing systems, and proposed a model based on the operation of the strata of technical, technological, and organizational components.

Technological process, transport and logistics system, the levels of the hierarchy, operation, storage, transportation, logistics approach

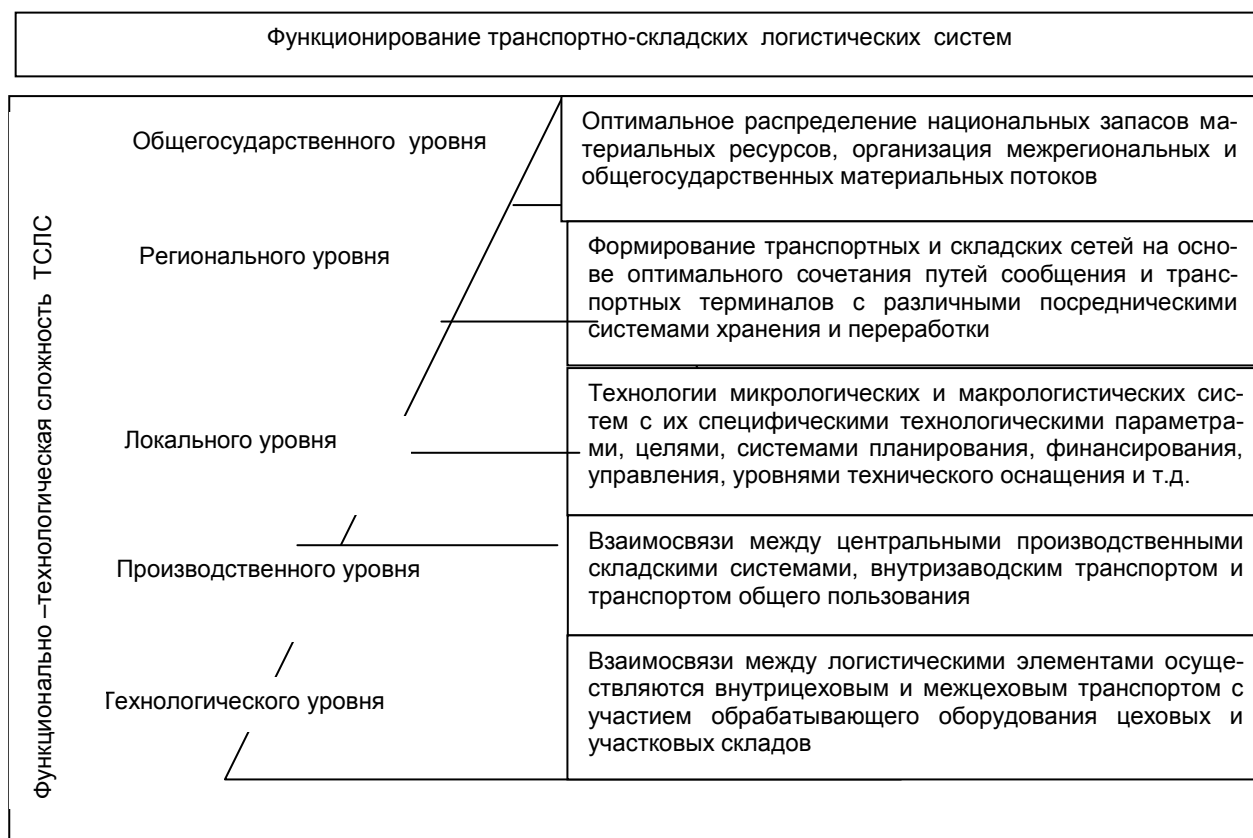
Отличительной особенностью современного периода является переход от индустриальной экономики к сервисной, где главным фактором, определяющим успех предприятия, является способность понять системы предпочтения клиентов, тенденции их развития и удовлетворения их запросов.

Нарастающие потоки грузов и пассажиров сдерживаемые низким уровнем оказания транспортных услуг и отсутствием современных логистических технологий организации транспортного процесса требуют новых подходов к управлению транспортными услугами.

Транспортно-складская логистическая система (ТСЛС) представляет собой совокупность иерархически зависимых подсистем, включающих людей, набор складов, транспортную технику, здания и сооружения со специальным оборудованием, объединенных между собой средствами организации, для обеспечения сконцентрированной, целенаправленной деятельности в сфере удовлетворения потребностей в эффективном продвижении материальных ресурсов и обладающей определенной степенью организованности и автономности. [4]. Ее работа основывается на эффективной интеграции производственных, транспортных и складских систем с учетом логистического сервиса.

При логистическом подходе к управлению транспортно-складской системой предполагается решение следующих задач: выбор вида и типа транспортных средств; совместное планирование транспортных процессов со складскими и производственными процессами; согласование работы различных видов транспорта; определение рациональных маршрутов доставки грузов; рациональное размещение складов. Поэтому функционирование ТСЛС как части производственной логистики, во взаимосвязи с ресурсной и функциональной логистик, является процессом достижения поставленной цели при наличии энергоресурсов, организационных структур технологических процессов, системы управления и действия возмущающих воздействий, оказываемых окружающей средой.

Транспортно-складская система, имеющая транспортную и складскую составляющие, является сложной интегрированной системой и включает три функциональных уровня, находящихся в соответствующей иерархии: федеральный, региональный и местный. Складской технологический процесс является совокупностью последовательно выполняемых операций, связанных с подготовкой к приемке продукции, поступлением, перемещением, распаковкой, приемкой продукции по количеству и качеству, размещением на хранение, укладкой, отборкой, комплектацией, подготовкой к отпуску и отпуском продукции потребителю. А основная деятельность автомобильного перевозчика заключается в реализации двух диалектически связанных и в то же время внутренне совершенно разных технологических процессов – это перевозочный процесс и процесс технического обслуживания и ремонта. Главным технологическим процессом при этом является процесс взаимодействия исполнителей и техники.



Проблема складирования требует не только индивидуального технологического, но определенного логического подхода, основанного на увязке особенностей входящих и исходящих потоков с учетом внутренних факторов, влияющих на складскую обработку груза. Учитывая потенциальное значение складского хозяйства, логистическая система рассматривает проблемы стратегического размещения материальных ресурсов, совершенствования технологий и систем, способствующих обработке, хранению товара, погрузо-разгрузочным, транспортным и прочим складским работам.

На различных уровнях иерархии в транспортно-складских системах: общегосударственном, региональном, локальном, производственном, и технологическом взаимосвязи между производственными, транспортными и складскими элементами соответствующих систем будут особыми (рисунок).

Структура ТСЛС, описанная посредством моделей, отражающих функционирование системы на определенном уровне абстрагирования – страте, с ее характерными особенностями, законами и принципами поведения системы, иерархически не связанной с другими стратами, но реализующая целевую функцию транспортно-складского комплекса в целом.

Стратифицированная модель ТСЛС отражающая компонентный состав и взаимодействие между компонентами, представлена в виде таблицы [1].

Стратифицированная модель ТСЛС

Вид компоненты	Элементы ТСЛС
Организационная	Структура управления
	Нормативное регулирование
	Механизмы принятия решений
Технологическая	Технологии взаимодействия технических компонентов
	Технологии межсистемной логистической интеграции
Техническая	Пути сообщения
	Транспортные пункты
	Транспортные средства
	Склады, Терминалы

Некоторые особенности при выделении страты технических компонентов ТСЛС:

- при создании транспортных и складских сетей необходимо учитывать взаимодействие различных видов транспорта;
- при строительстве и размещении складских комплексов выбирать рациональные способы организации процессов перемещения грузов, учитывая действующие системы хранения и переработки;

- оптимизация сочетания сети магистральных и локальных дорог и транспортных терминалов;
- организация согласованной работы транспортных средств и погрузо-разгрузочных устройств в транспортных пунктах;

- сложное разделение транспортных пунктов, в зависимости от территориального уровня;

Технологические аспекты взаимодействия технических компонентов ТСЛС могут затрагивать разные области.

На различных территориальных уровнях возникают противоречия технологического уровня. Например, ТСЛС локального уровня с одной стороны базируются на технологии микрологистических систем, с другой – на технологии функционирования магистрального транспорта, который является элементом макрологистической системы. В промышленно-транспортных узлах, являющихся макрологистической системой низшего уровня необходимо согласование различных видов транспорта, имеющих не только свои специфические технологические параметры, но и противоречивые цели в системах планирования, управления и т.д. Также важно согласование ритма производства с ритмом перевозочного процесса.[3]

Организационные компоненты обеспечивают координацию деятельности и развития ТСЛС различных уровней. Принимаемые решения должны быть направлены на единство и согласованное функционирование федеральных, региональных и местных транспортно-складских систем.

Многоуровневое представление структуры ТСЛС в виде страт позволит отразить сложный и неоднородный состав компонентов, а также иерархию, распределение задач между звеньями системы управления и принятию решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларин О.Н., Приходько А.П., Шепелев В.Д., Кажаяев А.А. Развитие транзитного потенциала автотранспортных систем регионов: научная монография. М.: ВИНТИ РАН, 2010. 344 с.
2. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д.Мако, И. Такахага. М.: Мир, 1973. 344 с.
3. Никифоров В.В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. М: ГроссМедиа, РОСБУХ., 2008. 192 с.
4. Основы логистики: учеб. пособие / под ред. Л. Б. Миротина и В. И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2000. 200 с.

Муравьева Нелли Александровна – ассистент кафедры «Организация перевозок и управления на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Nelly A. Muraveva – assistant of the chair «Chair the Organization of transportations and management on transport» of GagarinSaratov State Technical university

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 629.113.004.5

Л.Б. Миротин, Е.А. Лебедев

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДИСТРИБУТИВНОГО УРОВНЯ АГРОКОМПЛЕКСА

Приведены особенности транспортного обслуживания агрокомплекса на дистрибутивном уровне. Описаны использованные методы решения необходимых задач. Предложены новые подходы развития перевозочных технологий и роста эффективности транспортного обслуживания потребителей на основе концепции транспортно-логистических услуг.

Организация, транспортно-логистическая система, технология, концепция, транспортная работа, маршрут, грузовая отправка, доставка

L.B.Mirotin, E.A.Lebedev

ARRANGEMENT OF TRANSPORT TECHNOLOGICAL PROCESSES OF DISTRIBUTIVE LEVEL IN AGROCOMPLEX

The authors show some peculiarity of agrocomplex transport service on the distributive level and describe some methods being used for deciding necessary tasks. It is suggested some new ways of conveyance technology development and of growth of effective transport service for consumes on the base of conception of transport logistic servis.

Arrangement, transport logistic system, technology, conceptio, transport work, route, sending of goods, delivery

Накопленный за последние годы опыт по выбору системы доставки грузов (ВСДГ) показывает, что эти задачи характеризуются большим числом ограничений, обусловленных особенностями технологии организации доставки конкретных видов грузов и условиями перевозки на территории конкретного региона или города.

Для достижения высокой эффективности организации доставки необходимы:

- наличие хороших связей для оперативной системы передачи и обработки информационных потоков;
- полнота учета требований клиента, предъявляемых к системе доставки, и перечня параметров оценки их удовлетворения.

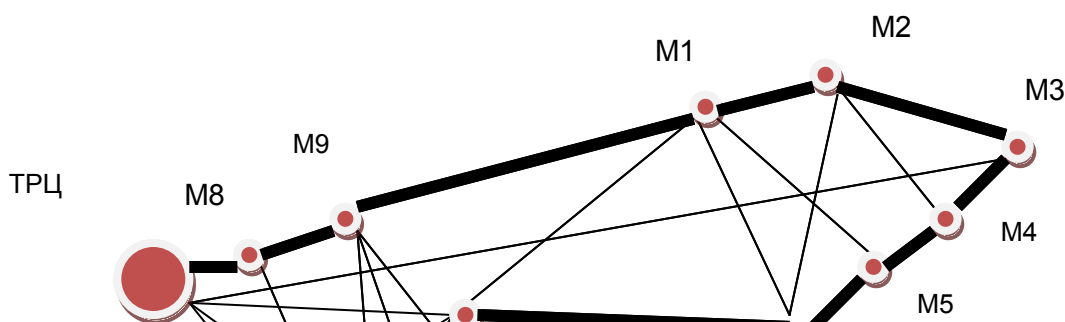
Необходимо учитывать, что качество транспортного обслуживания характеризуется не только экономичностью доставки. Эффективность функционирования потребителей автоуслуг во многом зависит и от таких аспектов качества доставки, как полнота и сохранность грузовой отправки, своевременность доставки и т.д. [1].

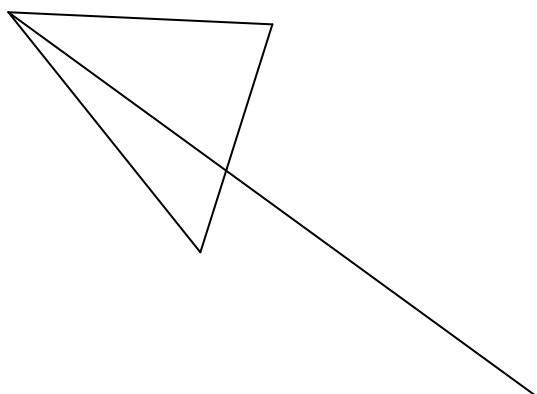
При внутригородских автоперевозках по-прежнему является актуальной проблема маршрутизации, что осложняет формирование транспортно-логистической системы (ТЛС), обеспечивающей эффективное функционирование предприятий агрокомплекса на дистрибутивном уровне, интегрированных в единую производственно-хозяйственную структуру по организационно-правовым и функционально-технологическим принципам. Дистрибутивная деятельность агрокомплекса связана со скоропортящимися грузами, а интеграция производства и транспорта вызывает высокую взаимную зависимость производственно-транспортных процессов.

В настоящее время решение задачи маршрутизации перевозок мелких партий грузов сводится к тому, чтобы применять маршруты обеспечивающие минимальные издержки по транспортированию. Это достигается использованием методов Кларка-Райта и Флойда, алгоритм которых предполагает несколько этапов:

1. Строится система маятниковых маршрутов, на каждом из которых предполагается обслуживать одну ТТ. Для каждого такого маршрута назначается объем перевозок и транспортное средство.
2. Рассчитывается выигрыш за счет сокращения пробега для всех возможных вариантов объединения маршрутов, построенных ранее.
3. Находится максимальный выигрыш от возможного объединения исходных маршрутов. Если максимальный выигрыш нулевой или отрицательный, то решение считается законченным.
4. Оценивается возможность дальнейшего объединения вновь сформированных маршрутов с учетом наличия транспортных средств необходимой вместимости.

Очевидно, что эти методы транспортного производства направлены на использования автоперевозчиками традиционной концепции, ограничивающей автоуслугу чистой транспортировкой груза. В то время как потребителями востребована новая логистическая концепция, которая предусматривает развитие процессов физической перевозки до предоставления транспортно-логистических услуг.





Условные обозначения:




	- границы маршрутной зоны;
	- транспортная сеть маршрутной зоны;
	ТРЦ - товарно-распределительный центр;
M1	- торговые точки

Схема транспортной сети маршрутной зоны

Автоматизация работы, связанной с процессами обеспечения транспортного обслуживания всех грузопотоков агрокомплекса, позволяет снизить транспортно-логистические затраты по доставке готовой продукции. Одним из направлений повышения эффективности транспортного обслуживания является разработка оптимальной маршрутной схемы доставки продукции на торговые точки (ТТ), но и технология ее использования. Суть предлагаемых процессов состоит в том, что транспортное пространство города разделяется на несколько маршрутных зон и для каждой из них формируются определенные маршруты по доставке продукции в торговые точки. Планирование маршрутов производится с учетом транспортной сети маршрутной зоны и наличия заявок от торговых точек, расположенных в границах данной зоны, на доставку продукции. Иллюстрация схемы маршрутной зоны и ее транспортной сети приведены на рисунке..

После этого проводится группирование торговых точек в планируемый маршрут. Оно начинается с торговой точки наиболее отдаленной от товарно-распределительного центра (ТРЦ).

Разделяя торговые точки на группы можно сформировать несколько развозочных маршрутов, в зависимости от удаленности этих точек от ТРЦ и потребности их в продукции, указанной в заявках, ранее поданных в ТРЦ.

Учитывая стоящую перед автоперевозчиками задачу по необходимости внедрения эффективных перевозочных технологий и развития транспортной логистики [4], предложена следующая последовательность расчета планируемого маршрута:

1. Определение размера грузовой отправки для i -й торговой точки (ТТ) подавшей заявку на доставку товара:

$$Q_i = \sum_{k=1}^{k \in K} q_k j_k \text{ (тонн или м}^3\text{)}, \quad (1)$$

где Q_i – размер грузовой отправки i -той ТТ (т; м³);

$k \in K$ – количество заказанных k -х наименований товара из K имеющихся на товарно-распределительном центре (ТРЦ);

q_k – вес (объем) одной единицы товара (грузового места) k -го наименования товара (ед),

j_k – количество единиц товара (грузовых мест) k -ого наименования, (ед).

2. Определение машинной отправки:

$$Q^a = \sum_{i=1}^{i \in I} Q_i = \sum_{i=1}^{i \in I} \sum_{k=1}^{k \in K} q_k j_k (m; m^3), \quad (2)$$

где Q_a – размер машинной отправки (т; m^3);

i - номер ТТ подавшей заявку из I -го количества ТТ, находящихся в сегменте транспортного пространства или на определенном направлении.

3. Определение грузоподъемности автомобиля для предстоящей перевозки.

Должно соблюдаться следующее условие:

$$q_n \geq Q^a, \quad (3)$$

где q_n – номинальная грузоподъемность (или вместимость) транспортного средства (т; m^3).

4. Определение кратчайшего пути движения ТС между i -ми ТТ, включенными в машинную отгрузку предстоящего развозочного маршрута:

$$L_M = l_{o-(i=1)} + \sum_{i=1}^{i=n} l_{i_n-(i+1)} + l_{(i_n=n)-o} \rightarrow \min; \quad (4)$$

где $l_{o-(i=1)}$ – расстояние от ТРЦ до первой ТТ (разгрузки) включенной в машинную отгрузку (км);

n – порядковый номер i -й ТТ ранжированной по последовательности расположения на маршруте;

$l_{(i=n)-o}$ – расстояние от последней ТТ (разгрузки) до ТРЦ (км);

$l_{i_n-(i+1)}$ – расстояние от предыдущей торговой точки i_n до последующей i_{n+1} , включенной в машинную отгрузку (км).

При наличии эффективной картографии и навигационной системы определение кратчайшего пути следования ТС упрощается.

5. Маршрутные зоны и транспортное пространство города имеют транспортную сеть, позволяющую формировать различные варианты схем развозочных маршрутов. А поскольку ТТ рассредоточены по территории города, то развозочные маршруты чаще всего имеют кольцевую конфигурацию. В этой связи размер транспортной работы ТС за кругорейс будет зависеть от первоочередности разгрузки максимальных грузовых отправок в соответствующих ТТ, расположенных на кольцевом развозочном маршруте. Поэтому необходимо определить более эффективное направление движения автомобиля на таком маршруте по минимальной транспортной работе выполняемой при движении ТС в прямом или противоположном направлениях:

$$P_1 = Q^a \cdot l_{[o-(i=1)]} + \sum_{i=1}^{i=n} [(Q^a - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{i=n}) \cdot l_{[i_n-(i+1)]}]; \quad (5)$$

$$P_2 = Q^a \cdot l_{[i_n-(i+1)]} + \sum_{i=n}^{i=1} [(Q^a - \sum_{i=n}^{i=1} Q_{i=n}) \cdot l_{[o-(i=1)]}], \quad (6)$$

где P_1 и P_2 – транспортная работа выполняемая ТС при движении по маршруту в прямом (P_1) или обратном (противоположном) (P_2) направлениях;

$Q_{i=n}$ – вес груза снятого с автомобиля при разгрузке в i -й торговой точке с порядковым номером n (т; m^3);

Если $P_1 < P_2$ – движение ТС эффективно в прямом направлении;

$P_1 = P_2$ – направления движения равнозначны;

$P_1 > P_2$ – движение ТС эффективно в обратном направлении.

После определения направления движения ТС по маршруту необходимо определить последовательность его загрузки, которая будет противоположной последовательностью прохождения разгрузки в ТТ точек включенных в состав планируемого маршрута.

6. Определение последовательности загрузки грузовых отправок в единую машинную отгрузку, размещаемую в выбранном ТС, выполняется ранжированной выборкой номеров i -х торговых точек, подавших заявки для доставки продукции:

$$i \in I, \quad (7)$$

где I – множество точек маршрутной зоны (ед).

7. Расчет затрат связанных с доставкой продукции на ТТ конкретного маршрута, при одном кругорейсе может быть выполнен по известным формулам путем введения в них исходных данных.

Экономическая оценка эффективности предложенного пути показала, что он позволяет сократить транспортные затраты на единицу веса перевезенной продукции до 50 % и более, из расчета годового периода.

Проведенные исследования показали, что предложенные пути повышения эффективности транспортного обслуживания дистрибутивной деятельности являются важными элементами формирования транспортно-логистической системы (ТЛС) производственно-хозяйственной деятельности агрокомплекса и направлены на решение задач транспортной стратегии РФ на период до 2030 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Гудков В.А. и др. Транспортная логистика: учебник / Под общ. ред. Л.Б.Миротина. – 2-е изд., стереотип. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 512 с.
2. Лебедев Е.А. Потребность рыночной среды в новых транспортных структурах // ВИНТИ РАН «Транспорт: наука, техника, управление». – 2010. - № 3. – С. 38-40.
3. Голованов Б.В., Грановский В.А., Лебедев Е.А. Региональные интегрированные логистические системы // Сб. материалов VI международной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств», - Пенза, 2010. – С. 209-214.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (Утверждено решением Правительства РФ от ноября 2008 года № 1734-р).

Миротин Леонид Борисович –
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент» Московского автомобильно-дорожного государственного технологического университета – (МАДИ)

Leonid B. Mirotin –
Dr Sc., professor head of Department «Management» Moscow avto-road State technical University (MADI)

Лебедев Евгений Александрович –
доктор технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и обеспечения движения» Кубанского государственного технологического университета

Evgenij A Lebedev –
Dr Sc., professor Department «Organization of conveyance and safety of movement» Kuban State University of Technology (KSUT)

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.073.7

Д.А. Мельников

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЙ ВЫБОРКИ ДАННЫХ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА КОНТЕЙНЕРНОМ ТЕРМИНАЛЕ

Проведён анализ работы контейнерного терминала Новороссийского морского порта. Время обслуживания автомобилей на терминале составило генеральную совокупность данных. В ходе проведённых исследований был установлен объём репрезентативной выборки. Полученные результаты сократят дальнейшее исследование в данной области для построения концептуальной модели обслуживания автомобильного транспорта на контейнерном терминале.

Статистический анализ, репрезентативная выборка, генеральная совокупность, контейнерный терминал, предельная ошибка выборки

D.A. Melnikov

DEFINITION OF REPRESENTATIVE DATA SELECTION OF THE MOTOR TRANSPORT SERVICE ON THE CONTAINER TERMINAL

The analysis of operation of the Novorossiysk seaport container terminal was carried out. The service time for cars on the terminal made the general collection of data. During the conducted researches the volume of representative selection was established. The received results will reduce further research in the field of study for the creation of conceptual model of the motor transport service on the container terminal.

Statistical analysis, representative selection, general collection, container terminal, limit error of selection

Одним из научных принципов в теории выборочного метода является обеспечение достаточного числа отобранных единиц. Теоретически необходимость соблюдения этого принципа представлена в доказательствах предельных теорем теории вероятностей, которые позволяют установить, какой объем единиц следует выбрать из генеральной совокупности, чтобы он был достаточным и обеспечивал репрезентативность выборки.

Уменьшение стандартной ошибки выборки, а следовательно, увеличение точности оценки всегда связано с увеличением объема выборки, поэтому уже на стадии организации выборочного наблюдения приходится решать вопрос о том, каков должен быть объем выборочной совокупности, чтобы была обеспечена требуемая точность результатов наблюдений.

В настоящее время, многие сталкиваются с вопросом, какой объем данных необходимо взять, чтобы обеспечивалась достаточная точность конечного результата. При исследовании технологического процесса на контейнерном терминале Новороссийского морского порта было, что время обработки подвижного состава на терминале зависит от: 1) времени прохождения КПП на въезде; 2) время обслуживания в зоне досмотра контейнера; 3) время прохождения таможенной зоны; 4) время обслуживания на терминале; 5) время прохождения КПП на выезде. Каждый временной этап зависит от ряда независимых объясняющих переменных и латентных факторов. Задачей данного исследования является создание адекватной транспортной модели работы контейнерного терминала. Для её решения необходимо установить, к какому из законов статистического исследования относится каждый этап технологического процесса перевалки контейнеров.

Вопрос об определении необходимой численности выборки усложняется, если выборочное обследование предполагает изучение нескольких признаков единиц отбора. В этом случае средние уровни каждого из признаков и их вариация, как правило, различны, и поэтому решить вопрос о том, дисперсии какого из признаков отдать предпочтение, возможно лишь с учетом цели и задач обследования.

При проектировании выборочного наблюдения предполагаются заранее заданная величина допустимой ошибки выборки в соответствии с задачами конкретного исследования и вероятность выводов по результатам наблюдения.

При бесповторном случайном отборе необходимая численность выборки вычисляется по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{N \cdot \Delta^2 + t^2 \cdot \sigma^2} \quad (1)$$

где t - коэффициент доверия

σ - дисперсия вариационного признака

N - объем генеральной совокупности

Δ - предельная ошибка выборки

Величина коэффициента доверия зависит от доверительной вероятности, с которой гарантируется величина предельной ошибки выборки.

Коэффициент доверия и соответствующие уровни доверительной вероятности

t	1,00	1,96	2,00	2,58	3,00
$F(t)$	0,683	0,950	0,954	0,990	0,997

Для обеспечения максимальной адекватности проектируемой модели работы контейнерного терминала, примем доверительную вероятность равной 0,997 и коэффициент доверия равный 3,00.

Объем генеральной совокупности времени обслуживания автомобилей за год на контейнерном терминале составил 129559 значений.

Дисперсия выборки равна 7,375.

Сложнее решить вопрос в отношении величины предельной ошибки выборки, так как этим показателем исследователь на стадии проектировки выборочного наблюдения не располагает, поэтому в практике принято задавать величину предельной ошибки выборки, как правило, в пределах до 10% предполагаемого среднего уровня признака. Установление предполагаемого среднего уровня можно выполнять по-разному: использовать данные подобных ранее проведенных обследований или же воспользоваться данными основы выборки и произвести небольшую пробную выборку.

С помощью пакета анализа данных в Microsoft Excel установили, что стандартная ошибка выборки генеральной совокупности составляет 0,0328. Принимаем это значение в качестве величины предельной ошибки выборки.

Подставляя все значения в формулу (1) получаем, что объем репрезентативной выборки при годовом анализе должен составлять 41800 значений.

Для того, чтобы учитывать сезонных характер изменения работы контейнерного терминала, необходимо репрезентативную выборку разбить по 3483 значения на каждый месяц.

Вывод: В результате проделанной работы было установлено, что для статистического анализа генеральной совокупности выделение репрезентативной выборки сокращает объем сбора и исследования данных. Данное исследование является неотъемлемой частью этапа построения модели работы контейнерного терминала Новороссийского морского порта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механик Л. А., Токман Г. И. Портовые перегрузочные работы». М.: Транспорт, 1983. 285 с.
2. Степанов В.Г. Статистика. Ч. 1: учебно-методический комплекс. М.: Центр дистанционных образовательных технологий МИЭМП, 2007.
3. Суслов И.П., Общая теория статистики: учебник. М.: Статистика, 2004. 392 с.

Мельников Дмитрий Александрович – аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Ростовского государственного строительного университета

Melnikov Dmitry Aleksandrovich – post-graduate student of the Organization of Transportations and Traffic Management Department at the Rostov State University of Civil Engineering.

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.1

Н.В. Ловыгина, Е.Е. Витвицкий, Н.Ф. Антипенко

ПРИМЕНЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ПО МАШИНЫМИ ОТПРАВКАМИ В МИКРО И ОСОБО МАЛОЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ФАКТОРОВ

Разработанные вероятностные модели описания функционирования микро и особо малой автотранспортных систем, методика их применения и ее программно-математическое обеспечение позволяют осуществлять планирование, учитывая дискретный характер транспортного процесса, определять возможные плановые величины выработки и результаты функционирования при планировании перевозок грузов в городах, в требуемое время и с достаточной точностью.

Автотранспортные системы; планирование перевозок грузов; вероятностные факторы; программно-математическое обеспечение

N. V. Lovygina, E.E.Vitvitsky, N.F.Antipenko

APPLICATION OF OPERATIONAL PLANNING OF PROCESS OF TRANSPORTATION OF GOODS OF POMASHINNYMI BY SENDINGS IN MICRO AND ESPECIALLY SMALL MOTOR TRANSPORTATION SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT PROBABILISTIC FACTORS

The developed probabilistic models of the description of functioning of micro and especially small motor transportation systems, technique of their application and its program software allow to carry out planning, considering discrete nature of transport process, to determine possible planned sizes of development and results of functioning when planning transportation of goods in the cities, in demanded time and with a sufficient accuracy.

Motor transportation systems, planning of transportation of goods, probabilistic factors, program software

Повсеместно наблюдаются отклонения в ежедневной работе автомобилей (преждевременное прибытие либо опоздания по графику). Причинами отклонений является влияние вероятностных факторов, полный перечень которых установить не представляется возможным [1].

Практика выполнения перевозок грузов автотранспортными средствами показала, что реально существует множество автотранспортных систем перевозок грузов (АТСПГ), отличающихся друг от друга многими особенностями, которые обусловили подход к выработке языка описания и математической формулировке функционирования конкретной АТСПГ, что отражено в классификации и моделях АТСПГ, разработанных в СибАДИ. Среди них выделяются микро (*Смикро*) и особо малые (*Сом*) АТСПГ, получившие в настоящее время широкое распространение в экономике государства. В *Смикро* и *Сом* АТСПГ работает один автомобиль в силу ограниченности заявки обслуживаемой клиентуры. Несмотря на то, что объем перевозок в указанных АТСПГ невелик, таких АТСПГ на практике наблюдается ежедневно значительное количество и от того насколько качественно спланированы перевозки, зависят себестоимость готовой продукции (услуг) и конечные результаты деятельности грузоотправителей и грузополучателей.

Обзор состояния теории грузовых автомобильных перевозок показал, что для *Смикро* и *Сом* имеются теоретические и методические решения для перевозок грузов автомобилями помашинными отправками, но разработаны они без учета вероятности протекания транспортного процесса [4].

В СибАДИ было выполнено совершенствование положений теории грузовых автомобильных перевозок за счет разработки вероятностных моделей описания функционирования *Смикро* и *Сом* [2,3]. Наряду с полезным эффектом использования разработанных моделей появился отрицательный момент – возросла количественная и качественная сложность математических зависимостей и их применения, что стало основанием необходимости создания инструмента, упрощающего практическое применение моделей и восприятие полученных результатов. Поэтому была разработана методика применения вероятностных моделей описания функционирования *Смикро* и *Сом* ($S^{\sigma}_{\text{микро}}$ и $S^{\sigma}_{\text{ом}}$) и ее программно-математическое обеспечение (рис. 1) [5].

На первом этапе пользователь определяется с необходимостью учета в расчетах вероятностных отклонении ТЭП. Далее пользователь выбирает в какой АТСПГ выполняются расчеты, выбор производится среди двух АТСПГ по двум подходам:

- расчет результатов работы в *Смикро* и *Сом* (подход детерминированный)
- расчет результатов работы в $S^{\sigma}_{\text{микро}}$ и $S^{\sigma}_{\text{ом}}$ (подход вероятностный).

Поскольку в *Сом* ($S^{\sigma}_{\text{ом}}$) могут использоваться четыре вида маршрута, но в конкретной АТСПГ применяется один, на третьем этапе выбирается один из четырех указанных маршрутов. На практике может проявляться вероятностное влияние, как одного из двух факторов (V_T или $t_{\text{ПВ}}$), так и их возможных комбинаций, поэтому на четвертом этапе пользователь выбирает, какие именно вероятностные ТЭП (V_T или $t_{\text{ПВ}}$) и в каких комбинациях будут учитываться в расчетах (см. рисунок). На пятом этапе рассчитывается план перевозок грузов по детерминированным моделям *Смикро* и *Сом* и разработанным вероятностным моделям $S^{\sigma}_{\text{микро}}$ и $S^{\sigma}_{\text{ом}}$. Затем выполняется оценка полученных результатов, результаты расчета, например для *Смикро*, представляются в таблице.

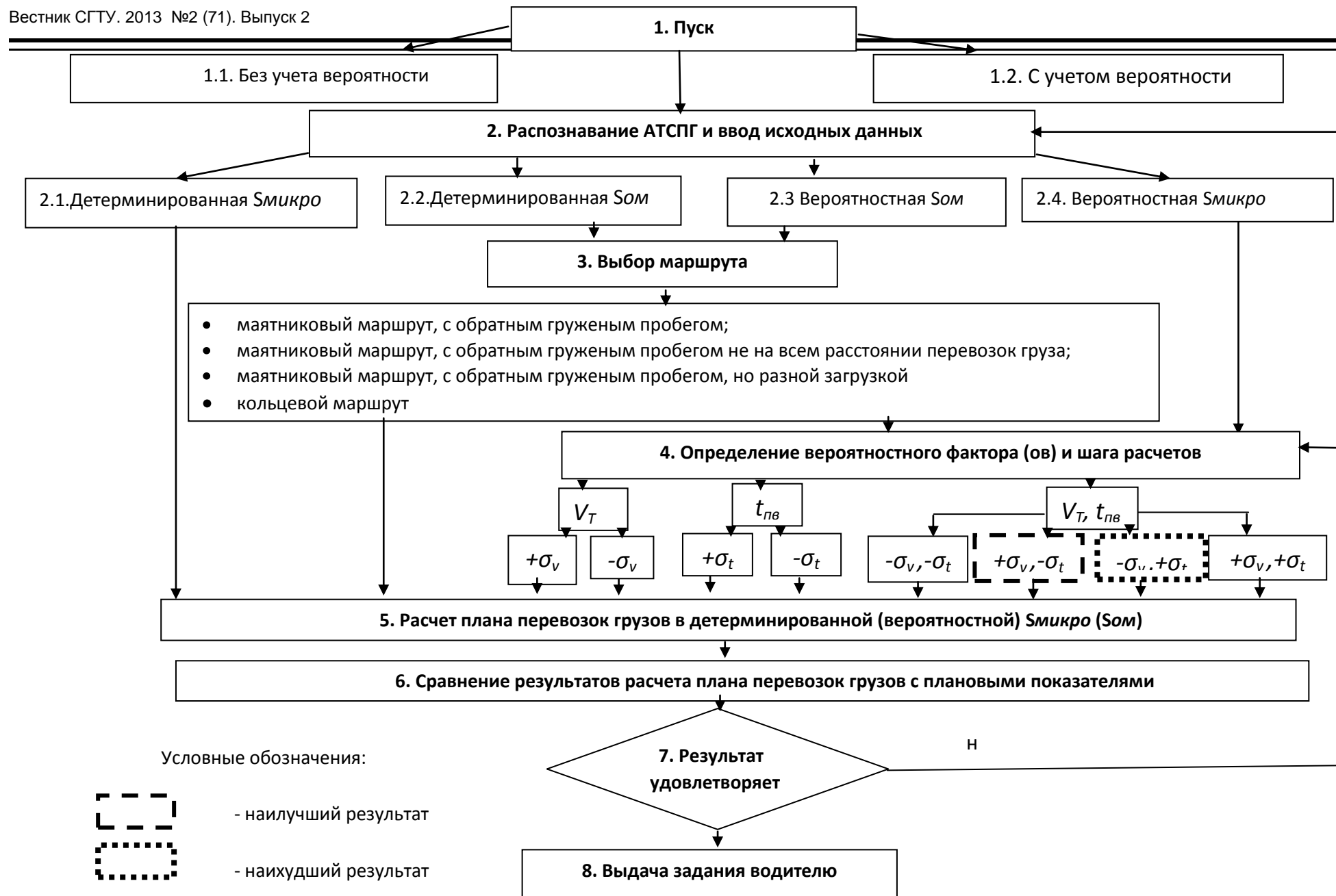


Схема методики применения моделей $S^{\sigma микро}$ и $S^{\sigma ом}$

Результаты планирования перевозок в *Смикро*

МИКРОСИСТЕМА									
Показатели	Детерминированный подход	Вероятностный подход							
		$+\sigma_v$	$-\sigma_v$	$+\sigma_t$	$-\sigma_t$	$+\sigma_v$ $+\sigma_t$	$+\sigma_v$ $-\sigma_t$	$-\sigma_v$ $+\sigma_t$	$-\sigma_v$ $-\sigma_t$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общее количество ездов, ед.	4	4(5)	3	4	4(6)	4	4(7)	3	4
Выработка автомобиля за смену, т	20	20(25)	15	20	20(30)	20	20(35)	15	20
Выработка автомобиля за смену, т·км	400	400(500)	300	400	400(600)	400	400(700)	300	400
Общий пробег автомобиля, км	164	164(204)	124	164	164(244)	164	164(284)	124	164
Фактическое время нахождения автомобиля в наряде, ч	8,56	8,56(8,99)	8,18	10,24	8,56(10,24)	8,9	8,56(9,6)	9,43	9,15

Если результаты таблицы удовлетворяют перевозчика и заказчика, то заявка принимается к исполнению и выполняется восьмой этап. В противном случае осуществляется возврат во второй или четвертый этапы.

Возврат во второй этап производится также, когда изменилась транспортная схема или исходные величины ТЭП. Возврат в четвертый этап производится также, когда требуется выбрать другой фактор или иной шаг (диапазон, исходные данные) расчетов.

Используя профессионально-логический подход и результаты таблицы, грузоотправитель и перевозчик принимают решение о количестве груза, которое гарантированно будет перевезено в известных условиях, и количестве груза, для перевозки которого необходимы дополнительные действия и средства.

Разработанные вероятностные модели описания функционирования *Смикро* и *Сом*, методика их применения и ее программно-математическое обеспечение (ПМО) позволяют осуществлять планирование, учитывая дискретный характер транспортного процесса, определять возможные плановые величины выработки и результаты функционирования при планировании перевозок грузов в городах, в требуемое время и с достаточной точностью.

Внедрение результатов работы в практику обучения студентов СибАДИ позволило повысить качество подготовки специалистов по эксплуатации автомобильного транспорта. Научную и практическую значимость полученные результаты представляют для аспирантов и соискателей, занимающихся исследованиями в области совершенствования теории и практики организации перевозок, экономики и управления на автомобильном транспорте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хохлова Н.В., Николин В.И. Необходимость учета вероятности в управлении транспортным производством // Автотранспортное предприятие. 2008. №7. С. 54-55.
2. Хохлова Н.В., Николин В.И. Модель микросистемы с учетом вероятностных факторов // Перспективы развития транспорта в XXI веке: материалы I научной межвузовской Интернет-конференции, г. Иркутск, 28-30 ноября 2007 г. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2007. С.120-123.
3. Хохлова Н.В. Модель особо малой системы с учетом вероятностных факторов // Межвузовский сборник трудов молодых ученых, аспирантов и студентов. Омск: СибАДИ, 2008. Вып. 5. – Ч.1. С. 332-335.
4. Ловыгина Н.В., Витвицкий Е.Е. Возможность влияния случайного отклонения на процесс автомобильных перевозок // Технология, организация и управление автомобильными перевозками: сборник научных трудов. №2. Омск: СибАДИ, 2009. С.40-48.
5. Ловыгина Н.В., Витвицкий Е.Е. Программно-математическое обеспечение оперативного планирования процесса перевозок грузов помашинными отправлениями в микро и особо малой автотранспортных системах с учетом вероятностных факторов . Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 15857 от 25.06.2010). Государственная академия наук, Российская академия образования, институт научной информации и мониторинга, объединенный фонд электронных ресурсов «Наука и образование» г. Москва, 2010.

Ловыгина Надежда Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ)

Витвицкий Евгений Евгеньевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ)

Антипенко Наталья Федоровна – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии», заместитель декана факультета «Нефтегазовая и строительная техника» Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ)

Nadezhda V. Lovygina – Candidate of Technical Sciences, the associate professor «The organization of transportations and management on transport» the Siberian automobile and road academy.

Evgeny E. Vitvitsky – Doctor of Engineering, the associate professor, the head of the department «The organization of transportations and management on transport» the Siberian automobile and road academy.

Natalia F. Antipenko – the senior teacher of Information Technologies chair, the deputy dean of faculty «Oil and gas and construction equipment» the Siberian automobile and road academy

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 621.873

Я. Л. Либерман, Л. Н. Горбунова

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ПРИ «ПРОДАЖЕ УСЛУГ»

Показан расчет прироста прибыли, сокращение расходов, связанных с эксплуатацией, и другие показатели, характеризующие экономическую эффективность применения тех или иных технических средств для повышения производительности, надежности и безопасности грузоподъемных кранов. Показано использование предложенной методики на примере оценки эффективности модернизации крана: установки устройства гашения колебаний крюковой подвески.

Грузоподъемный кран, экономическая эффективность, амортизационные отчисления, эксплуатационные затраты, прибыль, модернизация

I. L. Lieberman, L. N. Gorbunova

CALCULATION OF ECONOMIC EFFICIENCY LOAD-LIFTING CRANES AT «SALE OF SERVICES»

Shows the calculation of profit increase, reduction of expenses, connected with the operation, and other indicators characterising the economic efficiency of application of those or other technical means to improve productivity, reliability and safety of load-lifting cranes in the conditions of the lease. Shows the use of the proposed methodology on the example of the evaluation of efficiency of modernization of the crane: the installation of the device vibration damping hook suspension.

Crane, economic efficiency, depreciation costs, operating costs, profit, modernization

В настоящее время оценка экономической эффективности грузоподъемных кранов почти, как правило, ведется аналогично оценке эффективности технологических машин (станков, прессов, сварочных агрегатов и т. п.), производящих определенные материальные объекты. Это справедливо

лишь тогда, когда кран является составным элементом соответствующей технологической цепочки, принадлежащей одному собственнику. Между тем, зачастую кран является собственностью одного владельца, а технологические машины – другого или других. При этом первый либо сдает кран вторым на определенное время в аренду, либо продает вторым специфические услуги – услуги по производству подъемно-транспортных работ, выполняемых по договорам подряда.

Обратимся к последнему случаю, полагая, что указанные договоры, как это обычно бывает, следуют друг за другом. В таком случае услуги при продаже подъемно-транспортных работ за период времени T с начала эксплуатации крана приносят его владельцу прибыль:

$$П = Ц \cdot T - P, \quad (1)$$

где $Ц$ – цена указанных работ (руб./мес), а P – расходы и потери (руб.), связанные с эксплуатацией крана, за время T (мес):

$$P = A + \mathcal{E} + П_{II} + П_T, \quad (2)$$

где A – амортизационные отчисления; \mathcal{E} – собственно эксплуатационные затраты; $П_{II}$ – потери из-за простоев крана; $П_T$ – потери по причине производственного травматизма персонала, обслуживающего кран.

Согласно Положению по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01, утвержденному Приказом Министерства финансов РФ от 30.03.2001 № 26н (пп. 19–20), амортизационные отчисления A рассчитываются по первоначальной стоимости крана C и норме амортизации H , исчисленной исходя из срока полезного использования крана T_{III} , который устанавливается предприятием-владельцем крана при принятии его на баланс согласно Постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 №1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы». Отсюда следует, что в течение времени T , не превышающего T_{III} ,

$$A = \frac{C \cdot H \cdot T}{100}, \quad (3)$$

где C – величина, включающая в себя цену крана, затраты на его транспортирование к месту монтажа и монтаж (руб.), а H – месячная норма амортизационных отчислений, выраженная в процентах. Если принять во внимание, что по истечении срока T_{III} амортизационные отчисления прекращаются, то в общем случае (для произвольных T) они составят:

$$A = \frac{C \cdot H}{100} \cdot K_A, \quad (4)$$

где K_A – пороговая функция:

$$K_{T, T_{III}} = \begin{cases} T & \text{при } T < T_{III} \\ T_{III} & \text{при } T \geq T_{III} \end{cases}. \quad (5)$$

Собственно эксплуатационные затраты \mathcal{E} складываются из затрат на текущие ремонты и небольшие модернизации крана (крупные модернизации выполняются во время капитальных ремонтов и производятся за счет амортизационных отчислений), из оплаты персонала, обслуживающего кран, затрат на электроэнергию и вспомогательные материалы (тросы, смазочные материалы и др.) и т. п. и приближенно могут быть определены как

$$\mathcal{E} = Z_1 \cdot T, \quad (6)$$

где Z_1 – средние собственно эксплуатационные затраты в месяц (руб.).

Потери из-за простоев крана определить сложнее, но с точностью, достаточной для практики, их можно вычислить как

$$П_{II} = Ц \cdot \frac{T_{ПК}}{\Phi_K} \cdot T + Z_2 \cdot \frac{T_{ПКА}}{\Phi_K} \cdot T, \quad (7)$$

где $T_{ПК}$ – среднегодовое время простоев крана по организационным (по вине владельца) и техническим (крупные неисправности и аварии) причинам (ч); $T_{ПКА}$ – среднегодовое время простоев крана только по техническим причинам (ч); Z_2 – среднемесячные затраты на устранение крупных неисправностей и последствий аварий (руб.); Φ_K – годовой фонд рабочего времени крана (ч).

Потери из-за травматизма персонала, обслуживающего кран, согласно работе [1] можно вычислить аналогично, как

$$П_T = Z_3 \cdot \frac{T_{ПТ}}{\Phi_P} \cdot T, \quad (8)$$

где $T_{ПТ}$ – среднегодовые потери рабочего времени указанного персонала по причине производственного травматизма; Φ_P – годовой фонд рабочего времени персонала (то и другое в *часах*); Z_3 – средняя оплата месяца нетрудоспособности в связи с производственным травматизмом персонала, обслуживающего кран, осуществляемая Фондом социального страхования РФ из страховых взносов предприятия наряду с возвратом предприятию средств для реализации предупредительных мер по сокращению травматизма и профзаболеваний (Приказы Минздравсоцразвития РФ от 30.01.2008 № 43н и 06.08.2009 № 573н).

Таким образом, P и Π равны, соответственно,

$$P = \left(Z_1 + \zeta \cdot \frac{T_{ПК}}{\Phi_K} + Z_2 \cdot \frac{T_{ПКА}}{\Phi_K} + Z_3 \cdot \frac{T_{ПТ}}{\Phi_P} \right) \cdot T + \frac{C \cdot H}{100} \cdot K_A, \quad (9)$$

$$\Pi = \zeta \cdot T \cdot \left(1 - \frac{T_{ПК}}{\Phi_K} \right) - T \cdot \left(Z_1 + Z_2 \cdot \frac{T_{ПКА}}{\Phi_K} + Z_3 \cdot \frac{T_{ПТ}}{\Phi_P} \right) - \frac{C \cdot H}{100} \cdot K_A. \quad (10)$$

Зная P и Π , нетрудно найти прирост прибыли, сокращение расходов, связанных с эксплуатацией, и другие показатели, характеризующие экономическую эффективность применения тех или иных технических средств повышения производительности, надежности, безопасности и иных качеств грузоподъемных кранов. Так, прирост прибыли будет равен:

$$\Delta\Pi = \Pi'' - \Pi', \quad (11)$$

где Π' – прибыль до внедрения технических средств; Π'' – прибыль после внедрения, отличающаяся от Π' за счет изменения Z_1 , $T_{ПК}$, $T_{ПКА}$, $T_{ПТ}$ или $T = T_{Сл}$, где $T_{Сл}$ – срок службы крана, изменившийся за счет увеличения его остаточного ресурса. Полагая, что P применительно к грузоподъемным машинам имеет смысл себестоимости продукции, можно рассчитать условно-годовую экономию от использования тех или иных технических средств или организационных мероприятий как

$$\mathcal{E}_{УГ} = \frac{P' - P''}{T} \cdot 12, \quad (12)$$

срок окупаемости капиталовложений M , потребовавшихся на внедрение некоторого новшества, как

$$T_{ОК} = \frac{M \cdot T}{P' - P''} \text{ (лет)}, \quad (13)$$

где P' и P'' – величины, соответствующие Π' и Π'' при равных T , а также вычислить относительное снижение расходов и потерь как

$$\Delta P_{ОГН} = \left(1 - \frac{P''}{P'} \right) \cdot 100 \text{ (\%)}. \quad (14)$$

Нетрудно рассчитать и коэффициент рентабельности затрат P и его изменение как

$$\Delta K_P = K_P'' - K_P' = \left(\frac{\Pi''}{P''} - \frac{\Pi'}{P'} \right) \cdot 100 \text{ (\%)}. \quad (15)$$

Покажем использование предложенной методики на примере оценки эффективности небольшой модернизации крана, допустим, типа установки некоторого устройства гашения колебаний крюковой подвески. Такая модернизация будет стоить владельцу крана не более 5000 руб., но снизит вероятность усталостных разрушений металлоконструкций крана, затраты на текущие ремонты и др., а также увеличит срок службы крана. Примем во внимание, что в период простоев кранов начисление амортизации не прерывается, если простой длится не более трех месяцев (в противном случае кран должен быть поставлен на консервацию), причем расходы на транспортировку крана и монтаж при расчете C обычно полагают равными, соответственно, 20 и 10 % от цены крана.

Предположим далее, что имеется башенный кран грузоподъемностью 16 т и первоначальной стоимостью 1 млн. руб. Полагая, что затраты на транспортировку крана к месту работ составляют примерно 200 тыс. руб. и его монтаж на рабочей площадке – примерно 100 тыс. руб., примем величину C в формуле расчета амортизационных отчислений равной 1300000 руб.

По Постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 № 1 башенные краны общего назначения относятся к подразделу «Машины и оборудование – Оборудование подъемно-транспортное подвижное» 5-й группы, описывающей «имущество со сроком полезного использования свыше 7 лет до 10 лет включительно». Приняв срок полезного использования крана равным 10 годам ($T_{Пл} = 10 \cdot 12$ мес

= 120 мес), получим годовую норму амортизационных отчислений в размере 10 %, а месячную – $H = 10/12 \approx 0,83$ %.

Для определения средних эксплуатационных затрат в месяц Z_1 зададим их составляющие:

затраты на текущие ремонты и небольшие модернизации крана – 7500 руб./мес;

расходы на вспомогательные материалы – 5000 руб./мес;

затраты на оплату персонала бригады из 3 человек на 1 кран и среднемесячной заработной платой 20 тыс. руб. – 60000 руб.;

расходы на электроэнергию для крана с суммарной установленной мощностью электродвигателей 150 кВт при стоимости 0,5 руб./кВт и годовом фонде рабочего времени крана Φ_K 1800 часов, – $150 \cdot 0,5 \cdot 1800/12 = 11250$ руб./мес.

Таким образом, $Z_1 = 7500 + 5000 + 60000 + 11250 = 83750$ руб.

Исходя из статистики аварийности и травматизма, примем вероятность $T_{ПК}/\Phi_K$ простоя крана по организационным и техническим причинам равной 0,15, а вероятность $T_{ПКА}/\Phi_K$ простоя по техническим причинам – 0,10. Среднегодовые потери рабочего времени персонала по причине производственного травматизма $T_{ПТ}$ можно вычислить также, исходя из известной статистики, например, из расчета 6 несчастных случаев в год (для бригады из 3 человек) и средней продолжительности одного больничного листа – 2 недели, что при 40-часовой рабочей неделе будет равняться $6 \cdot 2 \cdot 40 = 480$ ч/год. Тогда, при номинальном фонде рабочего времени – 250 рабочих дней в год или 2000 ч в год на человека и, соответственно, общем фонде рабочего времени Φ_P , равном $3 \cdot 2000 = 6000$ ч, можно считать вероятность потерь по причине травматизма как

$$T_{ПТ}/\Phi_P = 480/6000 = 0,08. \quad (16)$$

Зададимся далее величинами C , Z_2 и Z_3 . Величину Z_3 приравняем к указанной выше среднемесячной зарплате персонала (60000 руб.), поскольку больничные листы при производственном травматизме оплачиваются в размере 100 % среднего заработка работника. Значение Z_2 , исходя из среднегодовых затрат на устранение последствий аварий, составляющих около 25 % от стоимости крана, примем равным 20000 руб./мес. Наконец, исходя из соображений прибыльности, примем величину C равной 200000 руб./мес.

Определим теперь расходы и потери, связанные с эксплуатацией крана, без применения средств устранения колебаний. Если считать, что срок службы крана в данном случае равен $T_{СЛ} = 12$ лет = 144 мес, то при выбранных выше исходных данных P равно

$$P' = \left(83750 + 200000 \cdot \frac{270}{1800} + 20000 \cdot \frac{180}{1800} + 60000 \cdot \frac{480}{6000} \right) \cdot 144 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 120 \quad (17)$$

$$= 18659200 \text{ рублей.}$$

Соответственно, прибыль Π , полученная владельцем крана за весь срок службы последнего, будет равна

$$\Pi' = 200000 \cdot 144 - 18659200 = 10140800 \text{ рублей.} \quad (18)$$

Из исследований технической эффективности устройств устранения колебаний известно, что они могут увеличить срок службы крана $T_{СЛ}$ приблизительно на 15 % (в рассматриваемом примере до $T''_{СЛ} = 13,8$ лет или 165,6 мес), величину $T_{ПТ}$ позволяют снизить также на 15 % (до $T''_{ПТ} = 408$ ч/год), а величину $T_{ПКА}$ – на 10 % ($T''_{ПКА} = 162$ ч/год). Отсюда следует, что вероятность простоев крана по техническим причинам в результате установки устройства гашения колебаний может уменьшиться до величины $T''_{ПКА}/\Phi_K = 0,09$, вероятность простоев по организационным и техническим причинам (при неизменной вероятности простоев по оргпричинам, равной примерно 0,05) – до величины $T''_{ПКА}/\Phi_K + 0,05 = 0,14$, вероятность $T_{ПТ}/\Phi_P$ – до величины $T''_{ПТ}/\Phi_P = 0,07$. Подставляя в формулы для P и Π числа, соответствующие этим вероятностям, и полагая, что затраты на столь малую модернизацию компенсируются уменьшением затрат на текущие ремонты крана, получим за весь новый срок службы крана

$$P'' = \left(83750 + 200000 \cdot \frac{252}{1800} + 20000 \cdot \frac{162}{1800} + 60000 \cdot \frac{408}{6000} \right) \cdot 165,6 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 120 =$$

$$= 20779528 \text{ рублей,}$$

$$\Pi'' = 200000 \cdot 165,6 - 20779528 = 12340472 \text{ рублей.} \quad (19)$$

Сравнивая P'' и P' , нельзя не заметить, что установка на кран устройств устранения колебаний суммарные расходы и потери увеличила. Однако это произошло за счет увеличения срока службы крана. Но увеличение срока, уменьшение уровня травматизма и времени простоев крана привело и к получению владельцем крана финансовой выгоды в виде прироста прибыли

$$\Delta\Pi = 12340472 - 10140800 = 2199672 \text{ рублей.} \quad (20)$$

Отсюда видно, что экономическая эффективность устройств, предназначенных для устранения колебаний, оказывается весьма существенной. Для подтверждения этого можно вычислить и другие показатели, характеризующие экономическую эффективность таких устройств – $\mathcal{E}_{\text{УГ}}$, $T_{\text{ОК}}$, $\Delta P_{\text{ОТН}}$ и $\Delta K_{\text{Р}}$. Это нетрудно сделать, если задаться некоторым расчетным временем эксплуатации крана T , одинаковым для сравниваемых случаев. При $T = 5$ лет = 60 мес, например, будем иметь до модернизации крана

$$P' = \left(83750 + 200000 \cdot \frac{270}{1800} + 20000 \cdot \frac{180}{1800} + 60000 \cdot \frac{480}{6000} \right) \cdot 60 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 60 =$$

$$= 7883000 \text{ рублей,}$$

$$\Pi' = 200000 \cdot 60 - 7883000 = 12340472 \text{ рублей.} \quad (21)$$

После модернизации получается

$$P'' = \left(83750 + 200000 \cdot \frac{252}{1800} + 20000 \cdot \frac{162}{1800} + 60000 \cdot \frac{408}{6000} \right) \cdot 60 + \frac{1300000 \cdot 0,83}{100} \cdot 60 =$$

$$= 7707800 \text{ рублей,}$$

$$\Pi'' = 200000 \cdot 60 - 7707800 = 4292200 \text{ рублей.} \quad (22)$$

В результате

$$\mathcal{E}_{\text{УГ}} = (7883000 - 7707800) \cdot 12/60 = 35040 \text{ рублей;} \quad (23)$$

$$T_{\text{ОК}} = 5000 \cdot 60 / [(7883000 - 7707800) \cdot 12] \approx 0,14 \text{ года} \approx 1,7 \text{ месяца;} \quad (24)$$

$$\Delta P_{\text{ОТН}} = [1 - (7883000/7707800)] \cdot 100 \approx 2,2 \%; \quad (25)$$

$$\Delta K_{\text{Р}} = [(4292200/7707800) - (411700/7883000)] \cdot 100 \approx 3,5 \%. \quad (26)$$

Полученные значения свидетельствуют об эффективности модернизации не только в расчете на весь период службы крана, но и в пятилетний срок. Разумеется, при других исходных данных и результаты вычислений будут другими. Тем не менее, характер их не изменится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вершинин А. А., Либерман Я. Л., Ситников В. П. Критерий приоритетного планирования мероприятий по профилактике производственного травматизма // Известия ВУЗов. Цветная металлургия, 1976 г., № 2. С. 36–39.

Либерман Яков Львович –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Металлообрабатывающие станки
и комплексы» Уральского федерального
университета

Yakov L. Lieberman –
Ph.D., associate Professor of the De
partment «Metal-working machine tools and
complexes of the Urals Federal University

Горбунова Любовь Николаевна –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Инженерная экология и безопасность
жизнедеятельности» Сибирского федерального
университета

Lubov N. Gorbunova –
Ph.D., associate Professor of the
chair of «Engineering ecology and safety of vital
activity» of the Siberian Federal University

УДК 656

Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян

ВЛИЯНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ ТРАНСПОРТА НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

В статье рассмотрено состояние инвестиционного развития Краснодарского края. Проанализирован валовой региональный продукт (ВРП), объемы инвестиций в основной капитал, а также характер изменения аналитической зависимости роста ВРП за счет увеличения инвестиций в основной капитал. Рассмотрена зависимость ВРП от инвестиций в транспорт при оптимистическом и пессимистическом сценариях развития экономики региона.

Транспорт, экономика, валовой региональный продукт, внутренний валовой продукт, инвестиционная привлекательность, инвестиции

T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan

EFFECTS OF THE INVESTMENTS IN THE BASIC CAPITAL OF THE TRANSPORT ON THE DEVELOPMENT OF THE ECONOMY OF THE REGION

In the article the state of the investment development of the Krasnodar region. Analyzed the gross regional product (GRP), the volume of investments in fixed capital, as well as the character of changes of the analytical dependence of GRP growth due to the increase in capital investments. Considered depending GRP from investment in transport in the optimistic and pessimistic scenarios of the development of the economy of the region.

Transport, the economy, the gross regional product, gross domestic product, investment attractiveness, and investments

Краснодарский край – один из самых плотно заселенных регионов страны (67 чел. на кв. км.) крупнейший по численности населения регион России после Москвы и Московской области, в нем проживает более 5 млн. чел. Это динамично развивающийся регион со значительной долей сельскохозяйственной, транспортной, строительной и туристическо-курортной отраслей. Двигателем роста региона является высокая инвестиционная активность, связанная с благоприятным инвестиционным климатом. По социально-экономическим показателям Краснодарский край занимает лидирующие позиции среди регионов Южного федерального округа[1].

Для сельского расселения характерны крупные сельские поселения, их средний размер - более 1400 человек. Благодаря густой сети качественных дорог и высокому уровню автомобилизации городские услуги доступны многим сельским жителям.

На протяжении многих лет Краснодарский край, обладая значительным инвестиционным потенциалом и конкурентными преимуществами на российском и международном рынках, сохраняет позиции одного из лидеров среди регионов России, обладающих высокой инвестиционной привлекательностью[2].

К числу факторов, обеспечивающих высокую инвестиционную привлекательность региона, относятся:

- выгодное географическое положение, в том числе стратегически важное расположение края на пересечении торговых путей, в том числе морских, обуславливающее открытость глобальным рынкам;
- благоприятные природно-климатические условия и богатая сырьевая база;
- развитость транспортной и финансовой инфраструктур;
- диверсифицированная экономика с высокой долей малого предпринимательства, имеющего благоприятные условия для развития;
- возможность производить широкий спектр продукции сельского хозяйства;
- уникальные разнообразные рекреационные ресурсы, обеспечивающие развитие практически всех видов туризма, отдыха и оздоровления;

- наличие квалифицированных кадров и резервов трудовых ресурсов;
- стабильное социально-политическое положение в регионе, достаточно высокий уровень жизни населения.

Совокупность конкурентных преимуществ обеспечивает Краснодарскому краю стабильно высокий уровень инвестиционного развития – 65,9% объема инвестиций, поступающих в регионы Южного федерального округа (ЮФО), что сохраняет лидерство региона по объему и качеству привлекаемых в экономику и социальную сферу средств отечественных и зарубежных инвесторов.

Совокупный объем инвестиций в основной капитал в 2011 году (по полному кругу организаций в фактически действующих ценах) составил 676,2 млрд. руб., что на 17% больше уровня 2010 года (3-е место в стране после Москвы и Тюменской области).

Среди источников финансирования инвестиций в основной капитал организаций Краснодарского края в 2011 году удельный вес привлеченных средств составляет 51,5% в общем объеме инвестиций.

Достаточно высокая доля (48,5%) собственных инвестиций, наблюдаемая на фоне высокой инвестиционной привлекательности края, положительно характеризует условия для развития бизнеса, созданные в регионе.

Для видовой структуры инвестиций в Краснодарском крае в 2011 году характерно преобладание вложений в здания и сооружения (55,9%), вторую позицию занимают жилища (22,9%), третью – машины, оборудование и транспортные средства (18,8%).

Институциональная структура инвестиций в основной капитал в 2011 году свидетельствует о превышении инвестиционной активности крупного и среднего бизнеса (70,3%) по сравнению с малым предпринимательством, привлечшим 29,7% объема инвестиций в экономику края.

Наиболее привлекательными для инвесторов в 2011 году являлись предприятия транспорта и связи – 196,4 млрд. рублей (инвестиции в отрасль составляли 41,3% от совокупного объема), и обрабатывающие производства – 70,8 млрд. рублей, что составило 19,9% от общего объема инвестиций (рост на 47,5% по отношению к 2010г.). Инвестиции в развитие производства и распределение электроэнергии, газа и воды, увеличившись на 38,8% по отношению к 2010 году, составили 28,6 млрд. рублей (6,0%), а сельского хозяйства – 17 млрд. рублей (рост – на 14,9% по сравнению с 2010 г.).

Доля Краснодарского края в валовом региональном продукте ЮФО составляет 40%, во внутреннем валовом продукте (ВВП) России 2,4%. Начиная с 2006 года, регион стабильно демонстрирует большие темпы роста в сравнении с Россией и ЮФО.

Валовой региональный продукт (ВРП) – обобщающий показатель экономической деятельности региона, характеризующий процесс производства товаров и услуг, ВРП - это показатель, измеряющий валовую добавленную стоимость, исчисляемый путем исключения из суммарной валовой продукции объемов ее промежуточного потребления, может быть определен как сумма вновь созданных стоимостей отраслей экономики региона.

Существует несколько методов расчета ВРП. Валовой региональный продукт на стадии производства, рассчитанный производственным методом, представляет сумму валовой добавленной стоимости, созданной всеми институциональными единицами-резидентами на экономической территории региона (без учёта чистых налогов на продукты).

ВРП на стадии производства рассчитывается на уровне отраслей и секторов производственным методом как разница между выпуском товаров и услуг и промежуточным потреблением, образованным из стоимости товаров и услуг, которые трансформируются или полностью потребляются в процессе производства. Термин «валовая» указывает на то, что показатель определен до вычета потребления основного капитала[3,4].

Сумма валовых региональных продуктов по России не совпадает с ВВП, поскольку при расчете ВРП не учитывается ряд элементов, которые включает в себя ВВП. Поэтому суммарный ВРП всех регионов России меньше ВВП страны.

В настоящее время большую проблему в региональных расчетах представляет учет межрегионального обмена товарами и услугами, что и обуславливает невозможность осуществления учета добавленной стоимости внешней торговли для региона с удовлетворительной степенью достоверности.

Можно сделать вывод, что объем чистых налогов на импорт в существующих условиях можно оценить только в целом по экономике без распределения по регионам. Практически невозможно определить территориальную структуру ни налогов, ни субсидий по импорту, поскольку отсутствует информация о территориальном распределении самого импорта товаров.

Экономика Краснодарского края характеризуется высокой степенью диверсификации. Основными отраслями региона являются сельское хозяйство (15,3% от ВРП), транспорт и связь (17%), торговля (17,1%), строительство (11,7%) и промышленность (15%).

Промышленность формирует 15% ВРП региона. Основой промышленности Краснодарского Края являются обрабатывающие производства (79% всей промышленности по ВДС) и электро- и теплоэнергетика (17% всей промышленности). Пищевая промышленность составляет половину всех обрабатывающих производств (или 39,5% от всей промышленности), что связано с необходимостью переработки значительных объемов выпуска сельскохозяйственной отрасли [1].

Экономика Краснодарского края хорошо диверсифицирована: каждая из основных отраслей от 12% до 17% ВРП. Стоит отметить важность для региона агропромышленного комплекса, состоящего из сельского хозяйства и пищевой промышленности, которые вместе дают около 20% ВРП региона. Таким образом, одним из факторов, определяющих динамику ВРП региона, является климат, влияющий на урожайность выращиваемых культур. Туристический комплекс также является одной из важнейших сфер экономики региона и составляет около 15% ВРП.

Как уже отмечалось выше, транспортная отрасль занимает существенную долю в ВРП Краснодарского края и является одной из отраслей специализации региона. Высокая доля транспортной отрасли объясняется тем, что через регион проходит значительная часть экспортно-импортных операций России и её южных партнеров. Морские порты края обеспечивают прямой выход через Азовское и Черное моря на международные внешнеторговые пути и перерабатывают более трети внешнеторговых российских и транзитных грузов морских портов России, обслуживают около трети российского нефтяного экспорта (нефтепровод «Тенгиз–Новороссийск» и газопровод «Голубой поток», соединяющий Россию и Турцию). По территории Краснодарского края проходят важнейшие железнодорожные маршруты федерального значения, которые ориентированы в сторону морских международных портов Края и курортов Черного и Азовского морей.

Транспорт - это отрасль национальной экономики, которая не только вносит прямой вклад в ВРП и ВВП, но и способствует приросту добавленной стоимости в других отраслях за счет интенсификации производственных процессов.

Можно рассмотреть аналитические зависимости, изменений роста ВРП за счет увеличения инвестиций в основной капитал транспорта, представленные в виде логарифмических (рис.1) и линейных (рис.2) аппроксимаций. Аппроксимаций построенных по, статистическим данным, и проверенных по критерию Стьюдента.

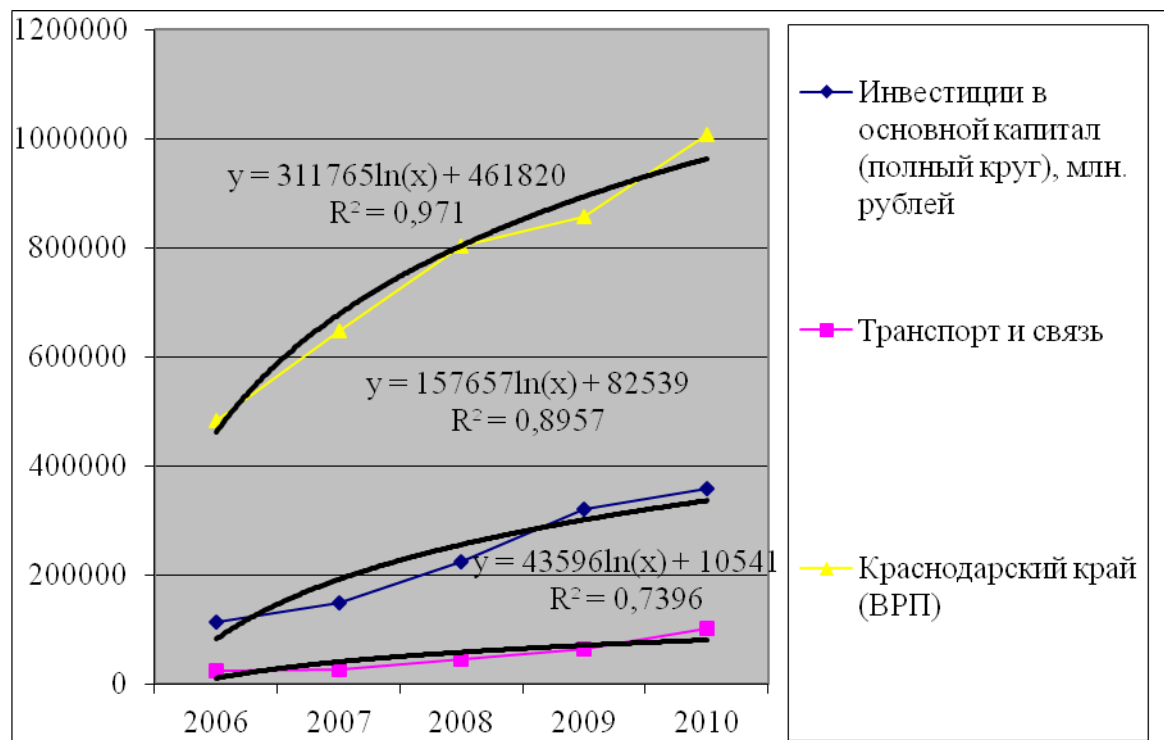


Рис.1. Логарифмические аппроксимации

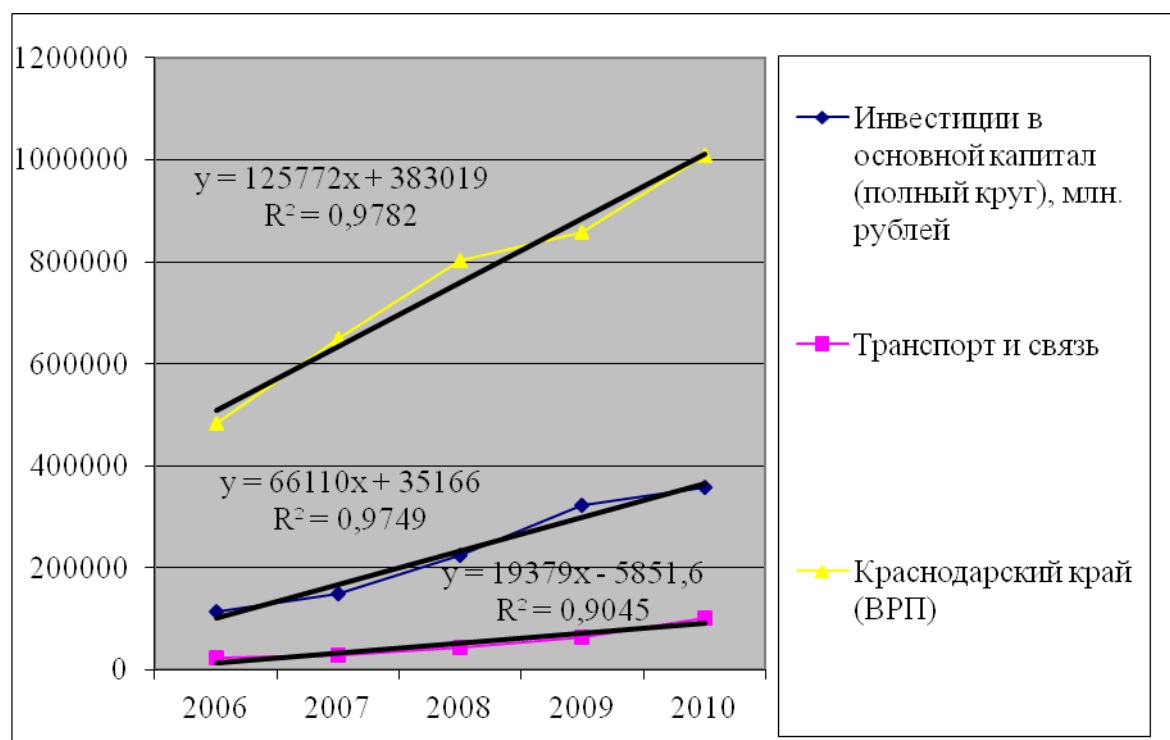


Рис. 2. Линейные аппроксимации

Анализ зависимости ВРП от инвестиций в основной капитал и в транспорт проведен по оптимистическому (рис.2) и пессимистическому (рис.1) сценарию развития региона. Однако для более точного описания данного экономического процесса, система прогнозирования ВРП, инвестиций в основной капитал и транспорт, должна иметь ограничения, так как сроки службы объектов инвестиций и сроки окупаемости инвестиций различны. Также необходимо учитывать мультипликативный эффект транспорта описанный выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанов И.Т. Основы финансового менеджмента. М.: Финансы и статистика, 2004. 108 с.
2. Воронин В.В. Экономическая география Российской Федерации: в 2 ч. Ч. 1. Самара: СГЭА; 1997. 143 с.
3. Гладкий Ю.Н., Доброскок В.А., Семенов С.П. Экономическая география России. М.: Просвещение, 1999. 35 с.
4. Моисеева К.Н. Экономические основы логистики. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2008. 528 с.

Коновалова Татьяна Вячеславовна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Tatyana V. Konovalova – Ph.D., associate professor, Head of the chair «Organization of transportation and road traffic» Kuban state technological University

Надирян София Леоновна – ассистент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Кубанского государственного технологического университета

Sofia L. Nadiryan – assistant of the department «Organization of transportation and road traffic» Kuban state technological University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.13

В.Н. Басков, Б.И. Борисов, А.Б. Кокушкин

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ
ПО ЛИКВИДАЦИИ МЕСТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП
И УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГ**

Дорожно-транспортное происшествие всегда вызвано сбоем одного из элементов системы «водитель – автомобиль – дорога – среда». В данной статье проводится обзор современных методов по ликвидации мест концентрации ДТП и увеличению пропускной способности дорог на основе анализа факторов, влияющих на надежность элементов этой системы на основе действующих стандартов в области безопасности дорожного движения.

Безопасность дорожного движения, участок концентрации ДТП, анализ данных о ДТП, коэффициент аварийности, коэффициент безопасности, конфликтная ситуация, пропускная способность, режимов работы светофоров

V.N. Baskov, B.I. Borisov, A.B. Kokushkin

**MODERN METHODS
ON ELIMINATION OF PLACES OF CONCENTRATION OF ROAD ACCIDENT
AND INCREASE IN CAPACITY OF ROADS**

The road accident is always caused by failure of one of system elements «the driver – the car – the road – environment». In this article the review of modern methods on elimination of places of concentration of road accident and increase in capacity of roads on the basis of the analysis of the factors influencing reliability of elements of this system on the basis of existing standards in the field of safety of traffic is carried out.

Safety of traffic, site of concentration of road accident, analysis of data on road accident, accident rate coefficient, safety coefficient, conflict situation, capacity, operating modes of traffic lights

Любое ДТП – это событие, вызванное сбоем или нарушениями функционирования системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» (В–А–Д–С), которое блокирует транспортный процесс (рис. 1).

Во всем мире проблема обеспечения безопасности дорожного движения и предупреждения ДТП является актуальной. Эффективность решения этой проблемы зависит от правильности установления причин ДТП, условий их возникновения и оценки весомости причин ДТП и их соотношения в общем потоке ДТП.

К сожалению сегодня, нет единого подхода к оценке причин возникновения ДТП, отсутствует единая классификация причин аварийности. Поэтому на основе статистики традиционно сложился перечень основных причин ДТП: нарушения ПДД водителями; нарушения ПДД пешеходами; неудовлетворительное состояние улично-дорожной сети; техническая неисправность АТС.

Однако данные причины ДТП не дают полной картины ДТП и не раскрывают причинно-следственные связи возникновения ДТП.

По нашему мнению, для получения объективной картины причин ДТП и условий их возникновения с целью разработки эффективных мер по предупреждению ДТП, необходим комплексный анализ функционирования системы В – А – Д – С с позицией возникновения ДТП.

Для этой цели необходимо проводить детальный анализ условий возникновения ДТП в местах наибольшей их концентрации с установлением взаимного влияния составляющих системы В – А – Д – С, т.к. любое ДТП имеет многофакторную природу возникновения (стечение многих обстоятельств), но при этом обязательно есть детерминирующий фактор.

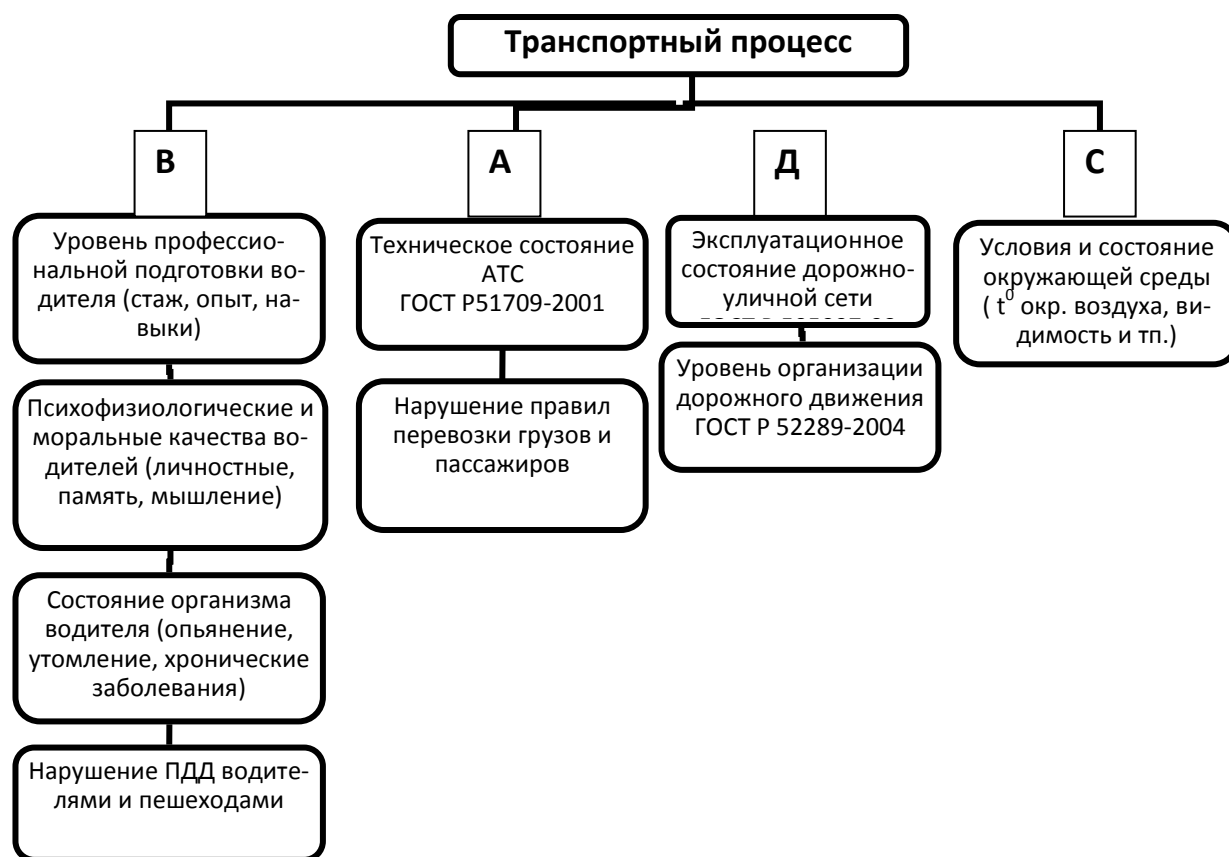


Рис. 1. Классификация причин нарушения функционирования транспортного процесса, приводящих к ДТП

На автомобильных дорогах принято различать четыре качественных уровня безопасности дорожного движения: высокий, допустимый, предельный и низкий. Указанные уровни безопасности дорожного движения характеризуются наличием и степенью отклонений технического уровня и эксплуатационного состояния дорог действующим стандартам, величиной риска ДТП, степенью оптимальности коэффициента загрузки дорог по условиям безопасности дорожного движения, наличием факторов дорожных условий, способствующих формированию участков концентрации ДТП. Каждому уровню безопасности дорожного движения в зависимости от сочетания перечисленных факторов присвоена расчетная величина надежности работы водителя (от 100% для высокого уровня до 60% для низкого уровня).

При этом основным информативным оценочным критерием уровней безопасности дорожного движения количественно и качественно их характеризующим принимают показатель риска ДТП:

$$P_{рис} = \frac{n * 10^6}{N * T * L * 365}, \quad (1)$$

где $P_{рис}$ – количество ДТП на 1 млн авт.- км;

n – количество ДТП на участке концентрации ДТП за расчетный период;

N – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт/сут;

L – протяженность участка концентрации ДТП, км;

T – число лет в расчетном периоде (для автомагистралей, дорог обычного типа I – III категории – 3 года, IV-V категории – 5 лет).

Для повышения уровня безопасности дорожного движения очень важны выявление и анализ так называемых участков концентрации ДТП – это ограниченные по длине участки автомобильной дороги, характеризующиеся устойчивым и не случайным совершением ДТП.

Степень опасности участков концентрации ДТП устанавливают в соответствии с «Правилами учета и анализа ДТП на автомобильных дорогах РФ», учитывая при этом плотность ДТП на рассматриваемом участке концентрации ДТП:

$$\gamma = \frac{n}{T * L}, \quad (2)$$

где γ – среднее число ДТП на участке их концентрации в год за расчетный период T , шт. на 1 км. в год.

Для выявления опасных участков, в пределах которых необходимо в первую очередь предусматривать мероприятия по обеспечению безопасности движения, могут быть использованы следующие методы: метод, основанный на анализе данных о ДТП; метод коэффициентов аварийности; метод коэффициентов безопасности; метод конфликтных ситуаций [2].

Возможность применения того или иного метода зависит от стадии разработки мероприятий (обоснование мероприятий для существующей дороги, проектирование реконструкции или нового строительства), а также от наличия и полноты данных о ДТП на существующей дороге.

Для получения сопоставимых данных при анализе дорожных условий пользуются системой показателей – коэффициентами относительной аварийности или коэффициентами происшествий.

Для длинных и однородных по геометрическим элементам участков коэффициент происшествий определяется по формуле

$$I = \frac{10^6 z}{365 * L * N} \left[\frac{\text{ДТП}}{\text{1млн.автомобилей} - \text{километров}} \right], \quad (3)$$

где z - количество происшествий в год;

N - среднегодовая суточная интенсивность движения в обоих направлениях, принимаемая по данным учета движения, авт./сут;

L - длина участка дороги, км.

Для коротких участков, резко отличающихся от смежных (мосты, перекрестки), коэффициент определяют по формуле:

$$I = \frac{10^6 z}{365 * N} \left[\frac{\text{ДТП}}{\text{1млн.автомобилей}} \right]. \quad (4)$$

Коэффициенты, определяемые по этим формулам, используются для обработки статистических данных об аварийности отдельных участков. Для получения надежной оценки необходимо располагать данными не менее, чем за 3 - 5 лет.

В рамках метода выявления опасных участков дороги на основе анализа данных о ДТП рекомендуется следующий порядок работ:

1. Проведение предварительных исследований, в состав которых входят нанесение на схему автомобильной дороги ДТП, зафиксированных ГИБДД, а также выделение на этой схеме участков, отличающихся повышенной аварийностью.

2. Проведение детальных исследований на выявленных участках с повышенной аварийностью, целью которого является выяснение основных причин ДТП на каждом из участков и разработка мероприятий по их предотвращению.

Детальные исследования включают в себя:

- составление крупномасштабной схемы участка, на который наносят все ДТП. Анализ полученной диаграммы позволяет выделить однотипные ДТП и определить их причины;
- сбор информации о дорожных условиях и организации движения на исследуемом участке;
- исследование движения: подсчет интенсивности движения, измерение скоростей автомобилей, их траекторий, фиксирование конфликтных ситуаций;
- разработку мероприятий по повышению безопасности движения.

Участки концентрации ДТП выявляют на основе следующих стандартных показателей аварийности: абсолютного количества ДТП, совершенных на рассматриваемом участке дороги за расчетный период; коэффициента относительной аварийности (количества ДТП, приходящегося на 1 млн. авт.-км), вычисляемого по формуле (3).

Метод коэффициентов безопасности основан на расчете коэффициентов безопасности. Коэффициентами безопасности называют отношение максимальной скорости движения на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок (начальная скорость движения).

Для определения коэффициентов безопасности при построении теоретического графика скоростей движения по дороге в обычную методику расчета скоростей вносят изменения, направленные на учет опасных ситуаций. Для построения графика коэффициентов безопасности в конце каждого

участка определяют максимальную скорость, которую можно развить без учета условий движения на последующих участках. Участки по опасности для движения оценивают исходя из значений коэффициента безопасности. В проектах новых дорог недопустимы участки с коэффициентами безопасности, меньшими 0,8.

Метод коэффициентов безопасности учитывает движение одиночного автомобиля, что характерно для условий движения на дорогах с малой интенсивностью или часов спада движения на более загруженных дорогах. Это не препятствует его использованию для дорог всех типов, поскольку при высокой интенсивности движения обгоны практически исключаются, а расчет для одиночного автомобиля направлен на повышение безопасности.

Метод коэффициентов аварийности основан на определении итогового коэффициента аварийности $K_{ав}$:

$$K_{ав} = \prod_{i=1}^{i=n} K_i, \quad (5)$$

где K_i – частные коэффициенты аварийности, основанные на результатах анализа статистических данных о ДТП и характеризующие влияние на безопасность движения параметров дорог и улиц, элементов обустройства, интенсивности движения, состояния покрытия;

n – число частных коэффициентов аварийности, учитываемых при оценке безопасности движения на дорогах или городских улицах различной категории.

Значения частных коэффициентов аварийности для дорог и улиц разных категорий приведены в рекомендациях Росавтодора.

Метод конфликтных ситуаций используется при разработке проектов реконструкции сложных участков дорог. Под конфликтной понимается дорожно-транспортная ситуация, возникающая между участниками дорожного движения или движущимся автомобилем и обстановкой дороги, при которой возникает опасность дорожно-транспортного происшествия, если в действиях участников движения не произойдет изменения и они будут продолжать движение. Показателем наличия конфликтной ситуации является изменение скорости или траектории движения автомобиля. Степень опасности этой ситуации характеризуется отрицательными продольными и поперечными ускорениями, возникающими при маневрах автомобилей.

Количество конфликтных ситуаций, приведенных к критической K' :

$$K' = 0,44 K_1 + 0,83 K_2 + K_3.$$

Коэффициент относительной аварийности

$$И = 0,1 + 0,001 K,$$

где K – количество конфликтных ситуаций на 1 млн. авт-км;

$K = K' \cdot 10^6 / (NL)$, N – интенсивность движения, авт/ч;

L – длина участка дороги, км.

Предвестником ДТП, как правило, является чрезвычайно низкая пропускная способность магистралей (фактор «дорога»), приводящая к снижению уровня удобств движения, что заставляет совершать ошибки и нарушения ПДД водителями (фактор «водитель») при этом влияют и весогабаритные параметры АТС (фактор «автомобиль») и состояние окружающей среды (фактор «среда»).

При низкой пропускной способности улично-дорожной сети повышается плотность движения, что приводит к заторам, особенно в час ПИК. Вероятность возникновения ДТП в такой ситуации очень велика.

Одним из путей повышения пропускной способности улично-дорожной сети является оптимизация режимов работы светофорных объектов с учетом интенсивности движения автомобилей на регулируемых перекрестках. Расчёты режимов работы светофоров по фактической интенсивности движения показали, что они не адаптированы к реальному транспортному потоку (рис. 2,3), проходящему через перекресток сегодня.

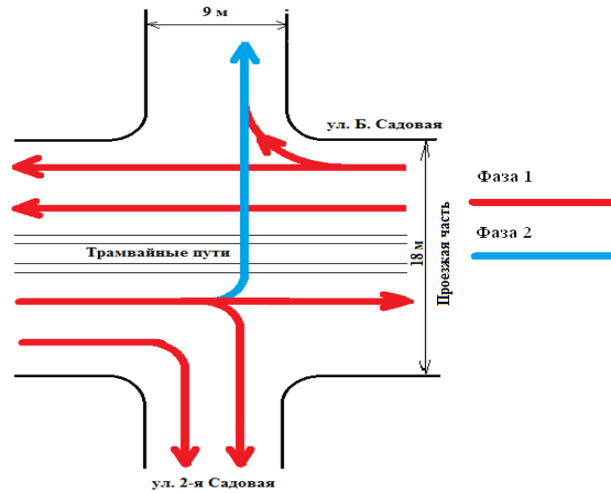


Рис. 2. Существующие разрешённые направления движения.
Фактическая длительность цикла $t_{цф}=61$ с

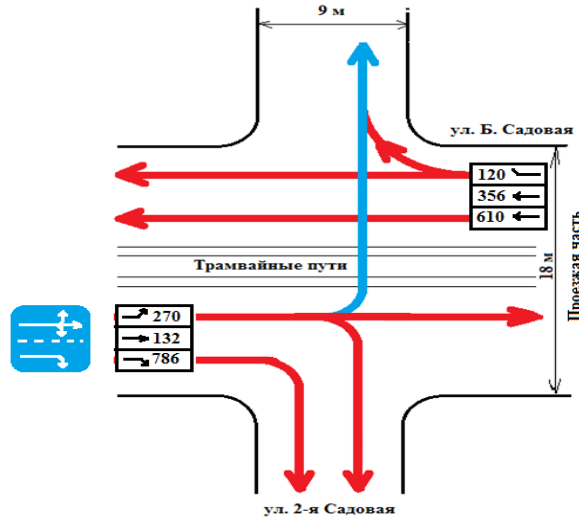


Рис. 3. Условная картограмма интенсивности движения (авт/ч)
Расчётная длительность цикла $t_{цр}=67$ с

Проведенные расчеты показывают, что режим работы рассмотренного светофорного объекта в настоящее время не оптимален (в приведенном примере разница расчетной и фактической длительности фазы составляет 6с, что составляет 9,8%).

ЛИТЕРАТУРА

1. ОДМ 218.4.004-2009. Отраслевой дорожный методический документ. Руководство по устранению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог. Утверждено распоряжением Росавтодора от 21.07.2009 г. N 260-р.
2. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. ВСН 25-86. Минавтодор. М.: Транспорт, 1988.

Басков Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Vladimir N. Baskov – Dr. Sc., professor, head of Department «The organization of transportations and management on transport» Gagarin Saratov State Technical University

Борисов Борис Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры

Boris I. Borisov – Ph.D., associate professor of Department «The

«Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

organization of transportations and management on transport» Gagarin Saratov State Technical University

Кокушкин Арсений Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Arseny B. Kokushkin – candidate of Technical Sciences, associate professor of Department «The organization of transportations and management on transport» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.021.8

В.Н. Басков, А.В. Игнатов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕСОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АТС НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ УДС

Проведен анализ влияния весогабаритных параметров АТС на пропускную способность УДС. Рассмотрена методика оценки интенсивности движения транспортного потока. Особое внимание уделено сравнению коэффициентов приведения к легковому автомобилю по данным различных авторов.

Дорожный затор, транспортный поток, интенсивность движения, пропускная способность, динамический габарит

V.N. Baskov, A.V. Ignatov

ANALYSIS OF INFLUENCE OF WEIGHT AND DIMENSIONAL PARAMETERS OF CARS ON THE CAPACITY OF THE ROAD NETWORK

The analysis of the impact of weight and dimensional parameters of cars on the capacity of the road network. The method of evaluation of the intensity of the traffic flow. Particular attention is paid to the reduction coefficients compared to passenger car according to various authors.

Traffic congestion, traffic flow, traffic, bandwidth, dynamic envelope

Существует множество причин возникновения дорожных задержек. Одной из них является неконтролируемый въезд большегрузных автомобилей на загруженные участки улично-дорожной сети (УДС) города. Наивысшего пика негативный эффект от наличия таких типов транспортных средств на УДС города достигает в зимний период, когда снежные заносы сужают полосы движения. Дорожную обстановку осложняет тот факт, что по правому краю проезжей части расположены, как правило, припаркованные автомобили.

В итоге проезжая часть сужается. И в случае, когда происходит поломка большегрузного автомобиля, который занимает две полосы движения, либо ДТП с его участием, то движение по перегону становится невозможным. После чего участникам движения приходится находить объездные пути, которые значительно снижают скорость движения транспортного потока ввиду дополнительной нагрузки со стороны перенаправленного транспорта и, как следствие, снижается пропускная способность (УДС).

Это приводит к снижению уровня удобств движения, что заставляет водителя совершать ошибки и нарушать ПДД. Все это усугубляется еще и влиянием весогабаритных параметров АТС.

При низкой пропускной способности улично-дорожной сети возникают заторы, особенно в часы пик.

Для решения этой проблемы существует много различных современных методов увеличения пропускной способности дорог (рисунок).



Современные методы увеличения пропускной способности дорог.

Самым распространенным на сегодня методом является регулирование ограничительными средствами доступа к УДС. Однако анализ этого метода показал, что во всех случаях необходимо провести исследование состава транспортного потока. Затем необходимо совместно с предложением об ограничении движения грузовых автомобилей на конкретном отрезке УДС, разработать возможные маршруты движения большегрузных автомобилей. Для обоснования ограничительных мер необходимо проанализировать пропускную способность этого участка.

Пропускную способность одной полосы движения при наличии перекрестков в одном уровне определяют с учетом задержек транспортных средств у перекрестка [1]:

$$P = \frac{1000 \cdot V}{L} \alpha, \quad (1)$$

где V – расчетная скорость движения потока, км/ч; α – коэффициент, учитывающий снижение пропускной способности за счет остановок у перекрестков; L – динамический габарит автомобиля (расстояние, занимаемое движущимся автомобилем на полосе движения).

$$L = Vt + \frac{V^2 K}{254(\phi \pm i + f)} + l_0 + l_2, \quad (2)$$

В формуле динамического габарита первое слагаемое равно пути, который проходит автомобиль за время реакции водителя ($1с$), второе – тормозному пути автомобиля, третье – расчетной длине автомобиля, четвертое – расстоянию между остановившимися автомобилями ($l_2 = 5$ м). Расчет выполняется при коэффициенте сцепления $j=0,5$, коэффициенте эффективности действия тормозов $K=1,2$, продольном уклоне $i=0$. Скорость движения принимается равной:

для легковых автомобилей – 60 км/ч,

для грузовых – 40 км/ч.

Расчетная длина автомобиля принимается равной:

для легковых автомобилей – 4–6 м,

грузовых – 6–10 м,

автобусов – 7–10 м,

троллейбусов – 9–10 м.

Изменения в составе транспортного потока, особенно наличие большегрузных автомобилей, вызывают необходимость определения коэффициентов приведения видов транспортных средств к легковому автомобилю.

Зная величину общей задержки, определенной из натурных обследований, и величину задержки, полученной при моделировании, количество транспортных средств в потоке может быть выражено в виде функции $f(k)$ [2]:

$$f(k) = k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_n x_n, \quad (3)$$

где k_i – количество транспортных средств типа i ; X_i – коэффициент приведения к легковому автомобилю для транспортных средств вида i .

Для сопоставления коэффициенты приведения, полученные разными авторами, сведены в таблице. Следует подчеркнуть отличие полученных результатов исследований от приводимых в СНиП значений.

Коэффициенты приведения к легковому автомобилю по данным разных авторов.

Тип транспортного средства	Коэффициенты приведения к легковому автомобилю				
	Webster F.V.[3]	Branston D.[4]	Sosin J.[5]	Врубель Ю.А.[6]	СНиП 2.05.02 - 85
Мотоциклы	0.33	0.15	0.6	0.7	0.5
Грузовые автомобили:					
средние	1.75	1.35	1.6	1.4	2
тяжелые	1.75	1.68	–	–	2.5
Автопоезда	–	–	2.8	2.3	3.5–4
Автобусы	2.25	1.65	1.7	2.0	3
Троллейбусы	–	–	–	2.0	–
Сочлененные автобусы (троллейбусы)	–	–	2.8	2.6	–

Кроме того, измерения геометрических элементов дорог показали, что в большинстве случаев фактические параметры УДС не соответствуют требованиям стандартов.

Сопоставительные расчеты режимов работы светофоров по фактической интенсивности движения показывают, что они не адаптированы к реальному транспортному потоку, проходящему через перекрестки сегодня.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что оценку влияния весогабаритных параметров АТС на пропускную способность УДС следует проводить комплексно, учитывая взаимное влияние всех составляющих системы ВАДС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бражник А.А. Анализ влияния дорожных факторов и информационных характеристик на величину пропускной способности автомобильных дорог // Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. Вестник ХНАДУ. 2009. №47. С. 23-28.
2. Левашев А.Г., Михайлов А.Ю., Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.
3. Webster F.V., Cobbe B.M. Traffic Signals – Road Research Technical Paper N56, HMSQ, London, 1966. 253 p.
4. Branston D., Van Zulien H.J. The estimation of saturation flow, effective green time and passenger car equivalents at traffic signals by multiple liner regression. Transp. Res., 1987, v 12. 312 p.
5. Sosin J.A., Delays at intersections controlled by fixedcycle traffic signals. Traffic Eng. and Contr., 1980, v21, N5, 265 p.
6. Врубель Ю.А. О потоке насыщения. О потоке насыщения. Белорусский политехнический институт. Минск, 1988. 183 с.

Басков Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского госу-

Vladimir N. Baskov – Dr. Sc., professor, head of Department «Organization and management of transport» Gagarin Saratov State Technical

дарственного технического университета имени Гагарина Ю.А. University

Игнатов Антон Валерьевич – аспирант кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Anton V. Ignatov – graduate student of «Organization and management of transport» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.13

И.М. Попова, А.П. Беликов, Е.А. Попова

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАК ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Изучены возможности навигационной системы ГЛОНАСС в сфере функционирования городского пассажирского транспорта. Показаны функциональные возможности данной навигационной системы. Проведен анализ параметров, влияющих на эффективность работы автотранспортных предприятий. Рассмотрено внедрение системы мониторинга в ОАО «Автокомбинат №2» г. Саратова.

Система мониторинга, эффективность работы, городской пассажирский транспорт, безопасность пассажиров, качество обслуживания пассажиров, маршрутная сеть

I.M. Popova, A.P. Belikov, E.A. Popova

INTRODUCTION OF THE SYSTEM OF MONITORING AS AN OPPORTUNITY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT

Opportunities navigation system GLONASS in the sphere of urban passenger transport studied. The functionality of the navigation system are shown. Analysis of the parameters influencing the efficiency of the motor transportation enterprises, was held. Introduction of the system of monitoring in «Avtokombinat №2».

The monitoring system, the effectiveness of the work of city passenger transport, passenger safety, quality of service of passengers, the route network

В настоящее время обеспечение эффективной работы городского пассажирского транспорта (ГПТ) является одной из важнейших задач в стратегическом развитии транспортной отрасли. Пассажирский транспорт имеет огромное значение в жизни человека по причине его массового использования, обусловленного выполнением таких операций, как доставка пассажиров к местам работы или учебы, а также на культурно-массовые мероприятия. Однако при осуществлении данных операций каждый перевозчик должен ставить перед собой задачи, которые в дальнейшем обеспечат эффективную работу: экономия эксплуатационных расходов, повышение качества транспортных услуг и объема перевозок, а также повышение их безопасности. [1]

В процессе оказания транспортных услуг перевозчики сталкиваются с определенными проблемами, связанными с управлением движением транспортных потоков, контролем работы подвижного состава, повышением качества транспортного обслуживания населения и вопросами безопасности перевозочного процесса. Многие из этих проблем могут быть решены путем внедрения системы мониторинга пассажирского транспорта, которая позволит диспетчерской службе автотранспортных предприятий отслеживать работу каждого автобуса на линии, а также контролировать расход топлива, технические параметры, безопасность пассажиров при помощи спутниковых систем слежения.

Мониторинг, прежде всего, направлен на устранение последствий отклонений фактических параметров процесса перевозок пассажиров от заданных. Благодаря использованию систем мониторинга существенно повышается уровень безопасности пассажиров, работа водителей становится более дисциплинированной, сокращаются эксплуатационные расходы. Следует отметить, что использование этой системы возможно независимо от размера автопарка и формы собственности предприятия.

В настоящее время в России контроль транспортных объектов осуществляется при помощи двух систем: отечественной системы ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система) и американской системы NAVSTAR GPS (GPS-мониторинг). Использование оборудования, совмещающего ГЛОНАСС и GPS-контроль, повышает надежность работы системы за счет возрастания числа спутников, по которым осуществляется навигация, а также снижает риски. Широкий спектр возможностей систем мониторинга делает их незаменимыми при решении задач, связанных с управлением пассажирскими перевозками.

В рамках реализации мероприятий Федеральной целевой программы «ГЛОНАСС» была внедрена автоматизированная радионавигационная система в ОАО «Автокомбинат №2» г. Саратова.

Основными целями внедрения данной системы являются обеспечение надежного и безопасного функционирования пассажирского транспорта, совершенствование транспортного комплекса и удовлетворение потребностей населения в транспортных услугах.

Внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления пассажирскими перевозками способствует повышению безопасности перевозок, эффективности и рентабельности транспортного комплекса за счет применения новых технологий управления на основе инструментальных средств, обеспечивающих необходимый уровень оперативного реагирования в обычной обстановке и чрезвычайных ситуациях.

Автоматизированная система «ГЛОНАСС» M2M-CityBus обеспечивает выполнение основных технологических функций управления транспортом, а именно:

- создание эффективных систем информационного обеспечения безопасности перевозки пассажиров, своевременного обнаружения мест дорожно-транспортных происшествий;
- осуществление оперативного вызова аварийно-спасательных служб, скорой помощи и ГИБДД;
- осуществление автоматического контроля движения маршрутных транспортных средств, выполняющих перевозочную работу, выдачу в автоматическом режиме сообщений об отклонениях от запланированных расписаний, схем движения, скоростных режимов;
- получение и выдачу сообщений о дорожных, погодных условиях одному транспортному средству, группе автобусов или всем оборудованным единицам;
- формирование и выдачу оперативных справок о работе отдельных транспортных средств и автотранспортных предприятий в целом.

На терминалах отображается полная информация о движении транспортного средства по маршруту следования: за предыдущий и текущий период, интервал времени между остановками, опоздания и нагоны. Связь между водителем и диспетчером может проходить двумя способами: голосовые вызовы и короткие текстовые сообщения.

В ОАО «Автокомбинат №2» 540 автобусов, работающих на регулярных маршрутах г. Саратова, были оснащены навигационными блоками. Стоимость одного навигационного блока составляет от 17000 до 19000 рублей. Система M2M включает в себя телематическую платформу, в состав которой входит пользовательское программное обеспечение (ПО), телематический сервер с установленным серверным ПО и навигационно-связное оборудование. Данная система изображена на рис. 1.



Рис. 1. Схема построения системы M2M-CityBus [2]

Программное обеспечение M2M-CityBus предназначено для автоматизации работы пассажирских предприятий, осуществляющих перевозки по фиксированным маршрутам и графикам. Если мы

будем рассматривать функциональные возможности программного обеспечения M2M-CityBus на уровне диспетчерской службы пассажирских предприятий, то к полученным параметрам будут относиться отображение скорости, местоположения и направления движения транспортного средства на электронной карте в режиме реального времени. Отображение сетки маршрутов на карте города позволяет провести контроль и анализ, а также мониторинг нарушений маршрутизированного движения (рис. 2).

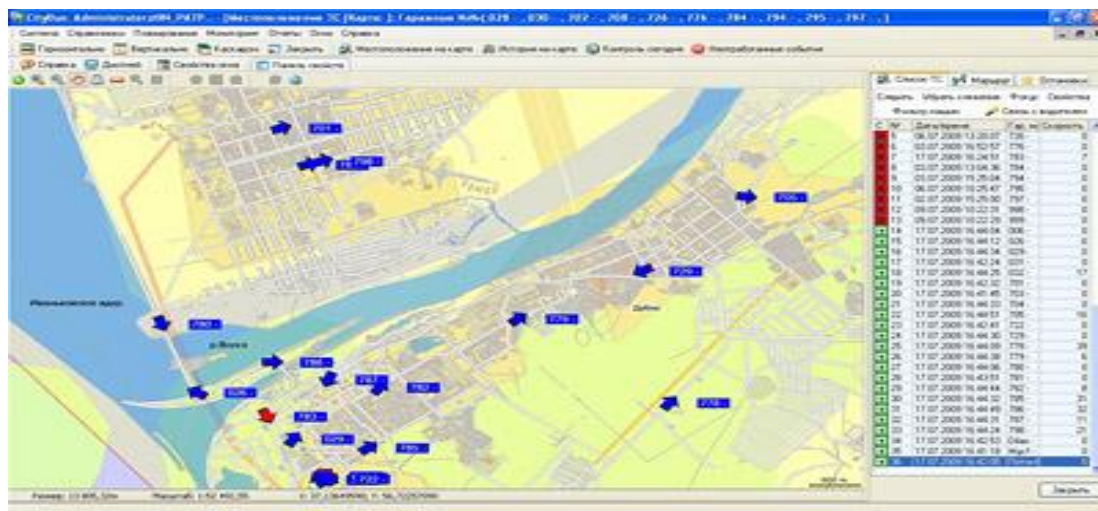


Рис. 2 Функциональные возможности программного обеспечения M2M-CityBus [2]

Таким образом, системы мониторинга и управления транспортом используются не только в целях слежения, но и выполняют ряд других функций при установке дополнительного навигационно-связного оборудования. Так, например, возникает возможность контроля расхода топлива. Кроме того, системы слежения позволяют более эффективно планировать маршруты, а также сокращать не санкционированные простои. Опыт внедрения оборудования на указанном предприятии показывает, что внедрение навигационных систем слежения позволяет повысить эффективность использования транспортных средств до 35%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудков, В.А. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.
2. <http://www.m2m-zab.ru/pages/7/>: M2M – City Bus

Попова Ирина Михайловна –

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Беликов Андрей Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и двигатели» Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А., генеральный директор ОАО «Автокомбинат №2»

Попова Елена Андреевна –

студентка 1 курса автомеханического факультета Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Irina M. Popova –

Ph.D., associate professor of the department «Organization of transportations and management on transport» of Gagarin Saratov State Technical University

Andrey P. Belikov –

Ph.D., associate professor of the department «Cars and motors» Gagarin Saratov State Technical University, general director of Avtokombinat №2

Elena A. Popova –

a first-year student of automotive faculty Gagarin Saratov State Technical University

УДК 656.13.072:338

В.В. Зырянов, Е.Ю. Семчугова, А.А. Литвина

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ РОСТОВА-НА-ДОНУ

Выявлены основные направления повышения эффективности планирования и контроля работы общественного транспорта с использованием современных информационных технологий. Исследованы возможности использования компьютерного программного комплекса «Pikas» в уровнях управления городским пассажирским транспортом и в научно-исследовательской работе. Определено влияние нововведений на качество обслуживания населения Ростова-на-Дону общественным транспортом.

Городской пассажирский транспорт, планирование работы транспорта, диспетчерское управление, низкопольный подвижной состав, общественный транспорт, мониторинг

V.V. Zyryanov, E.Yu. Semchugova, A. A. Litvina

INCREASE THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT ROSTOV-ON-DON PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

The main directions of increase of efficiency of planning and control of work of public transport with use of modern information technologies are revealed. Possibilities of use of the computer program «Pikas» complex in levels of management by city passenger transport and in research work are investigated. Influence of innovations on quality of service of the population of Rostov-on-Don is defined by public transport.

Public passenger transport, planning of work the transport, controller's management, lowfloor bus, public transport, monitoring

В жизни современного города важной составной частью является пассажирский транспорт, основной задачей которого является обеспечение потребности населения в перевозках при систематическом улучшении качества обслуживания пассажиров. Эффективная работа пассажирского транспорта обеспечивает жизненные потребности города и во многом предопределяет перспективы развития всего территориального транспортного комплекса.

Основными проблемами управления городским пассажирским транспортом (ГПТ) современных российских городов являются [1, 2, 3, 4, 7]:

- недостаточное развитие информационно-аналитической системы управления общественным транспортом;
- отсутствие полного мониторинга функционирования всех единиц городского пассажирского транспорта;
- формирование и оптимизация единой маршрутной сети;
- неудовлетворительное транспортное обслуживание маломобильных групп населения;
- недостаточное информационное обеспечение потребителей пассажирских транспортных услуг и др.

Пассажирский сервис оценивается совокупностью различных показателей качества: безопасности, скорости, надёжности перевозок, комфортности перемещения, информационной обеспеченности и др. Поэтому для того, чтобы жители чаще делали выбор в пользу общественного транспорта, необходимо обеспечить достаточно комфортное и удобное его использование. Надёжность транспортных услуг зависит от стабильности работы общественного транспорта, от оптимального расписание движения подвижного состава на маршрутах, от следования транспортных средств строго согласно расписанию [5].

В г. Ростове-на-Дону пассажирский подвижной состав всех видов общественного транспорта работает в рамках единого расписания, составляемого специалистами МУП «Технологии Управления». С 2009 г. работа общественного транспорта и мониторинг следования расписанию выполняется

системой управления общественным транспортом, контролирующей все маршруты городского пассажирского транспорта. В режиме реального времени происходит контроль движения 1490 единиц пассажирского подвижного состава, включая автобусы, трамваи и троллейбусы [1]. С целью повышения качества обслуживания пассажиров в настоящее время ведутся работы по реализации программы контроля за подвижным составом, работающим в режиме маршрутного такси.

Для автоматизированного составления оптимального расписания ГПТ в г. Ростове-на-Дону в МУП «Технологии Управления» используется компьютерная программная система «Pikas». Система «Pikas» предназначена для планирования работы городского пассажирского транспорта, оптимизации расписания движения различных видов наземного общественного транспорта и получения необходимой отчетности. В программной системе «Pikas» реализован редактор маршрутной сети, использующий цифровую карту города, как фон для визуального отображения и размещения объектов транспортной инфраструктуры (остановочные пункты, разворотные круги, отстойные площадки, автовокзалы, вокзалы и др.). С помощью редактора создаются объекты, перегоны и линии маршрутов городского пассажирского транспорта. «Pikas» автоматически рассчитывает расписание движения подвижного состава на маршруте, определяет времена обедов и смен. Полученное расписание можно откорректировать вручную, изменять время отправления подвижного состава из любой точки маршрута. В состав «Pikas» входит специальный модуль, позволяющий координировать расписания движения подвижного состава различных маршрутов в любой точке города, области, страны в различных направлениях.

Создание информационно-аналитической системы управления общественным транспортом необходимо для повышения эффективности управления пассажирским транспортом. Формирование единой маршрутной сети общественного транспорта предполагает ведение реестра маршрутов городского пассажирского транспорта. Реестр представляет собой информационную систему учета в электронном и бумажном носителях сведений о маршрутах общественного транспорта (включая его номер, путь следования, с указанием места остановочных пунктов и их наименования, места конечных остановочных пунктов). Данные реестра должны быть открыты и общедоступны, размещаться в информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Для улучшения и упорядочения движения общественного транспорта, обеспечения комфортных условий пересадки пассажиров и эффективности использования подвижного состава необходимо осуществлять оптимизацию маршрутной сети, которая обусловлена необходимостью: исключения дублирования маршрутов общественного транспорта; распределения подвижного состава по маршрутам с учетом пропускной способности дорог, допустимой скорости движения и, в соответствии, с его потребностями по маршруту; сокращения транзитных маршрутов общественного транспорта, проходящих через центр города; открытия новых маршрутов общественного транспорта для удовлетворения потребностей населения.

Крупные города сталкиваются с проблемой транспортных заторов. В большинстве из них наблюдается резко выраженное несоответствие все возрастающего количества транспортных средств, ежедневно появляющихся на улицах города, и отсутствие оптимальных условий для его использования. Не избежал этой проблемы и г. Ростов-на-Дону. Ежедневно на улицах города особенно центральных, таких как ул. Красноармейская, ул. Б. Садовая, пр. Ворошиловский, пр. Буденновский и др. затруднено движение и возникают постоянные заторы, не только в «часы пик», но и в течение всего дня. Это ухудшает качество пассажирских перевозок, и большинство жителей предпочитает автомобиль общественному транспорту.

Использование программного комплекса «Pikas» в исследовательских разработках позволяет решать задачи, связанные с моделированием передвижения общественного транспорта по путям с наименьшей вероятностью возникновения заторовых ситуаций. С этой целью необходимо проводить анализ движения пассажирского подвижного состава фактического и нормативного; обрабатывать статистические данные, полученные в результате наблюдений; составлять оптимальное расписание для всех маршрутов городского пассажирского транспорта г. Ростова-на-Дону.

Функция закрепления низкопольного транспортного средства за определенным графиком работы любого вида наземного городского пассажирского транспорта и дальнейшее отображение времени прохождения низкопольного транспортного средства в расписании движения, размещенном на официальном сайте и на информационном табло остановочных пунктов, позволит маломобильным пассажирам (людям с ограниченными возможностями здоровья; пассажирам с детскими колясками и/или малолетними детьми; беременным женщинам; временно нетрудоспособным, пользующимся при перемещении тростью, костылями; пожилым людям; очень полным людям, испытывающим

трудность при посадке в высокопольное транспортное средство и пассажирам с тяжелыми сумками, чемоданами) заранее планировать свою поездку.

Внедрение современных информационных технологий и повышение уровня доступности и качества транспортных услуг для населения являются приоритетными задачами развития транспорта и повышения эффективности его управления. На ГПТ примерами эффективного внедрения информационных технологий являются [2]:

- программные комплексы автоматизации функций управления системой пассажирского транспорта;
- диспетчирование и мониторинг движения пассажирского транспорта с использованием глобальных навигационных систем связи;
- телекоммуникационные системы обеспечения функционирования пассажирских перевозок;
- автоматизированные системы резервирования и продажи транспортных услуг через Интернет и др.

Программный комплекс автоматизации основных функций управления системой городского пассажирского транспорта *Pikas*, внедряемый в г. Ростове-на-Дону, позволяет эффективно решать задачи на всех уровнях управления городским пассажирским транспортом – стратегическом, тактическом и оперативном [2, 6]:

- формирование и оптимизация единой маршрутной сети общественного транспорта;
- моделирование различных ситуаций на транспортной сети;
- планирование вариантов работы пассажирского подвижного состава с расчетом основных показателей работы различных видов городского транспорта с выбором оптимального варианта;
- составление и анализ вариантов транспортного обслуживания потребителей при планировании изменения маршрутной сети и организации эффективного взаимодействия различных видов транспорта;
- составление и оперативное корректирование расписания движения транспортных средств в режиме онлайн, учитывая изменяющиеся условия эксплуатации пассажирского подвижного состава, изменения скорости и времени проезда по отдельным участкам дорожной сети;
- онлайн мониторинг работы городского пассажирского транспорта;
- осуществление диспетчерского управления городским общественным транспортом;
- учет и анализ работы всего подвижного состава по каждому маршруту;
- предоставление оперативных и статистических данных органам управления, контролирующим органам, операторам перевозок;
- предоставление населению информации о расписании подвижного состава ГПТ на официальном сайте МУП «Технологии Управления» г. Ростова-на-Дону и др.

Часть задач на данное время решено, но остаются пока нерешенными некоторые вопросы, которые требуют дальнейшей проработки и повышения эффективности работы городского пассажирского транспорта. Безусловно, для оптимального планирования, регулирования и координации работы городского пассажирского транспорта г. Ростова-на-Дону необходимо время, но начало внедрения и осуществления одного из направлений проекта позволит развивать и другие направления, например внедрение возможности получения пользователями общественного транспорта расписания его движения на средства мобильной связи через SMS и WAP и др. В целом, перечисленные мероприятия совершенствования управления городским пассажирским транспортом призваны повысить качество транспортного обслуживания населения и гостей г. Ростова-на-Дону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зырянов В.В. Проблемы и некоторые результаты создания устойчивой городской транспортной инфраструктуры на примере Ростова-на-Дону // Международный семинар «Устойчивое развитие городского транспорта: вызовы и возможности» (сборник материалов семинара). – М.: НТБ «Энергия», 2013 – С. 64-71.
2. Зырянов В.В., Семчугова Е.Ю., Скрынник А.М. Применение информационных технологий при повышении мобильности и обеспечении транспортной безопасности // Инженерный вестник Дона. – №4 (часть 1). – 2012. – <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1083>.
3. Зырянов В.В., Мирончук А.А. Приоритетное движение общественного транспорта: развитие методов организации // Транспорт Российской Федерации. №3-4. 2012. с. 22-25.

4. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков В.Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт Российской Федерации//СПб. - №1, 2011. – с. 28-33.
5. Семчугова Е.Ю., Зырянов В.В., Володькин П.П., Денисов Г.Г., Цыплаков В.Ю. Определение весомости показателя надежности транспортных услуг в качестве перевозок // Интернет-журнал Наукоеведение – №4 (часть 1). – 2012. – <http://naukovedenie.ru/PDF/55ergsu412.pdf>.
6. Семчугова Е.Ю., Николаенко М.А. Совершенствование оснащения остановочных пунктов города Ростова-на-Дону // «Строительство-2012»: материалы Международной научно-практической конференции. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012. – С.76-77.
7. Zyryanov V., Sanamov R. Improving Urban Public Transport Operation: Experience of Rostov-on-Don (Russia)// International Journal of Transport Economics Vol. XXXVI · no. 1 · February 2009. Rome (Italy). p.p. 83-95.

Зырянов Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организации перевозок и дорожного движения» Ростовского государственного строительного университета

Vladimir V. Zyryanov – Dr. Sc., professor, head of Department «Transportation and Traffic Management» Rostov State Civil Engineering University

Семчугова Елена Юрьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организации перевозок и дорожного движения» Ростовского государственного строительного университета

Elena Yu. Semchugova – Associate professor of Department «Transportation and Traffic Management» Rostov State Civil Engineering University

Литвина Алина Андреевна – аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Ростовского государственного строительного университета

Alina A. Litvina – Graduate student of Department «Transportation and Traffic Management» Rostov State Civil Engineering University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.13

В.Н. Басков, Л.Я. Кожуховская

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ЯДРА

Рассмотрены методологические основы повышения эффективности транспортных услуг в условиях рыночных отношений путём создания адаптируемых транспортных процессов и систем инвариантных организационно-технологических показателей качества.

Транспортный процесс, качество, инвариантность, транспортная система, рынок услуг

V.N. Baskov, L.Y. Kozhukhovskaya

ENSURING QUALITY AND RELIABILITY OF TRANSPORT SERVICES BY CREATION OF THE OPERATED KERNEL

Methodological bases of increase of efficiency of transfer services in the conditions of market relations through the creation of organizational-technological flexible transport systems invariant quality indicators.

Transport process, quality, invariance, transport system, market of services

Обеспечение заданных показателей качества и эффективности транспортных процессов (ТП) при предоставлении широкой номенклатуры услуг в условиях рынка требует формирования структуры транспортной системы (ТС) инвариантной условиям выполнения транспортных услуг и технико-экономическим показателями работы транспортного предприятия.

Применяемые методы организации и управления ТП, как правило, основаны на использовании справочных данных и опыта работы транспортного предприятия. Синтез управляемых структур ТС и ТП с использованием принципа суперпозиции в условиях неопределенности рыночных условий не обеспечивает эффективных результатов.

Авторами предложен новый подход к организации и управлению перевозочным процессом. В работе решение проблемы обеспечения качества транспортных услуг достигается путём управления структурами ТП и ТС на этапах организации и реализации перевозок. Задача решается путем выявления связей в системе Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда (ВАДС) и формирования управляемого ядра ТП инвариантного условия работы автотранспортного предприятия и входной информации о требованиях к выполнению транспортной услуги [1].

В настоящей работе это достигается путем моделирования связей и их взаимовлияния в системе ВАДС на всех этапах ТП. Это обеспечивает создание ТП и транспортной системы ВАДС целевого назначения с организационно-технологически управляемым инвариантным ядром, позволяющим адекватно реагировать на воздействия внутренней и внешней среды, а также изменения производственной ситуации.

С целью выявления связей между элементами в системе ВАДС применены методы структурного и теоретико-множественного анализа. Использование структурного анализа обусловлено тем, что структура отражает как содержательный аспект ТП и ТС, так и изменения формы связи при их адаптации к новым условиям. На основе структурного анализа ТП и ТС выявлены структурообразующие факторы, определяющие условия синтеза структуры инвариантного ядра ТС [1] и предел ее устойчивости, учитываемые исходя из конкретных условий перевозки и требований заказчика. На рис. 1 приведена схема классификации показателей транспортного процесса, влияющих на качество его влияния.



Рис. 1 Факторы, определяющие структуру и качество ТП

На качество и надежность выполнения ТП влияют такие факторы внутренней среды как: структура транспортной системы (ТС); техническое состояние автотранспортное предприятие (АТС) и производственные возможности транспортного предприятия; технико-эксплуатационные показатели АТС; уровень организованности и информатизации транспортного процесса; профессиональные качества водителя, дорожные и погодно-климатические условия. (рис 1);

Создание инвариантного ядра ТС требует получения исходной информации о свойствах и транспортных характеристиках перевозимых грузов $\{G\}$, закономерностях формирования структур ТП. С целью установления влияния характеристик транспортных возможностей системы ВАДС на структуры ядра $\{TC\}$, инвариантных структурам-стратегиям $\{TII\}$ исследованы условия формирования и изменения состояния ТС при обеспечении качества услуг $S_{тп}$ - вектора. В качестве показателя уровня инвариантности принят показатель организационно-технологической устойчивости и адаптивности элементов системы ВАДС, которые отражают способность ТС адаптироваться для множества характеристик транспортируемых грузов или пассажиров $\{G\}$ без изменения целевой функции $\{G\}$ организованности ТС и без снижения качества услуг.

Обеспечение эффективности ТП за счет его управляемого ядра и показателей качества работы элементов системы ВАДС рассматривается, как способность системы сохранять функции и целевую организованность ТС - $w(t)$ при изменении ситуации и входной информации (X_{ij}) об условиях проектирования и протекания ТП.

Отсутствие четкого соответствия свойств $\{G\}$, $\{TII\}$ и структур $\{S_{TC}\}$ в условиях многовариантности предоставления услуг потребовало исследования структурно-функциональных связей, количественных отношений между их элементами в условиях неполной определенности. В связи с тем, что условия оказания услуг по перевозке, допустимых затрат на их выполнение имеют также не полную определенность, потребовалась разработка правил преобразования нечеткой информации в четкую путем пошагового раскрытия неопределенности с помощью системы критериев. С этой целью при определении качественных показателей соответствия множеств элементов $\{G\}$, $\{TII\}$ и $\{TC\}$ использован теоретико-множественный анализ, на основе которого определена степень влияния доминирующих факторов на структуры ТП и систему ВАДС, на критерии выбора оптимального сочетания их свойств. (рис. 2).

Транспортный процесс и система ВАДС, имеют множество размерно и параметрически связанных элементов, которые изменяются при эксплуатации. Каждая реализация структуры образует пространство состояний, имеющее большое число ограничений, о которых нет полной и достоверной информации.

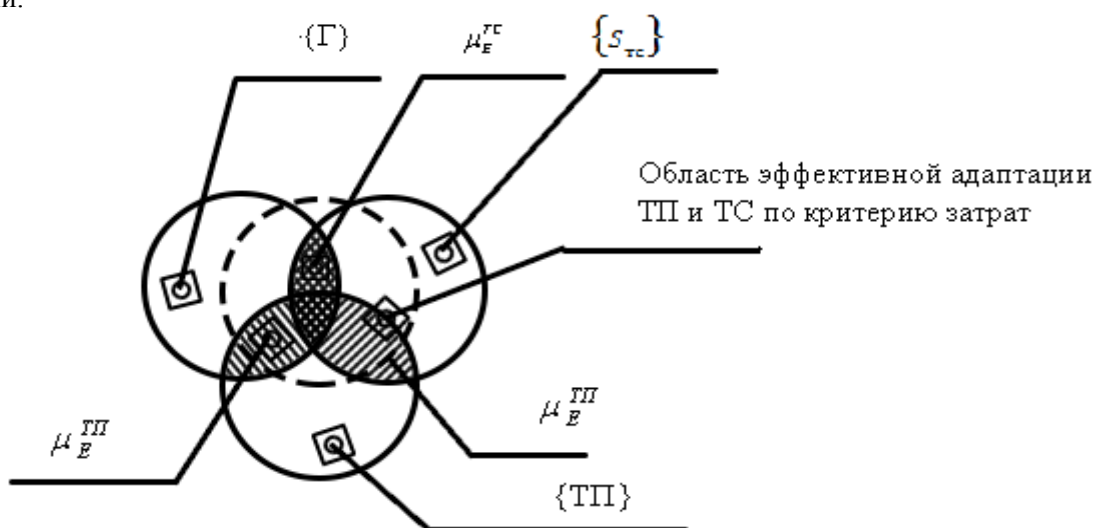


Рис. 2. Теоретико-множественное представление функции принадлежности в ТП

Установление структурных связей и отношений позволило выявить показатели качества системы ВАДС, системные свойства, которые позволяют обеспечить возможность разработки структур-стратегий ТП и системы ВАДС, ориентированных на перевозку объектов одной технологической общности, транспорт и конкретные условия работы автотранспортных предприятия и состояние внешней среды. Анализ различных схем маршрутизации ТП и ситуаций, возникающих при сочетании различных размерных и временных параметров ТП позволили получить опытно-статистическую и

расчетно-аналитическую модель, отражающую состояние элементов ТС и их влияние на показатели качества ТП.

Теоретико-множественное представление информации для принятия решений, показанные на рис. 2 позволило представить связи в виде пересечения множеств $\{Г\}$, $\{ТП\}$ и $\{ТС\}$ в евклидовом пространстве. Количественно область их пересечения описана в виде коэффициентов принадлежности $\mu_E^Г, \mu_E^{ТС}, \mu_E^{ТП}$. Оценка области эффективного соответствия $\{ТП\}$, $\{ТС\}$ и $\{Г\}$ оценивается коэффициентом надежности элементов ВАДС - μ_E^H и приведенных затрат - μ_E^3 .

$$\begin{aligned}
 \{Г\} &- \mu_E^Г \\
 \{ТП\} &- \mu_E^{ТП} \\
 \{ТС\} &- \mu_E^{ТС} \\
 \text{ВАДС} &- \mu_E^T \\
 \text{Надежность ТС} &- \mu_E^H \\
 \text{Приведенные затраты} &- \mu_E^3
 \end{aligned} \tag{1}$$

Для оценки свойств номенклатуры перевозимых грузов разработана методика оценки качества ТП, учитывающая технологические возможности элементов ВАДС при различных схемах реализации и структурах ТП, представленных кортежем свойств и матрицей номенклатуры перевозимых грузов.

$$\{Г\} = X_{ij} = \{ \Gamma_{i1}, \Gamma_{i2}, \Gamma_{i3}, \dots, \Gamma_{im}; \Gamma_{j1}, \Gamma_{j2}, \Gamma_{j3}, \dots, \Gamma_{jn} \} \tag{2}$$

$$\{Г\} = X_{ij} = \begin{vmatrix} \Gamma_{11} & \Gamma_{12} & \dots & \Gamma_{1m2} \\ \Gamma_{21} & \Gamma_{22} & \dots & \Gamma_{2m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Gamma_{n1} & \Gamma_{n2} & \dots & \Gamma_{ij} \end{vmatrix}, \tag{3}$$

где i - индекс груза, j - индекс признака.

Оценка соответствия множества транспортных характеристик грузов

$$M(\Gamma) = |c_{ij} \cdot |Y_{ij}| \tag{4}$$

где $\{Y_{ij}\}$ – множество условий выполнения признака i -того груза; $\{C_y\}$ – множество свойств системы ВАДС и ее элементов, необходимых для достижения j признака при перевозке i -того груза.

$$M\{C_{ij}\} = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1j} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{i1} & C_{i2} & \dots & C_{ij} \end{vmatrix} \tag{5}$$

Оценка уровня соответствия характеристик грузов $\{Г\}$, параметров $\{ТП\}$ и состояния $\{ВАДС\}$ во времени, с помощью коэффициентов принадлежности характеристик грузов μ_E^F возможному “поведению” системы ВАДС, позволяет установить их соответствие потоку условий перевозки грузов

$$\Pi = \{ \Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_{ij} \} \tag{6}$$

Вектор формирования структуры ТП соответствует определенному организационно-технологическому решению при финансовых затратах $З$ на обеспечение качества ТП и восстановление элементов системы ВАДС в процессе эксплуатации. Исходное состояние ТС определяется ее свойствами $С$, удовлетворяющему потоку требований Π_{ij} .

$$P_o = T\left(\prod_i^k ij(З)\right) \quad (7)$$

где $\prod_i^k ij$ – поток требований к ТП, k – число типов грузов множества $\{Г\}$, имеющих свойства $С_i$; i – число элементов ВАДС; j – число изменяемых признаков; $З$ – финансово-материальные и временные затраты на переход ТС путем адаптации из структуры S_1 в S_2 .

Вектор изменения состояний системы ВАДС при переходе на новые условия реализации транспортного процесса можно представить как:

$$\bar{P} = \{P_1^0, P_2^0, \dots, P_j^i, \dots, P_i^j\} \quad (8)$$

Вектор \bar{P} перехода ТС соответствует определенному технологическому решению, при затратах $З_i$. Для принятия решения о выборе структуры по критерию затрат времени на переход в новое состояние необходимо выбрать базовую структуру ТС(ядро) с производительностью Q , зафиксировав затраты $З_\phi$ и T_ϕ . Задача заключается в нахождении минимальных затрат времени, при этом минимум берется по всем параметрам.

Условия перехода элементов ТС в новое состояние под влиянием изменений свойств $\{Г\}$ по объему, номенклатуре, срокам выполнения заказа и состояния элементов ВАДС, рассмотрены как внешние возмущения. Возмущения пары $(З, t)$, отражают определенные требования повышения эффективности ТП и ТС путем их структурной адаптации и управления изменением состояния ТС.

Таким образом в предлагаемой методологии, повышение качества ТП достигается путем создания системы ВАДС инвариантной к требованиям заказчиков перевозок и входным воздействиям внешней среды в пределах технологических возможностей системы ВАДС и состояний таких ее элементов как водитель, дорога, автомобиль в изменяющейся среде.

Источником информации, отражающим состояние системы ВАДС, служат характеристики перевозимых грузов, эксплуатационные показатели АТС, результаты численного анализа опытно-статистических данных о показателях работы системы ВАДС.

В основе управления организацией ТП положена методология организации управляющей структуры. Формирование ядра ТП производится путем установления связей множества характеристик грузов $\{Г\}$ и состава элементов ВАДС при изменении входных требований и условий эксплуатации ТС. С этой целью исследованы условия и закономерности процессов, протекающих в системе ВАДС, а полученные количественные показатели используются в качестве критериев принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басков В. Н., Кожуховская Л. Я. Методология организации транспортных процессов на основе создания управляемого инвариантного ядра / В. Н. Басков, Л. Я. Кожуховская // Научное обозрение / СГАУ. 2013. №5. С. 52-64.
2. Кожуховская Л. Я. Структурная организация технологических процессов и систем. Саратов: СГТУ, 2000. 160 с.
3. Кожуховская Л.Я., Красникова Д.А. Анализ транспортных операций с помощью временных цепей. Эл. изд. 1200. Саратов: СГТУ, 2012.

Басков Владимир Николаевич –
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Организация перевозок

Vladimir N. Baskov –
Dr. Sc., professor, head of Department «Organiza-
tion of Transportation and Transport Management»

и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Gagarin Saratov State Technical University

Кожуховская Людмила Яковлевна— доктор технических наук, профессор кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Ludmila Y. Kozhukhovskaya – Dr. Sc., professor of Department «Organization of Transportation and Transport Management» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.13

В.Н. Басков, Е.И. Видманова

ОЦЕНКА УРОВНЯ АДАПТАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА К УЛИЧНО - ДОРОЖНОЙ СЕТИ

В данной статье рассмотрены факторы, определяющие условия формирования транспортных потоков, количественные и качественные показатели процесса дорожного движения. Показана зависимость времени доставки грузов и пассажиров в условиях риска. Также показано негативное влияние загруженности улично-дорожной сети на экономические и временные потери.

Дорожно-уличная сеть, уровень загрузки, процесс дорожного движения, транспортный поток, «двухжидкостная модель», модель «уровень риска», время доставки

V.N. Baskov, E.I. Vidmanova

ESTIMATION OF LEVEL OF ADAPTATION OF THE TRANSPORT STREAM TO THE ROAD-STREET NETWORK

In given article the factors defining conditions of formation of transport streams, quantitative and quality indicators of process of traffic are considered. Dependence of time of delivery of cargoes and passengers in the conditions of risk is shown. Also negative influence of congestion of a road-street network on economic and time losses is shown.

Road-street network, loading level, traffic process, transport stream, «two-liquid model», model «risk level», delivery time

Высокий уровень загрузки улично-дорожной сети в городах сопровождается резким снижением скоростей сообщения и транспортными заторами. Это приводит к росту аварийности, повышению времени доставки грузов и в конечном итоге к огромным экономическим потерям.

Учитывая это, исследования вопросов оптимизации использования пропускной способности существующей дорожной структуры путем прогнозирования возникновения пробок и корректировки маршрутов движения является актуальным и позволит совершенствовать организацию перевозочного процесса.

Одной из причин возникновения пробок является то, что транспортные потоки и улично-дорожная сеть не адаптированы друг к другу. Для оценки уровня приспособленности (адаптации) транспортного потока к улично-дорожной сети используются различные количественные показатели, характеризующие условия движения транспортного потока.

Анализ ряда исследований [1, 2] показал, что процесс дорожного движения характеризуется комплексом показателей, которые определяют уровень организации самого процесса с одной сторо-

ны, а с другой стороны – характеризуют условия в которых происходит перевозка пассажиров и грузов (рис. 1).

Обилие различных вариантов организации дорожного движения (ОДД) приводит к использованию целого набора частных критериев. В целом критерии оценки условий ДД можно разделить на частные и интегральные.

В процессе исследований в области кинетической теории транспортных потоков авторы Роберт Герман и Илья Пригожин создали «двухжидкостную» модель транспортного потока (Two-Fluid Model) [3]. При этом целью создания модели стала оценка режима движения транспортного потока по городской дорожно-уличной сети. В соответствии с этой моделью поток транспортных средств рассматривается состоящим из двух потоков (соответственно движущиеся транспортные средства и стоящие транспортные средства). Сама модель базируется на двух предположениях:

- V_r средняя скорость движения по улично-дорожной сети пропорциональна доле автомобилей, находящихся в движении f_r ;
- Доля времени остановок тестирующего автомобиля, движущегося по сети, равна средней доле времени остановок всех транспортных средств, осуществляющих движение по рассматриваемой сети в тот же период времени.

В соответствии с первым предположением средняя скорость движения по улично-дорожной сети V_r

$$V_r = V_{max} \cdot f_r^n, \tag{1}$$

где V_{max} – средняя максимальная скорость движения;

n – параметр, характеризующий качество обслуживания транспортного потока сетью.

Второе предположение модели получает следующий вид

$$f_s = T_s / T, \tag{2}$$

где f_s – доля остановившихся автомобилей;

T_s – среднее время простоя при проезде участка единичной длины;

T – время поездки в расчете на единицу длины.

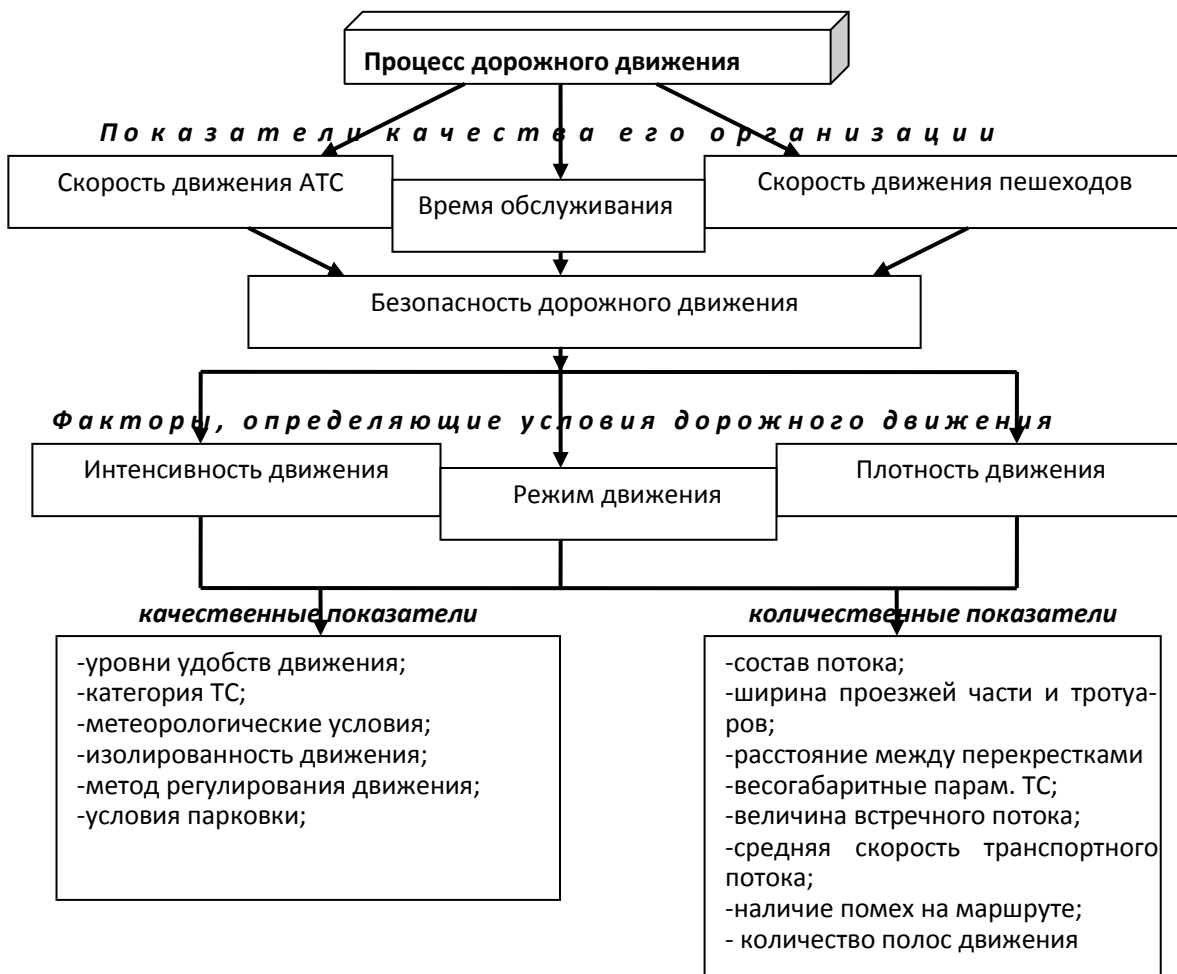


Рис. 1. Факторы, определяющие уровень организации дорожного движения

Оценка затрат времени на проезд участка улично-дорожной сети единичной длины T представляет собой:

$$T = T_{\min} (1 - f_s)^{-(n+1)} = T_{\min} \left[1 - (T_s / T) \right]^{-(n+1)}, \quad (3)$$

где T_{\min} – среднее минимальное время проезда участка единичной длины.

Поскольку $T = T_r + T_s$ получаем оценку времени движения на участке дорожно-уличной сети единичной длины T_r и, соответственно, среднего времени простоя при проезде участка дорожно-уличной сети единичной длины T_s в следующем виде

$$T_r = T_{\min}^{1/(n+1)} \cdot T^{1/(n+1)}, \quad (4)$$

$$T_s = T - T_{\min}^{1/(n+1)} \cdot T^{1/(n+1)}. \quad (5)$$

Уравнение оценки (5) является ключевым в двухжидкостной модели. Таким образом, качество обслуживания транспортного потока будет характеризоваться двумя параметрами n и T_{\min} . Оба параметра определяют в результате обработки статистических данных с применением регрессии, для чего выражение (5) преобразуют в линейные зависимости

$$\ln T_r = \frac{1}{n+1} \ln T_{\min} + \frac{1}{n+1} \ln T. \quad (6)$$

Представленные выше модель и критерий Германа-Пригожина позволили получить системную оценку транспортной ситуации на дорожно-уличной сети в целом, т.е. количественно измерять чувствительность условий движения к повышению загрузки улично-дорожной сети. Для оценки параметров n и T_{\min} необходимы данные о удельных показателях времени поездки T и времени простоя T_s .

Параметр n модели Германа-Пригожина показывает чувствительность скорости сообщения к увеличению загрузки улично-дорожной сети и используется как интегральный критерий оценки качества обслуживания транспортного потока на сети, т.е. используется как интегральный показатель качества ОДД. По результатам исследований [4, 5] параметр варьирует в диапазоне 0,8-3. Меньшие значения соответствуют лучшим условиям движения, а высокие худшим.

Отмечено [5], что критерий достаточно чувствителен к таким характеристикам как: плотность улично-дорожной сети, расстояние между пересечениями (длина перегонов), доля улиц с односторонним движением и т.п. Поэтому на наш взгляд можно разработать достаточно детализированный инструмент оценки уровня организации дорожного движения в городах, основанный на применении критерия Германа-Пригожина, который будет отражать влияние многих характеристик улично-дорожной сети. Для этого необходимо создать оценочную градацию значений данного критерия, соответствующих определенным условиям движения как, например, это сделано для показателя уровня обслуживания. Т.е. нужно установить диапазон значений критерия и создать описание качественных и количественных характеристик состояния транспортного потока, соответствующих каждому из уровней значений критерия Германа-Пригожина. Это позволит непосредственно в процессе экспериментальной оценки условий движения получить оценку качественного состояния транспортного потока на исследуемом участке улично-дорожной сети.

Одной из причин возникновения пробок на улично-дорожной сети – является ДТП. Несоблюдение безопасной дистанции часто приводит к столкновениям автомобилей при экстренном торможении лидирующего. Основным фактором, который влияет на величину безопасной дистанции, является скорость движения: чем выше скорость движения, тем большую безопасную дистанцию требуется соблюдать при движении.

Снижение безопасной дистанции при увеличении скорости движения обусловлено определенным предположением водителей задних автомобилей, что лидирующие автомобили не прибегнут к экстренному торможению. Причем, чем «сильнее» это предположение, количественная оценка которого выражается определенным уровнем риска, тем больше разница между величинами расчетной и фактической дистанций:

$$d_{\sigma} \geq v_0^{k_p} \cdot \tau + d_{\min} , \quad (7)$$

где k_p – уровень риска внезапной остановки;

d_{σ} – безопасная дистанция;

v_0 – скорость автомобиля;

d_{\min} – минимальное расстояние между автомобилями при остановке;

τ – время реакции водителя.

Проведенные исследования [6] показали, что значение параметра k_p различается в зависимости от условий движения.

Модель дистанции «уровень риска» по выражению отражает субъективное восприятие и оценку водителями дорожной ситуации, которая не всегда отвечает интересам безопасности движения. Поэтому модель «уровень риска» может использоваться при анализе влияния факторов различной природы на характеристики транспортных потоков.

С другой стороны, возникновение затора на дороге (пробки) увеличивает время доставки грузов и пассажиров $T_{достав}$. Либо из-за простоев в пробке либо из-за «объезда» ее. При этом оптимальное время доставки при объезде затора можно достичь увеличением средней скорости движения на «свободном» участке улично-дорожной сети. Учитывая это, зависимость времени доставки грузов и пассажиров в условиях риска возникновения затора на расчетном маршруте можно представить следующей зависимостью:

$$T_{достав} \geq \frac{S_{опт} + S_{доп}}{V_{ср} \cdot K_{зат}} , \quad (8)$$

где $T_{достав}$ – время доставки груза, ч;

$S_{опт}$ – оптимальное (кратчайшее) расстояние от поставщика до потребителя, км;

$S_{доп}$ – расстояние, потраченное на объезд пробки (дополнительное), км;

$V_{ср}$ – средняя скорость автомобиля в потоке, км/ч;

$K_{зат}$ – показатель степени риска возникновения затора.

Используя обоснованные выше предпосылки можно оценить потери от загруженности транспортной сети и предложить варианты определения оптимального маршрута перевозок с учетом «объезда» участка улично-дорожной сети занятого затором.

При этом в часы существования затора потери времени можно рассчитывать по формуле:

$$П_{зат} = \sum_{i=1}^d \frac{D \cdot N \cdot t_3}{3600 \cdot K_{max}} \cdot T_{зат} ; \quad (9)$$

где D – число дней с существованием заторов на УДС, принято 300 за вычетом выходных и праздничных дней;

N – интенсивность движения в направлении пересечения в «час пик», авт/ч;

$T_{зат}$ – среднее время существования затора в зависимости от длины затора и принадлежности магистральной улицы к характерному району (центр, периферийная зона или остальные магистрали);

K_{max} – коэффициент, учитывающий отношение максимальной наблюдаемой длины затора к его средней длине;

t_3 – время задержки, т.е. движения автомобиля в заторе, с.

При этом общие экономические потери можно представить адекватной экономической оценкой потерянного при вынужденных задержках в заторах времени автомобилями и пассажирами (маш-ч и пасс-ч).

Потери пассажиров в режиме однократной остановки определяют по формуле

$$S_{пасс}^{одн} = \sum_{i=1}^d \frac{D \cdot C_{нас} \cdot (T_{к} + 2T_{ж}) \cdot T_{oi} \cdot (N^n \cdot n^n + N^a \cdot n^a)}{T_{ц} \cdot 3600 \cdot K_{чм}} ; \quad (10)$$

где $C_{нас}$ – средняя стоимость пассажира-часа (средняя почасовая ставка заработной платы);
 N^n и N^a – соответственно интенсивности легковых автомобилей и автобусов в «час пик»,
 авт/ч;
 n^n и n^a – соответственно среднее количество пассажиров в легковом автомобиле и автобусе
 $K_{чм}$ – коэффициент перехода от часовой к суточной интенсивности движения.
 Потери пассажиров в режиме затора определяют:

$$S_{нас}^{зам} = \sum_{i=1}^d \frac{D \cdot C_{нас} \cdot t_3 \cdot (N^n \cdot n^n + N^a \cdot n^a)}{3600 \cdot K_{max}} \cdot T_{зам}; \quad (11)$$

Таким образом предложенные показатели и критерии можно использовать для оценки уровня адаптации транспортного потока к дорожно-уличной сети на которой возникают заторы. При этом появляется возможность альтернативного маршрута с учетом «объезда» пробок, но с сохранением времени доставки грузов и пассажиров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лопатин, А.П. Моделирование перевозочного процесса на городском, пассажирском транспорте/ А.П. Лопатин. М.: Транспорт, 1985.
2. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог/ В.В. Сильянов. -М.: Транспорт, 1984.
3. Herman R., Prigogine I. A Two-Fluid Approach to Town Traffic// Science, 1979, Vol. 204, pp. 148-151.
4. Блинкин М.Я., Ткаченко Б.А. Системная оценка условий движения на базе модели Германа-Пригожина//Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния, Екатеринбург: издательство АБМ, 2009 – С. 135-143.
5. Traffic Flow Theory Revised 2001//Committee on Traffic Flow Theory and Characteristics. 2001. 386 p.
6. Ларин О.Н., Приходько А.П. и др. Развитие транзитного потенциала автотранспортных систем регионов: монография/ О.Н. Ларин, А.П. Приходько, В.Д. Шепелёв, А.А. Кажяев. – Москва: ВИНТИ РАН, 2010. – 344 с.

Басков Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Vladimir N. Baskov – Dr. Sc., professor, head of Department «Organization and management of transport» Gagarin Saratov State Technical University

Видманова Екатерина Игоревна – аспирант кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Ekaterina I. Vidmanova – graduate student of «Organization and management of transport» Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

В.Н. Басков, Л.Я. Кожуховская, Д.А. Красникова

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДОМ ВРЕМЕННЫХ ЦЕПЕЙ

Проведен анализ возможности применения методов временных цепей при организации процесса транспортировки пассажиров и грузов. Исследованы связи в транспортных системах при различных схемах транспортного процесса. Рассмотрены некоторые транспортные задачи, которые могут быть решены на основе методов временных цепей. Предложена принципиальная модель определения оптимального уровня качества выполнения транспортного процесса.

Транспортный процесс, временная цепь, повышение надежности, показатели качества, время протекания операций

V.N. Baskov, L.Y. Kozhukhovskaya, D.A. Krasnikova

IMPROVING THE SAFETY AND EFFECTIVENESS OF THE TRANSPORT PROCESS TIME METHODS CHAINS

An analysis of the temporary circuits possibility at organizing the process passenger and freight transport. Explore the connections in the transportation system under different schemes transport process. Consider some transport problems that can be solved by the methods of temporary circuits. A basic model for determining the optimal level of the transport process quality performance.

Transport process, temporary circuit, increasing the reliability, quality, time course of operations

При разработке методики анализа транспортных процессов на основе временных цепей авторы исходят из необходимости повышения качества, надежности и эффективности транспортного процесса. Показателями качества транспортного процесса являются экономичность, комфортность, информационное обеспечение, скорость, доступность, своевременность и безопасность. Эти показатели определяются тягово-скоростными характеристиками транспортных средств, технологией перевозок и свойствами перевозимых грузов, а также уровнем функционирования системы ВАДС. При несоответствии показателей номинальным значениям существует вероятность потери надежности системы на всех этапах функционирования, поэтому необходимо разработать методику, позволяющую обеспечить безопасную эксплуатацию в практической реализации транспортных процессов в заданных условиях [1].

Обеспечение заданных показателей качества, надежности и эффективности транспортных процессов и предоставляемых услуг в условиях рыночных отношений требует создания транспортных систем быстро адаптирующихся к изменяющимся условиям и требованиям внешней среды [5].

Объектом исследования являются технологические процессы грузовых и пассажирских перевозок. Авторами разработана методика анализа транспортных процессов на базе временных цепей, позволяющая решать на транспорте следующие задачи [4]:

- определение суммарных затрат времени на выполнение транспортных операций при организации пассажирских перевозок на заданном маршруте;
- определение максимального и минимального времени ожидания пассажиров на каждом остановочном пункте маршрута городского пассажирского транспорта, т.к. определение затрат времени на ожидание посадки при анализе общих затрат времени на поездки пассажиров вызывает наибольшие трудности;
- оценка времени прибытия подвижного состава в пункты маршрута;
- определение суммарных затрат времени по известным значениям затрат времени на выполнение транспортных операций;

- расчет затрат времени при директивном плановом задании величины исходного и замыкающего звена.

Обеспечение конкурентоспособности транспортных систем по разным показателям вызывает необходимость создания новых подходов к разработке транспортных процессов и научно-обоснованного метода принятия управленческих решений.

В настоящей работе в основе разработки и управления транспортными процессами используется методология ситуационного управления процессами, основанная на концепции открытых систем [3]. С этих позиций ситуационная модель принятия решений позволяет создать ядро структуры транспортных процессов и транспортных систем, инвариантность которых рассматривается, как способность системы сохранять функции и целевую организованность при изменении входной информации, реальных условий и др.

Анализ составляющих элементов транспортных процессов и звеньев транспортной системы требует применения системного подхода для оценки степени влияния различных факторов на качество транспортных процессов и эффективность функционирования транспортных систем.

Одним из системных показателей качества транспортного процесса является время протекания операций как элементов транспортного процесса.

Отсутствие объективных данных для оценки качества транспортного процесса потребовало выявления типовых ситуации и факторов, приводящих к отклонению показателей затрат времени на транспортные операции. При обследовании транспортных операций большое значение имеют методы и средства хронометража, методы обработки многократных измерений. Для получения статистически обоснованных значений показателей качества транспортного процесса в конкретных условиях выполнения транспортной услуги использованы принципы единой системы измерений, средства регистрации, прямые, косвенные и относительные методы. В последнее время активно используются различные детекторы транспортных средств, позволяющие осуществлять сбор информации о транспортном потоке, такой как интенсивность (количество машин в единицу времени), средняя скорость за интервал, плотность транспортного потока (процент занятого автомобилями пространства дороги).

При получении достоверных временных показателей в режиме реального времени, как основного критерия оценки качества транспортного процесса, необходимо использовать различные регистраторы, предназначенные для фиксации факта проезда автомобиля на определенном участке дороги. Другим способом получения информации о работе транспорта и использования ее для управления транспортными процессами является использование спутниковых навигационных систем и программного обеспечения, позволяющего в режиме реального времени отслеживать на мониторе компьютера маршрут движения как автобусов, так и грузовых автомобилей, а также регистрировать данные о каждой поездке и составлять отчеты с целью анализа поступающей информации.

Для комплексной оценки качества транспортного процесса время необходимо рассматривать в совокупности с другими показателями, в частности, с затратами на перевозку, которые складываются из переменной и постоянной составляющей. Переменные затраты зависят от пробега, который, в свою очередь, непосредственно связан с временными показателями работы транспортного средства, поэтому в комплексе с методом временных цепей возможно проводить оценку эффективности операций транспортного процесса и решения задачи выбора структур транспортных операций и процессов по критериям материальных и временных затрат.

Использование принципов ситуационного принятия решений при разработке структур транспортных процессов основано на формировании базовой структуры, т.е. ядра. Создание инвариантного ядра транспортных процессов, предложенное в работе [2] позволяет учитывать необходимые изменения в транспортных системах при потере их надежности по любому из показателей качества транспортных процессов. Для анализа структурообразующих факторов и исследования связи в транспортной системе при различных схемах транспортных процессов и условиях изменения начального состояния транспортной системы в области допустимых состояний её элементов. Начальное состояние транспортной системы, определенное размерными связями, представлено как пространственная размерная и временная цепи, замыкающим звеном которых является показатель качества и время выполнения операций транспортного процесса. Такой подход позволил отразить размерные и временные связи для создания ядра транспортного процесса в переналаживаемой транспортной системе. Число ее возможных состояний соответствует количеству условий и ситуаций реализации транспортной услуги, которые образуют область начальных состояний транспортной системы [2]. Технические характеристики транспортных средств и условия выполняемых заказов имеют детерминированный характер, их взаимодействие может быть описано аппаратом четких множеств

[1]. С целью оценки качества выполнения транспортного процесса для описания множественности состояний транспортной системы под влиянием внешней среды и их соответствия требованиям транспортного процесса использована теория нечётких множеств.

Оценка уровня соответствия характеристик транспортных процессов грузовых и пассажирских перевозок \bar{R} , параметров \bar{A} и состояния транспортного средства \bar{ATC} во времени оценена степенью принадлежности характеристик транспортных процессов грузовых и пассажирских перевозок, возможному состоянию системы.

$$\mu(x) = C \bar{R} \bar{X} * f(\Pi, t) \quad (1)$$

Представим поток свойств \bar{R} в виде:

$$\bar{R} \approx \bar{R}_1, T_2, T_3, \dots, T_n, \quad (2)$$

условия транспортного процесса в виде потока требований:

$$\bar{A} \approx \bar{A}_1, \Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_n, \quad (3)$$

а структуру транспортной системы в виде:

$$СтП \rightarrow \langle P_o, \varphi_o, \Pi, Q, Z, t \rangle, \quad (4)$$

где P_o – вектор, принадлежащий области состояний ТС в евклидовом пространстве E ;

φ_o – вектор потока требований, принадлежащий вектору P_o ;

Π – поток требований об условиях доставки грузов или пассажиров;

Q – производительность транспортного средства;

t – время выполнения транспортных операций.

Z – затраты на реализацию функции элементов транспортной системы, обеспечивающих качество выполнения транспортных процессов.

Вектор P_o соответствует определенному организационно-технологическому решению при затратах (Z) обеспечения качества транспортного процесса или восстановления элементов транспортной системы в процессе эксплуатации. Исходное состояние транспортной системы определяется

ее свойствами, удовлетворяющему потоку требований $\prod_1^k ij$.

$$P_o = T \left[\prod_1^k ij (3) \right], \quad (5)$$

где $\prod_1^k ij$ – поток требований к транспортному процессу;

k – число характеристик транспортного процесса множества \bar{R} ;

i – число элементов транспортной системы;

j – число изменяемых признаков;

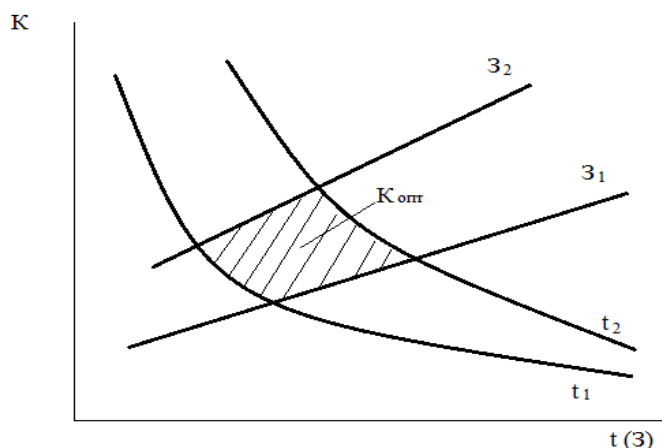
Z – материальные и временные затраты на переход транспортной системы в другую структуру путем переналадки.

Выбор структуры транспортного процесса и оценка его качества осуществляется с помощью интегрального критерия, который включает большое число показателей, однако наиболее информативными среди них являются время (t) и затраты на выполнение транспортных операций (Z).

Условно можно представить показатель оценки качества выполнения транспортного процесса как функцию от времени и затрат:

$$K = f(t, Z). \quad (6)$$

Тогда оптимальный уровень качества выполнения транспортного процесса будет находиться в области $K_{\text{опт}}$ и может быть определен исходя из суммарных затрат на выполнение транспортных операций, т.е. материальных затрат на осуществление транспортного процесса и затрат времени на его выполнение.



Принципиальное представление модели определения оптимального уровня качества выполнения транспортного процесса

Таким образом, установлено, что методику анализа транспортных процессов с помощью временных цепей возможно использовать при организации технологического процесса как грузовых, так и пассажирских перевозок. Для достижения поставленной цели необходимо исследовать показатели затрат времени на выполнение транспортных процессов с помощью современных средств и методов получения информации. Для оценки принимаемых организационно-технологических решений при организации и подготовке транспортных услуг и разработке маршрутов используется комплексный показатель оценки качества выполнения транспортного процесса. Кроме того, на основе метода временных цепей могут решаться задачи планирования ритмичной работы для выполнения заданных объемов работ по перевозке грузов и пассажиров в установленные сроки, что позволяет повысить эффективности работы транспортных предприятий за счет выполнения заказов на транспортные услуги в условиях рыночных отношений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожуховская Л.Я. К вопросу о взаимовлиянии звеньев последовательно связанных временных цепей в технологических процессах машиностроения / Л.Я. Кожуховская, В.В. Кожуховский // Известия вузов. Машиностроение. 1998. №1-3.
2. Басков В.Н. Методология организации транспортного процесса на основе создания управленческого инвариантного ядра / В.Н. Басков, Л.Я. Кожуховская // Научное обозрение. 2013. № 2(56).
3. Кожуховская Л.Я. Ситуационное управление технологическими структурами. Саратов: СГТУ, 2003.
4. Кожуховская Л.Я. Анализ транспортных операций с помощью временных цепей / Л.Я. Кожуховская, Д.А. Красникова. Саратов: СГТУ, 2012. 38 с.
5. Гусев С.А. логистические подходы к организации производства / С.А. Гусев, Д.А.Красникова, В.В.Лозовая // Вестник СГТУ. 2010. № 2.

Басков Владимир Николаевич –
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Организация перевозок

Vladimir N. Baskov –
Dr. Sc., professor,
head of Department « Organization of

и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Transportation and Transport Management «Gagarin Saratov State Technical University

Кожуховская Людмила Яковлевна – доктор технических наук, профессор кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Ludmila Y. Kozhukhovskaya – Dr. Sc., professor of Department «Organization of Transportation and Transport Management «Gagarin Saratov State Technical University

Красникова Дарья Андреевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Darya A. Krasnikova – Ph.D., Associate Professor of Department «Organization of Transportation and Transport Management «Gagarin Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 656.1.08

Б.И. Борисов

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Предлагается примерная схема классификации причин дорожно-транспортных происшествий на системном уровне.

Состояние аварийности, отсутствие единой классификации в системе «человек-автомобиль-дорога-окружающая среда» (Ч-А-Д-ОС), предлагаемая схема

B.I. Borisov

TO THE QUESTION OF THE CLASSIFICATION OF THE CAUSES OF ROAD ACCIDENTS

Offered a tentative classification scheme of the causes of accidents at the system level.

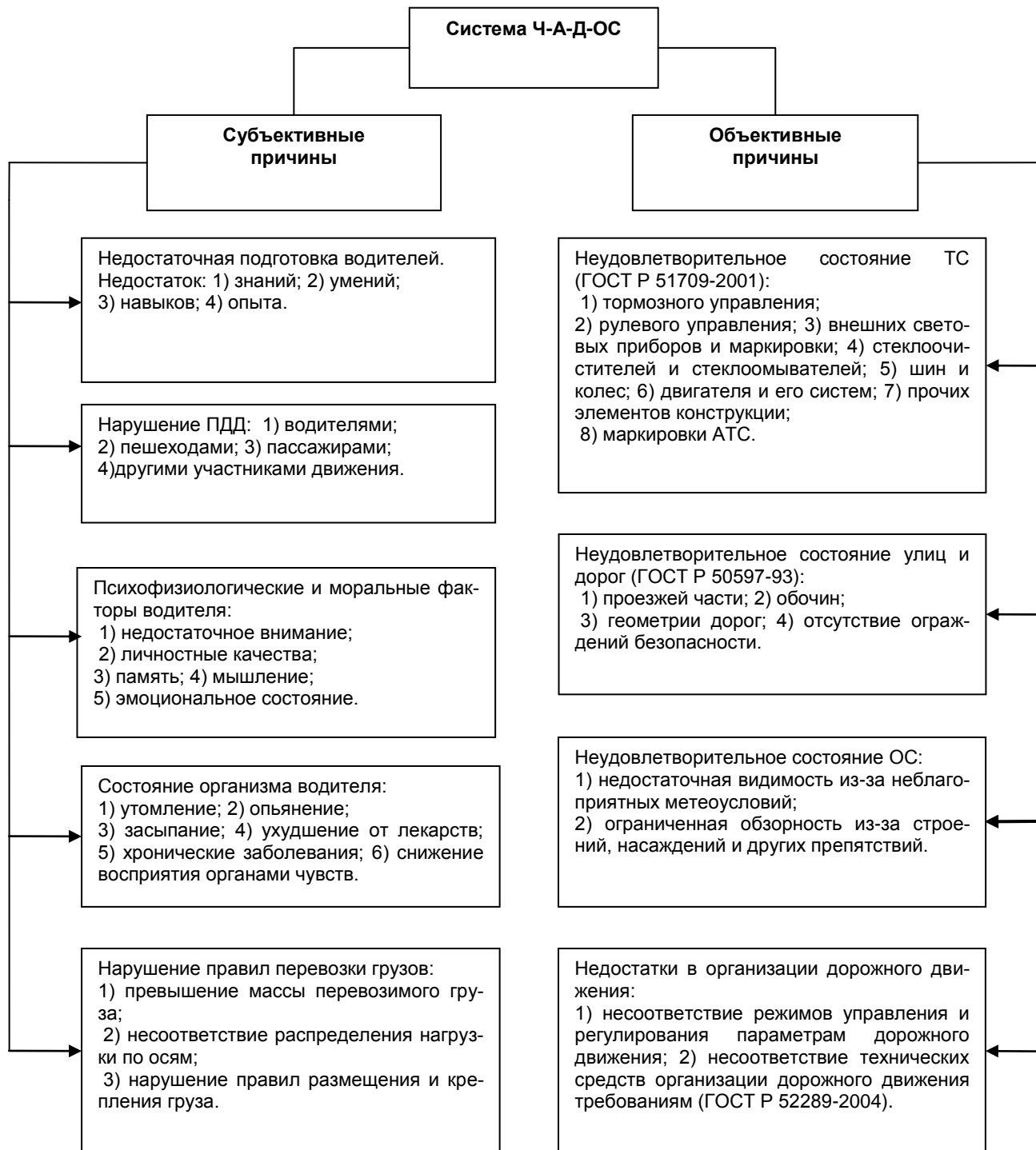
The emergency, no uniform classification in the «man-vehicle-road-environment» (M-V-R-E) system, the proposed scheme

Автомобилизация страны, решая множество задач по удовлетворению потребностей производства и населения в перевозках, усугубляет проблему обеспечения безопасности дорожного движения. В обстановке, характеризующейся высокими темпами увеличения парка подвижного состава, интенсивности и плотности движения транспортных потоков, основные абсолютные показатели аварийности на автомобильном транспорте постоянно ухудшаются. Достаточно привести показатели аварийности на дорогах России за последние три года (таблица).

Показатель	Год		
	2010	2011	2012
Количество ДТП	199431	199868	203597
Число погибших, чел	26567	27953	27991
Число раненых, чел	250635	251848	258618

Из таблицы видно, что за указанный период произошло увеличение всех показателей аварийности: количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) - на 2,1%, числа погибших - на 5,3%, раненых - на 3,2%.

Последствия дорожно-транспортных происшествий, связанные с гибелью и ранением людей, потерей (повреждением) материальных ценностей, наносят значительный ущерб экономике страны. Поэтому предупреждение аварийности на дорогах является одной из серьезнейших социально-экономических проблем, от успешного решения которой в значительной степени зависят не только развитие экономики, но и жизнь, и здоровье людей [1].



Примерная схема классификации причин ДТП на системном уровне

Данная проблема, характеризующаяся сложностью и многоплановостью, приобрела остроту в последние десятилетия в связи с возрастающей диспропорцией между приростом количества автотранспортных средств и протяженностью и состоянием улично-дорожной сети.

Цель комплексного исследования причин происшествий заключается в определении эффективных направлений деятельности по предупреждению ДТП и снижению тяжести их последствий в интересах формирования и проведения эффективной государственной политики в области обеспечения безопасности дорожного движения. При этом основной задачей является правильное установление причин ДТП, оценка весомости причин с целью разработки и обоснования эффективных мер по сокращению ДТП и снижению тяжести их последствий [2]. Проблема заключается в том, что соотношение различных видов происшествий и причин их возникновения по различным регионам и в различные периоды времени колеблется в значительных пределах. Это обусловлено не только местными условиями, но и в некоторой степени различными подходами к оценке причин возникновения происшествий. Нет единой точки зрения на то, что считать причиной ДТП, отсутствует единая классификация причин аварийности [3].

Качество и эффективность принимаемых решений по обеспечению безопасности дорожного движения находятся в прямой зависимости от знания объективной картины причин ДТП и условий их возникновения [4].

В официальном документе [5] приводится перечень причин ДТП, в соответствии с которыми основными причинами являются: нарушение правил дорожного движения (ПДД) водителями, нарушение ПДД пешеходами, неудовлетворительное состояние улиц и дорог, техническая неисправность транспорта. Однако данные причины не дают полной картины ДТП, т.к. не раскрывается конкретная причина его возникновения. Например, под понятием «нарушение ПДД водителями» может подразумеваться несколько нарушений: превышение скорости, выезд на полосу встречного движения, несоблюдение очередности проезда перекрестка и т.д. Аналогичные рассуждения можно отнести и к другим основным причинам.

В 1983 году Министерством автомобильного транспорта РСФСР был предложен классификатор основных видов и причин ДТП, который был составлен в основном по критерию ошибочных действий водителя, приведших к возникновению ДТП. Такие действия были объединены в 28 разделов (классов ДТП) [6]. Таким образом, в качестве классификационного признака в данном случае практически были приняты вид ДТП (ситуационное представление ДТП) и нарушение водителем конкретного требования ПДД. Однако, если учесть количество требований российских ПДД и все варианты нарушений этих требований водителями, можно заключить, что подобного рода классификация причин ДТП не способствует системному анализу этих причин.

В связи с изложенным при разработке классификатора причин ДТП в системе человек-автомобиль-дорога-окружающая среда (Ч-А-Д-ОС) в качестве классификационных признаков предлагается принять две группы из них: субъективные и объективные. Этот уровень классификации может быть принят как системный. На рис. 1 приведена примерная схема классификации причин ДТП со ссылкой на некоторые нормативные документы (ГОСТы). Однако это не означает, что при анализе ДТП не могут быть использованы другие нормативно-правовые акты.

На локальном уровне предлагается «привязывать» причины ДТП к конкретным нарушениям отдельных пунктов ПДД и других нормативно-правовых документов. Более 50% ДТП можно связать со свойствами автомобилей, которые описываются математическими зависимостями (например, величина тормозного и остаточного пути, критическая скорость заноса или опрокидывания и др.) [2].

Проблема разработки классификатора ДТП является достаточно сложной и трудоёмкой. Но если мы хотим эффективно влиять на уровень безопасности дорожного движения, необходимость в таком классификаторе очевидна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения для сотрудников органов внутренних дел, руководителей и специалистов автотранспортных предприятий. М.: Транспорт, 2003. 96 с.
2. Амбарцумян В. Причины дорожно-транспортных происшествий // Автомобильный транспорт. 1996. №1.
3. Корнеев А., Рыбин А. От установления причины к конкретным мерам // Автомобильный транспорт. 1987. №3.

4. Рябчинский А., Буланов А. Какие отчетные данные о ДТП нам нужны? // Автомобильный транспорт. 1996. № 5.

5. Государственный доклад по безопасности дорожного движения. М., 2003.

6. О совершенствовании учета и анализа дорожно-транспортных происшествий / Минавто-транс РСФСР. М., 1983.

Борисов Борис Иванович –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Организация перевозок и управление
на транспорте» Саратовского государственного
технического университета
имени Гагарина Ю.А.

Boris I. Borisov –
Ph.D., Associate Professor of «Organiza-
tion of transport and transport manage-
ment» Gagarin Saratov State Technical
University

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

Г. Кнайп (Ирландия)

РОСТ РЫНКА АВТОТУРИЗМА В РОССИИ

В статье рассматриваются потенциальные возможности развития рынка автотуризма в России. Туризм на «внутренних» рынках предусматривает возможность использования автомобилей для поездок к международным границам. Рассматриваются также нововведения на российском рынке проката автомобилей. Проводится детальный сравнительный анализ последних данных использования автомобилей для туристических целей на «внутренних» рынках в Ирландии и в России, преимущества использования частных автомобилей по сравнению с прокатом автомобилей. Предполагается, что ключевым фактором роста автотуризма в России станет открытие новых направлений внутри страны и, соответственно, совершенствование автодорожной инфраструктуры, инвестирование в строительство новых дорог. В заключении приводится оценка вероятностных факторов, которые в будущем могут повлиять на увеличение использования автомобилей для туристических целей в России.

Туризм на внутреннем рынке России, автотуризм, автотуризм в Ирландии, прокат автомобилей в России, сеть российских автодорог, стратегия развития российских автодорог

Prof. Gregory Knipe, Ireland

GROWING THE CAR TOURISM MARKET IN RUSSIA

This paper considers the potential for development of the car tourism market in Russia. Tourism 'in-bound' markets are considered concerning probable use of car in arriving at the international border. Recent developments in the Russian car rental market are discussed. Through looking at recent inbound tourism data relating to car usage in the Irish tourism market the benefits of private car usage as against hire car usage are detailed. The key factor in the growth of car usage for tourist will be the opening up of new destinations within Russia and the associated improvement and upgrading of the road infrastructure is considered making reference to relative cost of road building. The paper concludes with an assessment of factors which might lead to an increase of car usage in the Russian tourism market of the future.

Russian inbound tourism, car tourism, car tourism in Ireland, car rental in Russia. Russian road network, road strategy in Russia

RUSSIAN TOURISM DATA

Tourist arrivals in Russia are expected to increase by 20% over the next four years

Over this period Russia will be hosting some prestigious sports events such as Moscow hosting the World Athletic Championships and Rugby sevens World Cup. Also in 2014 will be the Universiade (University Games) in Kazan while in the same year Sochi will have the Winter Olympics. The climax will be the FIFA World Cup in 2018.

Visitors are expected to peak at more than 28.3 million up 20% on 2012 inbound tourist figures of 23.7 million. Despite economic limitations in some of Russia's major markets in Europe, inbound tourism still experienced large growth in 2010 and 2011, and we expect this growth will continue from 2013 onwards. By 2017 we expect that total annual arrivals will reach close to 44mn, up from 27.3mn in 2012. (1)

INBOUND TOURISM IN RUSSIA FROM EUROPEAN COUNTRIES

Euromonitor International report states that this increase will be mainly due to European visitors with the following estimates in 2016:

Finnish visitors increasing by 16% to 1.3 million.

Polish visitors increasing by 25% to 857,000.

U.S. visitors increasing by 15% to 301,000

UK visitors increasing by 17% to 250,000.

Turkish visitors increasing by 19% to 243,00 (2)

Currently, Russia's largest inbound markets are the former Soviet Republics of Ukraine, Kazakhstan & Uzbekistan. Inbound visitor also expected to increase from China.

Whilst Moscow and St. Petersburg are traditionally the most popular destinations within Russia gradual expansion to other areas of this vast country is underway. Vladivostok is expected to become very popular as are new forms of nature tourism to Siberia and other regions.

Such developments have lead to substantial investment in the improvement and expansion of Russia's travel infrastructure. The Russian government has pledged to allocate RUB 13.5 tm for transport infrastructure. (3)

CAR RENTAL

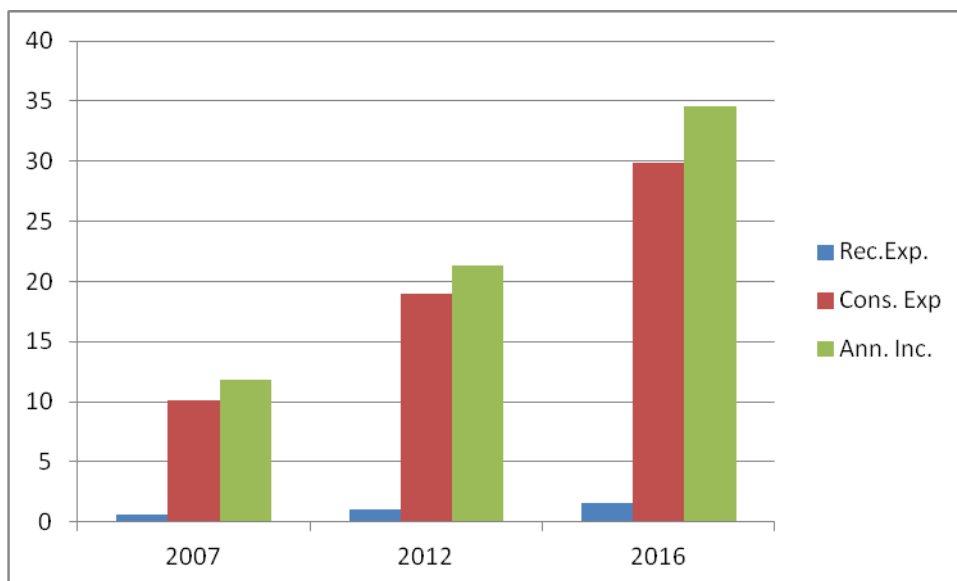
Russia's car rental outlets are mainly concentrated in the largest cities with the widest range available in Moscow, followed by St. Petersburg and the Krasnodar Oblast.

There are nearly 200 car rental operators in Russia and the major car rental companies have expanded outside of Moscow. Hertz, which is operated by Richmont Transpotnyye Usługi ZAO under licence also has outlets in Irkutsk, Kazan, Ufa, Novosibirsk, Sochi, Samara, Irkutsk, Kazan and other cities.

Car rental in Russia is expected to increase at a CAGR 9% over the forecast period. Demand for car rental continues to accelerate as the process is evolving.

Demand for car rental is being driven by growth in the economy and rising consumer expenditure, each of which is expected to increase at a CAGR 3% over the forecast period. (4)

Increasing Russian Consumer Spending (5)



Rec.Exp. – Recreation Expenses; Cons. Exp. – Household Expenditure;
Ann. Inc. – Family Annual Income

The expansion of the leading car rental companies into more remote regions of the country will also increase demand.

Unique Tourism Destinations (6)

- South of Russia
- North-West of Russia
- Volga Region of Russia
- Far East of Russia Moscow / Saint Petersburg
- Urals & Siberia Region of Russia

Irish Case Study

The Car in Irish Tourism (7)

Benefits of using a car:

Using a car to tour around a destination, or simply to get from one location to another, is very popular with tourists. Touring by car brings itinerary flexibility, increased baggage capacity, cheap transport and the ability to tour off the beaten track.

Car Touring brings benefits for the destination

Benefits of Car Usage to Irish Tourism:

Visitors and holidaymakers who use cars are very important to the island of Ireland for many reasons:

- They tend to *stay longer* – Over 50% stay more than 6 nights compared to 38% of non car users.
- They tend to *tour around* – 42% of car users stay overnight in more than one county compared with just 17% of non car users.
- They *spend more* – around 10% more per person and 60% more per party.

Perceived Benefits of Using Private Car:

Sometimes perceived as cheaper than hiring
More baggage room (sports equipment, families)
Security of familiar car
Easier - No pick-up / drop-off
Environmental benefits as no air travel involved
Fear of flying abated

Perceived Benefits of Using a Rental Car:

Avoids ferry trip (sea-sickness)

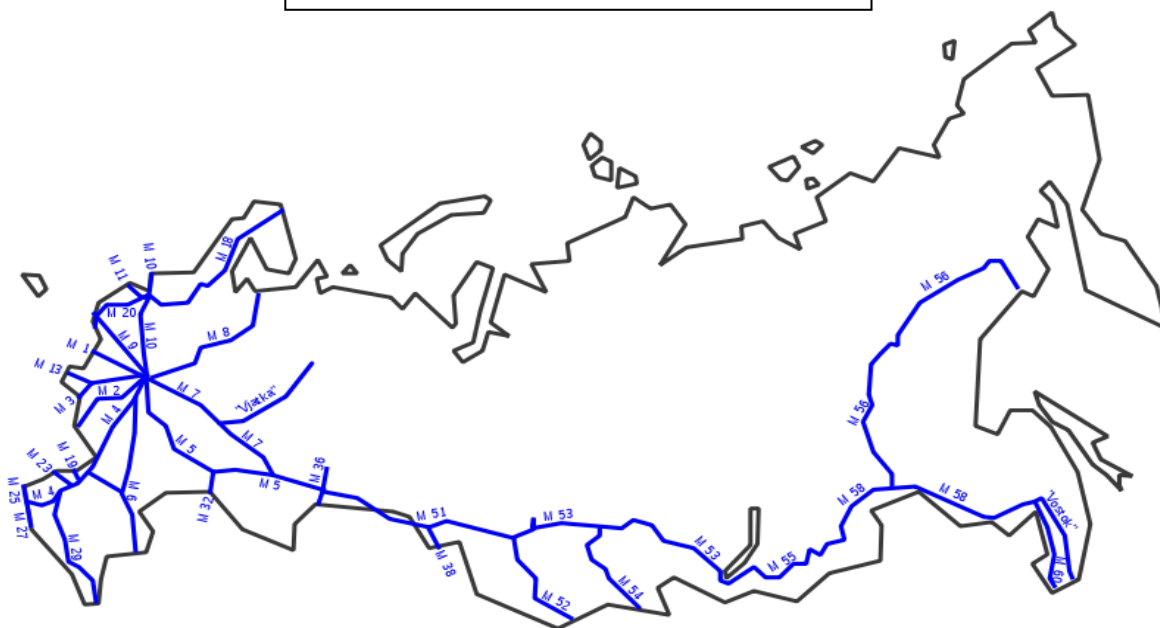
Maximises holiday time in destination
 Avoids stress of a long pre-ferry drive (especially with children)
 Can be better suited than your own car (if right-hand drive)
 Can be fun to drive a different vehicle

How to overcome the challenges and deliver the experience

- Where *signposting and road surfaces* could be improved, contact your local authority to highlight this.
- Attractions & accommodation providers should ensure fairly-priced *parking*.
- Accommodation providers should consider providing *local-area maps* for all their car-mobile visitors.
- Make *GPS (global positioning system)* co-ordinates for your attraction/property available to download from your website.
- Car-hire companies could consider:-
- seeking ways of overcoming the *age limitations*.
- providing *GPS* as an optional extra.
- providing *Hybrid cars* for the environmentally conscious
- increasing the number of *automatic cars* available and capitalising on the potential reform of the

VRT (vehicle registration tax) system expected next year. • seeking ways to reduce/absorb *cross-border-drop-off charge*

Federal Road Network in Russia



Russian Roads

When it comes to quality and availability, Russian roads are amongst the worst in the world. In fact, a recent study (The Global Competitiveness Report 2010-2011) ranked Russia number 125 out of 139 countries on the quality of its roads infrastructure, putting it behind many developed as well as emerging market countries.

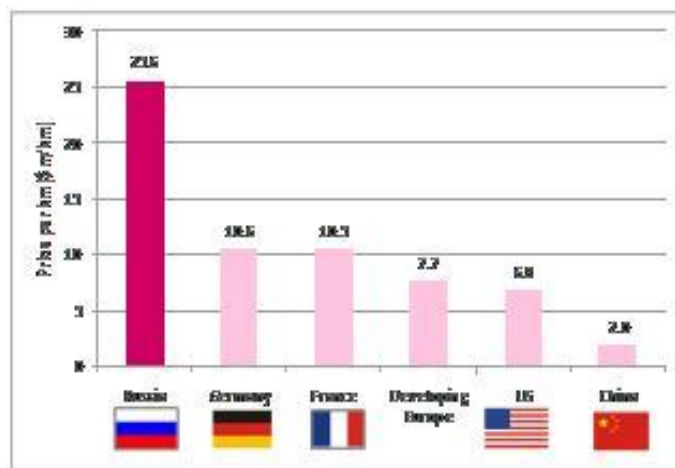
According to domestic sources, Rosstat, the country has only c. 44 km of paved roads per 1,000 square km, compared with 1,805 km in Germany, 836 km in Poland, 478 km in India, 442 km in the US and 80 km in China. This is the result of years of under-investment in the roads network during the last decades of the Soviet era as well as the first 10 years of post-communist Russia. (8)

Government Spending

In 2001 the Russian Government introduced the Targeted Programme “Modernisation of the Transport System in Russia between 2002 and 2009” (the FTP 2002-2009) with a view to launching a mas-

sive overhaul of the existing transport infrastructure. During that period, the annual spend by the Government on that program more than doubled, reaching \$20bn p.a. in 2009. Just over 50% of funds in the programme goes on roads. In November 2008 a successor plan was launched, FTP 2010-2015, which is currently being implemented, with a total expected value by the Government of circa. \$500bn over the time period. (9)

Cost (\$m) of building 1 km of road



Source: Mostotrest presentation and www.roadtraffic-technology.com (10)

Conclusion:

In 2011 the former Russian Prime Minister signed the federal target programme entitled ‘ Domestic and Inbound Tourism development 2011-2018’.

To achieve this ambitious goal the Russian Government set to invest:-

Rub 96 billion from State funds

Rub 25 million from regional and municipal governments

Rub 211 billion expected from private sources

The majority of this funding is to be invested in Russia’s travel and tourism infrastructure (primarily roads)

With advent of cheap flights tourist numbers are set to increase and with the opening of new internal destinations the probability of increase destinations demand form car rental is predicted to increase significantly. With the increase in discretionary spend for Russians the demand for both car purchase and car rental is predicted to increase significantly

REFERENCES

- (1) (1), (2) Euromonitor International Report: Travel and Tourism in Russia, ‘Roadshow Destinations/key European Markets for Russia, 2012.
- (3) (3) Business Monitor International – Russia Tourism Report 2013 Destina- tions/key European Markets for Russia, 2012
- (4) (4), (9) ‘Travel and Tourism in Russia, Key Trends and Opportunities to 2015,’ BRIC data 2011.
- (5) ‘Balancing Russia’s Tourism Deficit: a Report on the Future of the Industry.L Hilton Worldwide, 2012.
- (6) Russian Tourism Roadshow-London, Berlin, Paris- Russian Federal Agency for Tourism, 2011
- (7) ‘Tourism Ireland: Growing the Car tourism Market,’ 2008
- (8) ‘All roads lead to Russia – a brief look at developments in Russia’s RoadL Infrastructure,’ Renaissance Asset Management, 2010.
- (10) ‘Euromonitor International – Travel and Tourism in Russia,’ 2012

Кнайп Грегори –
Профессор, магистр в области
Международного туризма
Преподаватель Школы Бизнеса Кемми
Университета Лимерик (Ирландия),
Директор компании “The Education Hub”

Professor Gregory Knipe –
M.A. in International Tourism.
Lecturer Kemmy Business School. at the University of Limerick, Ireland;
Managing Director: the ‘Education Hub.’

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13

УДК 336.64

Р.Г. Абасов, В.П. Акинина

ВКЛЮЧЕНИЕ БАНКОВСКОГО СЕКТОРА В ИНВЕСТИЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АВТОТРАНСПОРТЕ ПОСРЕДСТВАМ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

В статье рассмотрены причины и стимулы участия государства и частного сектора в совместных проектах. Так же в работе предложен механизм, обеспечивающий оптимизацию процессов финансирования с участием банков посредством института государственно-частного партнерства как способа активизации инвестиционной деятельности на транспорте.

Автомобильный транспорт, государственно-частное партнерство, банк, финансирование, инфраструктура

R.G. Abasov, V.P. Akinina

INCORPORATION THE BANKING SECTOR IN INVESTING ACTIVITIES IN VEHICLES THROUGH THE MECHANISM OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP

The article describes the reasons and incentives participation of state and private sector in joint projects. Also, in this paper we propose a mechanism to ensure process optimization financing from banks through the institutions of public-private partnerships as a way of accelerating investment in transport.

Road transport, public-private partnership, bank, finance, infrastructure

В Российской Федерации, как и во многих других развитых странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, важнейшей составной частью производственной инфраструктуры.

Транспорт наряду с другими инфраструктурными отраслями обеспечивает базовые условия жизнедеятельности общества, являясь важным инструментом достижения экономических, социальных и внешнеполитических целей. Устойчивое развитие транспорта является гарантией единства экономического пространства, свободного перемещения товаров и услуг, что в свою очередь положительно образом отражается на показателях различных отраслей промышленности и услуг. Благоприятно влияет на конкуренцию и свободу экономической деятельности, улучшение условий и уровня жизни населения.

В настоящее время уровень развития автотранспортного сектора носит общеадаптивный характер к рыночным условиям. Это, в свою очередь, обуславливает малоподвижность населения страны, по сравнению с зарубежными странами. Основной причиной данной проблемы является отсутствие опорной транспортной сети и как следствие снижение мобильности населения, усиление неравномерного экономического развития субъектов Российской Федерации, отсутствие возможности развития единого экономического пространства и т.д.

Для предотвращения нарастания последствий от вышеперечисленных проблем необходимо принятие ряда действий по поддержанию и стимулированию автотранспортных предприятий.

Одной из наиболее значимых проблем, с которыми сталкиваются предприятия автомобильного транспорта и предприятий дорожного хозяйства, является обновление парка автотранспортных средств и спецтехники. Следует отметить, что подавляющее большинство автотранспортных предприятий ориентируются на финансирование из собственных источников.

В настоящее время в рамках «Транспортной стратегия Российской Федерации на период до 2020 года» решаются вопросы поддержки обновления и развития городского и пригородного транспорта за счет участия федерального бюджета в приобретении отечественного подвижного состава. Рассматриваются возможности субсидирования лизинговых и кредитных схем, финансирования, льготного бюджетного кредитования и другие.

Модель финансирования транспортного сектора должна быть ориентирована на создание условий для повышения ее инвестиционной привлекательности. Для достижения поставленной цели необходима разработка и внедрение моделей и механизмов содействия в развитии лизинга современных транспортных средств, которые позволили бы обновлять парка транспортных средств ускоренными темпами; создавать условия для привлечения инвесторов для финансирования капиталоемких проектов, в том числе с участием иностранных инвесторов.

Таким образом, государство вынуждено искать способы привлечения частного капитала к финансированию проектирования, строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов (в частности, автодорог) в силу нескольких причин, по которым осуществление развития инфраструктуры целиком только за счет усилий государства является невозможным и/или нецелесообразным:

- Нагрузка на бюджет. В существующей ситуации невозможно удовлетворение всех потребностей в развитии дорожного хозяйства исключительно за счет средств бюджета;
- Разделение рисков. Приглашая частных инвесторов к сотрудничеству, государство разделяет с ними не только финансовую нагрузку, но и риски;
- Создание альтернативных путей сообщения. Расходование бюджетных средств на создание альтернативных существующим дорогам маршрутов представляется неэффективным в условиях необходимости расширения дорожной обеспеченности территории страны.

Следовательно, в условиях бюджетной ограниченности и долгосрочного характера кризисных явлений в мировой и российской экономиках необходимо в короткие сроки создать основу для перехода к новому методу развития общественной (транспортной) инфраструктуры на условиях государственно-частного партнерства (ГЧП), который бы базировался на принципах проектного финансирования, когда инвестиции в строительство, реконструкцию или модернизацию осуществляются за счет внебюджетных источников, а источники их возврата (рост доходов бюджета, экономия расходов бюджета, рост платных услуг) создаются в результате проекта.

Транспорт представляет собой один из классических секторов, в котором развиваются различные формы ГЧП. Выбор государственно-частного партнерства в сфере транспорта определяется двумя обстоятельствами:

транспорт – не самоцель, а средство для реализации экономической деятельности и обеспечения стабильной жизнедеятельности общества. В этом смысле большинство транспортных проектов имеет важное социально-экономическое значение, что не вызывает большой заинтересованности у потенциальных инвесторов;

транспортная инфраструктура – капиталоемкая отрасль. В связи с этим финансирование первоначального этапа довольно затратно.

Государственно-частное партнерство в сфере общественного транспорта, портов, аэропортов может быть реализовано в форме концессий на управление или эксплуатацию существующей инфраструктуры на определенный срок. В мировой практике концессия, схема «построил–используй–передай» и другие формы государственно-частного партнерства, в которых партнерство с частным сектором может принести большую выгоду за счет эффективного качества обслуживания, находили активную поддержку государственных структур. Это позволяло законодательно распределить права, ответственность и риски между государством и инвестором при реализации различных транспортных проектов.

В Канаде и Австралии, использующих схему ГЧП с 1990-х годов, была разработана комплексная нормативная и законодательная база для сравнительно небольшого рынка. В Австралии с помощью схемы ГЧП осуществляется 10-15% всех инфраструктурных проектов. В частности, по данным исследования «Public Private Partnerships in Australia: An Overview of Their Nature, Purpose, Incidence and Oversight», 127 ГЧП-проектов общей стоимостью \$35,6 млрд. были завершены до конца

2005 г. В Канаде более 100 проектов стоимостью около \$31 млрд. были профинансированы по схеме ГЧП.

С учетом большого объема средств, необходимых для модернизации инфраструктуры в масштабах всей России, очевидно, что схемы ГЧП должны более активно применяться при финансировании таких проектов. [1]

Анализ международного опыта организации ГЧП и учет специфики строительства и эксплуатации автодорог в России позволили выделить несколько форм взаимодействия государства и частного инвестора в сфере дорожного хозяйства, которые приводятся далее по убыванию масштабов государственного участия в реализации проектов:

а) Государственный заказ. При выборе данной формы ГЧП государство проектирует, финансирует, эксплуатирует и управляет объектом по своему усмотрению, а частный сектор осуществляет строительство в соответствии с требованиями государства в рамках выделенного бюджета. Однако реализации государственного заказа требует значительных капитальных вложений со стороны государства и является весьма условной формой ГЧП, так как передачи финансирования и управления частному бизнесу не происходит. В результате все финансовые обязательства сохраняются за государством, которое выступает заказчиком проектных и строительных работ, а также несет риски, связанные с низким спросом пользователей, управлением автомагистралью, эксплуатационные и финансовые риски и т.д. в процессе эксплуатации автомагистрали.

б) Подряд на условиях «под ключ» с оплатой в длительную рассрочку. Организация проекта в данной форме в принципе аналогична государственному заказу, хотя присутствует своя специфика. В частности, распределение полномочий между сторонами может иметь следующий вид:

Государство осуществляет разработку проектной документации, которая передается отобранному по конкурсу инвестору.

Инвестор для реализации проекта создает компанию-оператора проекта и за свой счет (за счет привлекаемых инвестиций) производит работы по контракту генподряда с заказчиком (государством), несет риски завершения строительства в рамках заложенной стоимости и в срок, а также достижения заданных эксплуатационных показателей объекта инфраструктуры.

Государство обеспечивает расчеты за выполненные работы в течение определенного периода времени после приемки результатов строительных работ.

При осуществлении платежей может учитываться достижение заданных показателей качества услуг с использованием объекта и эффективности его эксплуатации. На период расчетов за выполненные работы инвестор может осуществлять обслуживание объекта на условиях долгосрочного сервисного контракта, при этом право собственности на объект будет принадлежать государству.

Практикой выработаны оптимальные формы привлечения частного капитала к реализации инвестиционных инфраструктурных проектов. Очевидна наибольшая целесообразность применения концессионных соглашений при сооружении автомобильных дорог, туннелей и мостов.

Во-первых, эти объекты инфраструктуры образуют стратегическую транспортную сеть, которую государство стремится держать под контролем.

Во-вторых, при строительстве автодорог национального значения необходимы крупные первоначальные инвестиции и высок риск превышения запланированных расходов на строительство.

В-третьих, хотя эксплуатационные издержки в сравнении с инвестиционными по этому виду проектов сравнительно невелики, автострады, функционирующие на концессионной основе, обычно требуют меньших затрат на поддержание и ремонт.

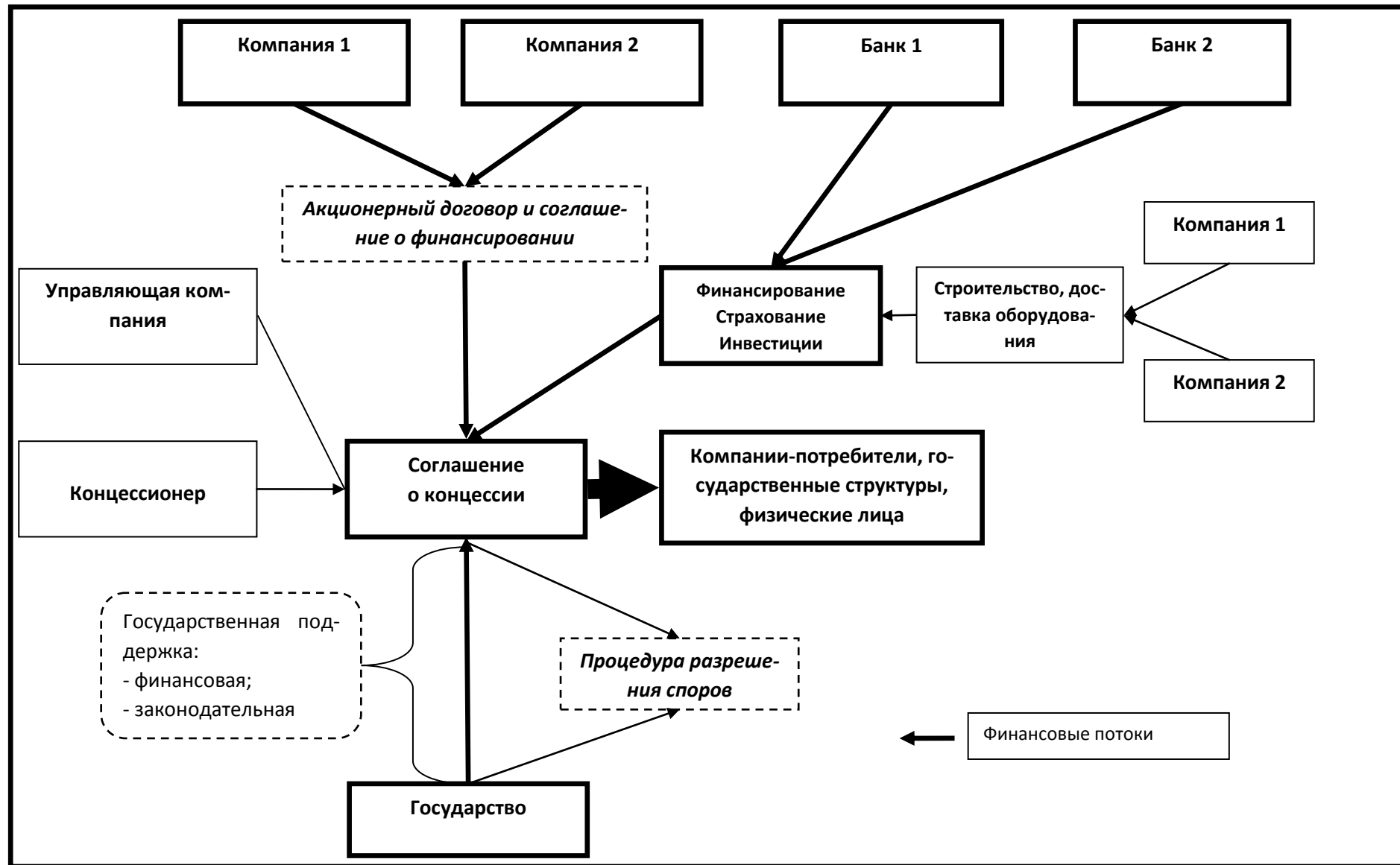


Схема реализации проектов ГЧП

Для применения форм государственно-частного партнерства (концессий, схем «построй-используй-передай», долгосрочной аренды и других) предусматривается:

- разработка концепции и стратегии государственно-частного партнерства в транспортном секторе;
- разработка нормативно-правовой базы для применения механизмов государственно-частного партнерства;
- создание системы управления и организационно-экономической модели государственно-частного партнерства в транспортном секторе;
- определение сегментов транспортной инфраструктуры, для развития которых целесообразно применение механизмов государственно-частного партнерства;
- обеспечение прав и ответственности участников процесса государственно-частного партнерства в природоохранных и экологических аспектах реализации крупных проектов;
- создание системы информирования общества и обеспечение обсуждения проектов, реализация которых осуществляется с применением форм государственно-частного партнерства. [2, с. 35].

В большинстве случаев финансовые ресурсы, предназначенные для проектов государственно-частного партнерства, мобилизуются одновременно по трем каналам: государственные (муниципальные) субсидии, активы частных акционеров и банковские займы.

По мнению авторов именно средства коммерческих банков могут послужить толчком в финансировании инфраструктурных проектов, в том числе строительстве автомобильных дорог и обновлении парков спецтехники, однако в настоящее время данные средства задействованы крайне слабо. (см. рисунок)

При реализации вышеуказанной схемы участие банков не должно сводиться только лишь к предоставлению денежных средств, а представлять собой комплексное участие в процессе финансирования, а именно:

- финансирование товаров, работ и услуг для поддержки социально-экономического развития;
- адаптация продуктов банка к конкретным потребностям в транспортном секторе, в форме сбалансированного меню, состоящего из услуг финансирования и знаний, предоставляемых банками;
- экономическая и секторная работа: детальные изучения конкретных секторных вопросов, финансируемые из средств банков;
- консультационные услуги в области применения финансовых механизмов, оказываемые сотрудниками банка и оплачиваемая клиентом.

В то же время каждое предприятие автомобильного транспорта должно развиваться и совершенствовать технологию выполняемых работ и разновидность оказываемых услуг посредством реализации перспективных инновационных разработок. Только в этом случае оно будет обладать конкурентным преимуществом на рынке услуг. Нововведения, или инновации, распространяются на новые продукты, способы их производства, новшества в организационной и финансовой сфере. [3, с. 110]

Из всего вышеизложенного авторами сделан вывод о том, что для реализации инвестиционных проектов в автотранспорте с участием банков по схеме государственно-частных партнерств, широко используемых в мировой практике, созданы лишь общие условия. Свидетельством тому является наличие множества барьеров и преград, препятствующих активному внедрению схем ГЧП в отечественную экономику. К таковым можно отнести недостаточность знаний и компетенций у представителей органов государственной и муниципальной власти и частного сектора, необходимость совершенствования методов долгосрочного целевого планирования инвестиций и бюджетное регулирование ГЧП. Среди главных причин неразвитости контрактных форм ГЧП в российских условиях является отсутствие реального рынка качественных проектов по схеме государственно-частного партнерства, ограничения по привлечению заемных средств, неготовность государства брать на себя риски и ответственность по проектам ГЧП.

ЛИТЕРАТУРА

- | | | | |
|---|----------|--------|------|
| 1. РБКdaily | интернет | ресурс | URL: |
| http://pda.rbcdaily.ru/2012/08/02/focus/562949984444144_news.shtml | | | |

2. Николаев А.В., Опыт развитых и развивающихся стран в реализации транспортных ГЧП проектов, «ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ» № 5 (18) 2008, с. 32-35

3. Лавриков И.Н., Пеньшин Н.В. Экономика автомобильного транспорта. Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ. г. Тамбов, 2011. С. 110.

Абасов Расул Гюлалиевич –
аспирант 2-го года обучения кафедры «Финансы»
Северо-Кавказского федерального университета

Rasul G. Abasov –
graduate student of the 2nd year of study department
«Finance» North Caucasus Federal University

Акинина Валентина Петровна –
к.э.н. доцент кафедры «Финансы»
Северо-Кавказского федерального университета

Valentina P. Akinina –
Ph.D., Economics Associate Professor of «Finance»
North Caucasus Federal University «

Статья поступила в редакцию 03.04.13, принята к опубликованию 30.04.13