Грузовик с приложением

5
2014

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель
ООО «Издательство Машиностроение»

Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО

Редакционный совет

Д.Х. Валеев, д-р техн. наук, гл. констр. ОАО "КАМАЗ"
В.М. Вовк, ген. дир. ОАО МЗКТ
В.А. Волчков, гл. ред. "Autotransportnik.ru"
С.М. Гайдар, д-р техн. наук, проф., МСХА им. К.А. Тимирязева
Л.В. Грехов, д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана
В.А. Зорин, д-р техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
А.М. Иванов, д-р техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
Н.И. Иващенко, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана
В.В. Комаров, канд. техн. наук, зам. ген. директора ОАО НИИАТ
В.А. Марков, д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана
А.Н. Ременцов, д-р пед. наук, канд. техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
О.Н. Румянцева, ком. директор ООО "Издательство Машиностроение"
А.Ф. Синельников, канд. техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
В.С. Устименко, канд. техн. наук, НИИЦ АТ ФГУ 3 ЦНИИ МО РФ
Х.А. Фасхиев, д-р техн. наук, проф. Уфимского ГАТУ
Н.Д. Чайнов, д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана

Корпункты:
Я.Е. Карповский (г. Минск)
В.Г. Дьяченко (г. Харьков)

Адрес редакции
107076, Москва, Стромынский пер. 4.
Тел. (499) 269-49-97
E-mail: grouzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства
107076, Москва, Стромынский пер. 4.
Тел. (499) 268-38-58

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре.
Регистрационный номер ПИ № ФС77-42764
от 26 ноября 2010 г.

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечать» 37349,
по объединенному каталогу
«Пресса России» 39799,
по каталогу «Почта России» 25782

© ООО «Издательство Машиностроение», «Грузовик», 2014

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

В НОМЕРЕ:

Конструкция

2 *Драгунов Г. Д., Якупов О. Р.* Унификация рулевых управлений модельного ряда автомобилей

7 *Козловский В. Н., Строганов В. И., Пьянов М. А.* Концепции развития электромобилей

Городской пассажирский наземный транспорт

17 *Максимов В. А., Исмаилов Р. И., Назаров А. А., Рощак С. В.* Методологические основы инновационной деятельности на уровне автобусного АТП

Практика

21 *Зорин В. А., Баурова Н. И.* Контроль качества ремонта элементов машин, восстановленных с использованием полимерных материалов

24 *Рассоха В. И., Якубович И. А.* Ресурсосбережение автомобильных шин в системе активного регулирования схождения колес

27 *Сарбаев В. И., Ерошин А. Ю.* Реализация процесса активной приемки автомобилей на предприятиях фирменного сервиса

Исследования. Расчет

30 *Горелов В. А., Анкинович А. А., Тропин С. Л.* Экспериментальные исследования маневренности двухзвенного автопоезда большой грузоподъемности

39 *Черняховская Ю. В., Юданов С. В.* Диметиловый эфир (ДМЭ) как транспортное топливо: потенциальная полезность для России и новейшие разработки фирмы "Волво"

Надежность и безопасность (цикл статей)

42 *Кочетков А. В., Аржанухина С. П., Бобков А. В.* Совершенствование технологий зимнего содержания дорог на основе применения безводного хлористого кальция

48 *Abstracts of articles*

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Система Российского индекса научного цитирования www.elibrary.ru

Информация на сайте Autotransportnik.ru

УДК 629.331

Г. Д. Драгунов, д-р техн. наук, **О. Р. Якупов**, ФГБОУ ВПО "ЮУрГУ" (НИУ),
ОАО "Автомобильный завод "УРАЛ"
E-mail: yakupov@mail.uralaz.ru

УНИФИКАЦИЯ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ МОДЕЛЬНОГО РЯДА АВТОМОБИЛЕЙ

Рассматривается возможность и методика унификации рулевых управлений автомобилей путем изменения давления рабочей жидкости в гидроусилителе. В качестве примера использовали модельный ряд автомобилей "Урал". Приведены зависимости усилия на рулевом колесе от основных параметров рулевых управлений и формулы для расчета корректировки давления рабочей жидкости от момента сопротивления повороту управляемых колес.

Ключевые слова: *автомобиль, рулевые управления, гидроусилитель, унификация.*

При проектировании и производстве автомобилей конструкторы всегда стремятся создать на основе базовой модели целый модельный ряд или семейство машин, отличающихся грузоподъемностью, скоростью движения, мощностью двигателя, положением центра тяжести, характеристиками подвески, применяемых шин, колесной схемой и другими важными параметрами, влияющими на эксплуатационные свойства, в частности на устойчивость и управляемость. Это объективно обосновано упрощением и удешевлением производства, а также обслуживания и ремонта при эксплуатации. Однако указанные преимущества выпуска семейства автомобилей проявляются при условии максимально возможной унификации агрегатов, узлов и деталей, в частности рулевого управления.

Для примера приведем некоторые характеристики типоразмерного ряда моделей и модификаций автомобилей "Урал" (табл. 1, 2).

Рулевое управление является одной из важнейших систем автомобиля, определяющих эффективность и безопасность его эксплуатации. Можно выделить две главные особенности рассматриваемой задачи.

1. При проектировании автомобиля и его рулевого управления необходимо обеспечить оптимальные характеристики управляемости автомобиля, используя для этого технические решения и системы регулирования, соответствующие широкому диапазону изменения условий движения колесных машин.

2. Параметры рулевого управления должны быть согласованы с характеристиками практически всех систем автомобиля.

Таблица 1

Назначение автомобиля

Обозначение модели	Колесная формула	Наименование изделия и его назначение
Урал-43206-0111-41	4 × 4	Автомобиль, предназначенный для перевозки различных грузов, людей и буксирования прицепов по всем видам дорог и местности
Урал-4320-0111-41	6 × 6	Автомобиль, предназначенный для перевозки различных грузов, людей и буксирования прицепов по всем видам дорог и местности
Урал-4320-0911-40	6 × 6	Автомобиль с удлиненной базой, предназначенный для перевозки различных грузов, людей и буксирования прицепов по всем видам дорог и местности
Урал-55571-0121-40	6 × 6	Автомобиль-самосвал с задней разгрузкой, предназначенный для перевозки навалочных и насыпных грузов, кроме скального грунта, в условиях промышленного и гражданского строительства
Урал-532301-0011-10	8 × 8	Автомобиль с двухместной откидной кабиной, предназначенный для перевозки различных грузов, людей и буксирования прицепов по всем видам дорог и местности

Таблица 2

Основные технические характеристики автомобилей семейства "Урал"

Индекс модели	43206-0111-41	4320-0111-41	4320-0911-40	55571-0121-40	532301-0011-10
Масса снаряженного автомобиля, кг	7955	8940	9640	10410	12060
Полная масса, автомобиля, кг	12380	15165	19975	20635	22210
Полная масса буксируемого прицепа, кг	7000/5000	11500/7000	11500/7000	11500	12000
Максимальная скорость движения, км/ч, не менее	80	85	80	72	80
Максимальный угол подъема, % (град.)	58 (30)	60 (31)	27(15)	27 (15)	58 (30)
Модель двигателя	ЯМЗ-236НЕ2	ЯМЗ-236НЕ2	ЯМЗ-236НЕ2	ЯМЗ-236НЕ2	ЯМЗ-7601.10
Предпусковой подогреватель	ПЖД-30	ПЖД-30	ПЖД-30	ПЖД-30	ПЖД-30
Сцепление	ЯМЗ-182-10 фрикционное, сухое, однодисковое	ЯМЗ-182-10 фрикционное, сухое, однодисковое	ЯМЗ-182-10 фрикционное, сухое, однодисковое	ЯМЗ-182-10 фрикционное, сухое, однодисковое	MFZ-430 фрикционное, сухое, однодисковое
Коробка передач	ЯМЗ-2361-50 механическая	ЯМЗ-2361-50 механическая	ЯМЗ-2361-50 механическая	ЯМЗ-2361-50 механическая	ЯМЗ-2391 механическая
Раздаточная коробка	Механическая двухступенчатая с цилиндрическим дифференциалом	Механическая двухступенчатая с цилиндрическим дифференциалом	Механическая двухступенчатая с цилиндрическим дифференциалом	Механическая двухступенчатая с цилиндрическим дифференциалом	Механическая двухступенчатая с цилиндрическим дифференциалом
Передаточное число высшей/низшей передач раздаточной коробки	1,21/2,15	1,21/2,15	1,21/2,15	1,21/2,15	0,995/1,48
Характеристика ведущих мостов	Передний — управляемый, шарниры равных угловых скоростей дискового типа, угол поворота внутреннего колеса 32°, поперечный наклон шкворня 6°, продольный — 2°11′. Задний — неуправляемый. Главная передача проходная, двухступенчатая, односкоростная, состоит из пары конических шестерен со спиральным зубом и пары косозубых цилиндрических шестерен: *i*-6,77	Передний — управляемый, шарниры равных угловых скоростей дискового типа, угол поворота внутреннего колеса 32°, поперечный наклон шкворня 6°, продольный — 2°11′. Средний и задний — неуправляемые. Главная передача проходная, двухступенчатая, односкоростная, состоит из пары конических шестерен со спиральным зубом и пары косозубых цилиндрических шестерен: *i*-7,49	Передний — управляемый, шарниры равных угловых скоростей дискового типа, угол поворота внутреннего колеса 32°, поперечный наклон шкворня 6°, продольный — 2°11′. Средний и задний — неуправляемые. Главная передача проходная, двухступенчатая, односкоростная, состоит из пары конических шестерен со спиральным зубом и пары косозубых цилиндрических шестерен: *i*-7,49	Передний — управляемый, шарниры равных угловых скоростей дискового типа, угол поворота внутреннего колеса 32°, поперечный наклон шкворня 6°, продольный — 2°11′. Средний и задний — неуправляемые. Главная передача проходная, двухступенчатая, односкоростная, состоит из пары конических шестерен со спиральным зубом и пары косозубых цилиндрических шестерен: *i*-7,49	Передний первый и передний второй — управляемые, шарниры равных угловых скоростей дискового типа, угол поворота внутреннего колеса переднего первого моста 29°, второго моста 22°30', поперечный наклон шкворня 6°, продольный — 2°11′. Средний, задний — неуправляемые. Главная передача проходная, двухступенчатая, односкоростная, состоит из пары конических шестерен со спиральным зубом и пары косозубных цилиндрических шестерен: *i*-7,49

Продолжение табл. 2

Индекс модели	43206-0111-41	4320-0111-41	4320-0911-40	55571-0121-40	532301-0011-10
Рулевой механизм	Типа МАЗ-64229. Рулевое управление с гидравлическим усилителем	Типа МАЗ-64229. Рулевое управление с гидравлическим усилителем	Типа МАЗ-64229. Рулевое управление с гидравлическим усилителем	Типа МАЗ-64229. Рулевое управление с гидравлическим усилителем	Типа МАЗ-64229. Рулевое управление с гидравлическим усилителем
Шины	500/70-508 ИД-П284 156 F	14,00-20 ОИ-25 146G	500/70-508 ИД-П284 156 F	500/70-508 ИДП-284 156F	425/85R, 156G КАМА-1260
Кабина	Капотная за двигателем	Капотная за двигателем	Капотная за двигателем	Капотная за двигателем	Бескапотная над двигателем
Контрольный расход топлива автомобилем, л/100 км (при 60 км/ч) ГОСТ 20306	23	31	33	29	32
Запас хода по контрольному расходу топлива автомобилем, км (при 60 км/ч)	1540	1110	900	985	1550

Опции: 1. Отборы мощности от КП и РК. 2. Наличие блокировки межколесных дифференциалов. 3. Шины 425/85 R21 КАМА-1260. 4. Независимый воздушный отопитель в кабине. 5. Лебедка.

В этих особенностях видны и потенциальные возможности и трудности решения задачи унификации рулевых управлений для автомобилей модельного ряда. Очевидно, что для разработки унифицированного рулевого управления для семейства машин необходимы теоретические и экспериментальные обоснования его параметров в сочетании с использованием элементов адаптации унифицированного управления к конкретным особенностям конструкции отдельных машин из рассматриваемого семейства. Это тем более важно, так как каждая модель должна пройти сертификационные испытания и получить документы соответствия.

Анализ литературных источников и многообразие возможных путей решения рассматриваемой задачи показывают недостаточную изученность вопроса, отсутствие четких рекомендаций и методик выбора параметров унифицированных рулевых управлений.

Первая проблема состоит в выборе критерия оценки оптимальности принимаемых решений ввиду многокритериальности задачи. Критерии оценки устойчивости и управляемости автомобиля многообразны, и не всегда удается найти обобщенный критерий.

Бахмутов С. В. [1] предлагает рассматривать управляемость и устойчивость автомобиля совместно и одновременно. Критерии устойчивости и управляемости предлагает не разделять, считает, что проведение независимой оптимизации отдельных подсистем автомобиля не имеет практического смысла, так как задача должна быть разрешена в комплексе. Рассматривается многокритериальная задача, решаемая в несколько этапов (минимум в два), в которой количество критериев и их значимость на первом этапе не ограничивается и не оценивается, а на последующих этапах оценивается чувствительность критериев к каждому из варьируемых параметров и возможность сокращения числа критериев с учетом выявленной корреляции на уровне критерий—параметр и критерий—критерий. Основные используемые критерии следующие: чувствительность автомобиля к управлению; чувствительность автомобиля к уводу; эффективность управления; эффективность стабилизации; запас управляющего момента; запас стабилизирующего момента; угол крена подрессоренных масс; угол реакции; время 90 % реакции; пиковое время реакции; эквивалентное время запаздывания; фазовый сдвиг по частоте 0,75; коэффициент усиления на типовом режиме; показатель колебательности; резонансная частота; полоса пропускания; градиент недостаточной поворачиваемости; индекс устойчивости.

Очевидно, что при таком уровне многокритериальности оптимизация невозможна, и следует рассматривать поиск компромиссного решения.

Держанский В. Б. [2] рассматривает критерии управляемости как условие устойчивости движения машины с переменной скоростью, полученное на основе теории Ляпунова. Рассматривает две причины ограничения скорости движения машины.

Первая из них — реализация потенциальных скоростных качеств машины ограничена динамическими явлениями при криволинейном движении, приводящими к нарушению зависимости изменения траектории движения от управляющего воздействия водителя и, в итоге, к отклонению траектории движения от заданной водителем. В большинстве известных работ в качестве характерной траектории криволинейного движения принимают извилистую дорогу, называемую змейкой. Основным показателем ограничения скорости является боковой занос. Держанский В. Б. предлагает оценивать движение по дугам предельно допустимой кривизны, приближенным к требуемой траектории. Реализацию такой траектории можно считать признаком управляемости движением.

Вторая — условие вписываемости автомобиля в заданный коридор движения. Вписываемость может быть нарушена по ряду причин: инерционность машины, юз, буксование, особенности профиля опорной поверхности, характеристика шин, подвески, аэродинамическое воздействие и т. д. В результате между продольной осью машины и вектором абсолютной скорости центра масс возникает отклонение курсового угла от заданного. Максимально допустимое отклонение этого угла, естественно, определяется условием нахождения максимально удаленной от центра масс точки машины в пределах заданного коридора движения.

Следовательно, для оценки выполнения этого условия необходимо задать количественно характеристику коридора движения, для которого производится оценка управляемости.

Рассматриваемая задача адаптации рулевого управления при унификации рулевых управлений автомобилей модельного ряда является специфической и отличается от других известных, в частности, рассмотренных в работах Бахмутова С. В., Держанского В. Б. и других исследователей, следующими особенностями:

— параметры рулевого управления базовой модели автомобиля прошли все стадии разработки, доводки и исследований и отвечают всем перечисленным выше критериям;

— автомобили модельного ряда унифицированы по многим конструктивным решениям;

— автомобили модельного ряда имеют близкое назначение и условия эксплуатации.

Параметры рулевого управления можно обосновать по отдельным критериям, например по усилию на рулевом колесе.

Для оценки особенностей работы рулевого управления различных автомобилей модельного ряда используем математическую модель рулевого управления с усилителем гидравлического типа, представленную в работе [3]. Выбор этой модели обусловлен тем, что она адаптирована для базового автомобиля рассматриваемого модельного ряда (Урал-4320) и опробована авторами для решения задач его модернизации, близких по методологии к задаче унификации рулевых управлений для модельного ряда автомобилей.

В модели показано, что изменение усилия на рулевом колесе, обеспечиваемое гидроусилителем рулевого управления, можно условно разделить на три этапа.

1. Увеличение усилия на рулевом колесе до включения усилителя в работу. Данный этап выполняется при следующем условии:

$$P_{\text{св}} + F_{\text{р}} p_{\text{в}} + P_{fr} > \frac{M_{\text{с}}}{r_{\text{с}} u_{rp}} \eta_{rp}, \qquad (1)$$

где $P_{\text{св}}$ — усилие сжатия центрирующих элементов, Н; $F_{\text{р}}$ — площадь реактивных плунжеров, м^2; P_{fr} — силы трения в приводе распределителя, Н; $r_{\text{с}}$ — радиус сектора рулевого механизма, м; u_{rp} — передаточное число рулевого привода; η_{rp} — КПД рулевого привода.

2. Увеличение усилия на рулевом колесе путем использования реактивных элементов. Условие выполнения второго этапа:

$$P_{\text{св}} + F_{\text{р}} p_1 + P_{fr} < \frac{M_{\text{с}}}{r_{\text{с}} u_{rp}} \eta_{rp} < \\ < F_{\text{с}1} P_{\text{р}} - P_{\text{св}} - F_{\text{р}} p_1 + P_{fr}. \qquad (2)$$

3. Увеличение усилия на рулевом колесе вследствие суммирования физического усилия водителя и усилия, развиваемого реактивными элементами. Условие выполнения третьего этапа:

$$F_{\text{с}1} P_{\text{р}} - P_{\text{св}} - F_{\text{р}} p_1 + P_{fr} < \frac{M_{\text{с}}}{r_{\text{с}} u_{rp}} \eta_{rp}. \qquad (3)$$

Усилие на рулевом колесе для каждого этапа можно определить по уравнениям (4)—(6).

$$P_r = \left[J_r \frac{d^2 \alpha_r}{dt^2} + \left(P_{\text{св}} + P_{fr} + F_{\text{р}} p_{\text{в}} + c_1 \alpha_r + \frac{M_{\text{с}}}{r_{\text{с}} u_{rp}} \right) k_\alpha \right] / r_r, \qquad (4)$$

где P_r — усилие на рулевом колесе, Н; J_r — момент инерции рулевого колеса, кг/с^2; c_1 — жесткость центрирующих элементов распределителя, Н/м; r_r — радиус рулевого колеса, м.

$$P_r = \left[J_r \frac{d^2 \alpha_r}{dt^2} + (P_{\text{св}} + P_{fr} + F_{\text{р}} p_r + c_1 x_1) k_\alpha \right] / r_r. \qquad (5)$$

$$P_r = \left[J_r \frac{d^2 \alpha_r}{dt^2} + \right. \\ \left. + \left(P_{\text{св}} + P_{fr} - (F_{\text{с}1} - F_{\text{р}}) p_{\max} + c_1 x_1 + \frac{M_{\text{с}}}{r_{\text{с}} u_{rp}} \right) k_\alpha \right] / r_r. \qquad (6)$$

Из уравнений (4), (5), (6) видно, что усилие на рулевом колесе определяется двумя группами факторов:

— характеристиками собственно рулевого управления (к ним относятся: $P_{\text{св}}$ — усилие сжатия центрирую-

щих элементов, Н; $F_р$ — площадь реактивных плунжеров, м^2; $F_{с1}$ — левая площадь поршня гидроцилиндра; η_{rp} — коэффициент полезного действия рулевого привода; c_1 — жесткость центрирующих элементов распределителя, Н/м; r_r — радиус рулевого колеса, м; J_r — момент инерции рулевого колеса, кг/м^2; $r_с$ — радиус сектора рулевого механизма, м; u_{rp} — передаточное число рулевого привода; P_{fr} — сила трения в приводе распределителя, Н);

— особенностями характеристик автомобиля, на котором установлено рулевое управление (учитываются значением момента сопротивления повороту управляемых колес, которое рассчитывают как сумму его составляющих по соотношению:

$$M_с = M_\beta + M_z + M_ш + M_x, \quad (7)$$

где M_β, M_z — моменты, обусловленные продольным и поперечным наклоном шкворня соответственно, Н · м; $M_ш$ — момент, обусловленный упругими свойствами шин, Н · м; M_x — момент, обусловленный действием продольных сил, Н · м).

Одним из наиболее простых (как по практическому исполнению, так и по эффективному достижению необходимого соответствия унифицированного управления) требований управления автомобилем по усилию на рулевом колесе и по реактивному действию является выбор необходимого давления рабочей жидкости в системе гидроусилителя. Для определения давления используем уравнение (6) для наиболее общего третьего этапа работы рулевого управления с усилителем гидравлического типа.

Запишем усилие на рулевом колесе базовой модели автомобиля, обозначив характерные для него значения давления рабочей жидкости P_0 и момент сопротивления повороту управляемых колес $M_{с0}$ индексом 0 и те же величины для первого автомобиля модельного ряда индексом 1. Приравняв, по условию унификации, равенство усилия на рулевом колесе P_{0r} и P_{1r} и проведя преобразования с учетом одинаковости характеристик рулевого управления, получим уравнение связи давления в гидроусилителе и моментов сопротивления повороту управляемых колес:

$$P_{0max} - P_{1max} = (M_{0с} - M_{1с})A, \quad (8)$$

$$A = 1/[u_{rp} r_с (F_{с1} - F_р)]. \quad (9)$$

Таким образом, необходимое при использовании унифицированного рулевого управления давление в гидросистеме линейно зависит от момента сопротивления повороту управляемых колес, а коэффициент пропорциональности A зависит от характеристик рулевого управления $r_с$, u_{rp}, $F_{с1}$, $F_р$, которые при унификации необходимо и возможно сохранить неизменными. Для автомобилей "Урал" радиус сектора рулевого механизма разработан в двух вариантах: $r_с = 0{,}045$ и 0,07. Передаточное число рулевого привода также разработано в двух вариантах: $u_{rp} = 21{,}5$ и 18. Площадь реактивных плунжеров $F_р = 0{,}0003$ м^2, а площадь поршня гидроцилиндра $F_{с1} = 0{,}00385$ м^2.

Для этих условий постоянная может быть обеспечена четырьмя различными сборками в четырех вариантах: $A = 187{,}17$; 233,56; 291,2; 347,8. Поскольку постоянная A существенно больше единицы, то для сохранения неизменного усилия на рулевом колесе при увеличении момента сопротивления повороту управляемых колес требуется значительное изменение давления рабочей жидкости в гидросистеме.

Выводы

1. При унификации рулевых управлений для модельного ряда автомобилей можно использовать принцип сохранения усилия на рулевом колесе. Все другие критерии можно учесть методом парной корреляции или другими известными способами.

2. Корректировка усилия на рулевом колесе наиболее просто и эффективно достигается изменением давления рабочей жидкости в гидроусилителе.

3. Между изменением момента сопротивления повороту управляемых колес и давлением рабочей жидкости в гидроцилиндре существует линейная зависимость.

4. Коэффициент пропорциональности в зависимости от давления рабочей жидкости в гидроусилителе и момента сопротивления повороту управляемых колес больше единицы, что свидетельствует о невысокой чувствительности усилия на рулевом колесе к давлению рабочей жидкости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бахмутов С. В.** Научные основы параметрической оптимизации автомобиля по критериям управляемости и устойчивости: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Бахмутов Сергей Васильевич. — М., 2001. — 48 с.
2. **Держанский В. Б.** Критерии управляемости транспортной гусеничной машины и синтез оптимального управления: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Держанский Виктор Борисович. — Курган, 1997. — 34 с.
3. **Мурог И. А.** Математическая модель рулевого управления с усилителем гидравлического типа / И. А. Мурог // Вестник ЮУрГУ. Серия "Машиностроение". — 2009. — № 33(166). — С. 45—50.

УДК 629.113

В. Н. Козловский, д-р техн. наук, **В. И. Строганов**, канд. техн. наук,
М. А. Пьянов, канд. техн. наук, Поволжский ГУсервиса, МАДИ (ГТУ)
E-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Рассматриваются результаты исследования концепции развития направления электромобилестроения.

Ключевые слова: *электромобиль, качество, надежность, компонентная область.*

Ключевые аспекты изменений в автомобильной промышленности в контексте развития электромобилей представляют собой направления, несущие серьезные изменения для традиционной автомобильной промышленности, ее конструкторской и технологической базы. Эти фундаментальные преобразования обеспечивают более крупные научно-технические прорывы, чем реализация любых новых проектов в рамках традиционных форм.

Важнейшее значение для успешного внедрения электромобилей приобретает взаимосвязь между тремя наборами проектных технологий. Первичными проблемами проектов таких автомобилей являются: обеспечение хранения электроэнергии, привод колес, а также реализация алгоритмов оптимального управления движением в различных режимах.

Существует также целый ряд вторичных проблем, которыми необходимо заниматься для обеспечения эффективности транспортных средств: снижение веса, анализ затрат и выгод от использования новых дорогостоящих материалов и т. д.

Большой интерес при этом представляет собой решение комплексной проблемы взаимодействия электромобилей и соответствующей структуры электроснабжения, а также обеспечение качества и надежности таких автомобилей.

Потенциальные проблемы при проектировании новых электромобилей заключаются в необходимости решения задач: распределения массы автомобиля, влияющей на динамику транспортного средства; оптимального распределения комплектующих изделий внутри автомобиля, которое может повлиять на показатели безопасности; электропередачи от ТАБ к приводу, влияющей на энергоэффективность; электромагнитной совместимости, влияющей на качество функционирования транспортного средства в целом, а также представляющей потенциальную опасность для здоровья водителя и пассажиров; общих вопросов обеспечения надежности транспортного средства с учетом недостаточно высокого уровня качества автомобильного электрооборудования.

Одной из главных проблем в развитии новых технологий автомобилестроения является то, что в цепочке создания ценности появляются новые игроки, которые в некоторых случаях не имеют необходимого опыта в управлении качеством и надежностью, существующего в автомобильной промышленности. Решение данной проблемы требует налаживания новых отношений между производителями автомобилей и компонентной базы. Однако специфика проектирования и производства электромобилей подразумевает необходимость разработки нового комплекса инструментов, обеспечивающего требуемый уровень качества и надежности продуктов и услуг. Несомненно, что отправной точкой в реализации данной задачи является использование прогрессивных технологий управления качеством и надежностью, сложившихся при проектировании и производстве компонентов системы электрооборудования традиционных автомобилей. При этом необходимо учитывать и инфраструктурные изменения, носителями которых являются новые требования по обеспечению эксплуатационной эффективности таких транспортных средств.

Общий анализ развития новых технологий в автомобилестроении показывает, что одним из важных вопросов является определение перспективных конструкций силовых агрегатов. Сегодня лидеры рынка рассматривают широкий спектр технологических решений в данной области, которые в основном связаны с источниками энергии: биотопливо, топливные элементы, электротехнологии и т. д.

Mercedes-Benz, GM, VW, Toyota и другие производители смотрят на технологии, основанные на при-

менении топливных элементов, с целью достижения долгосрочных перспектив развития, с учетом сложности решения инфраструктурных проблем эксплуатации электромобилей. Тем не менее, успех топливных элементов зависит от разработки экономически эффективных технологий использования водорода, а также решения примерно тех же инфраструктурных вопросов. Биотопливо также находится под пристальным вниманием автопроизводителей, однако его широкое применение ограничено недостаточными производственными мощностями получения и переработки ресурсов.

С точки зрения обеспечения рабочего цикла транспортных средств не так явно просматриваются преимущества электромобилей по сравнению с другими технологиями. В современных условиях использование электротехнологий в качестве способа снижения выбросов CO_2 по-прежнему экономически дорогое решение. Пока еще можно говорить о повышении топливной и экологической эффективности традиционных автомобилей с ДВС. Однако в ближайшей перспективе электротехнологии могут стать более предпочтительными по причинам наличия большого исследовательского потенциала в данной области; реализации развитыми странами государственных программ поддержки соответствующих технологий; понимания автопроизводителей и компонентного кластера, что расширение спектра технологий приведет к усложнению структуры рынка и конкуренции между производителями разных транспортных средств.

Анализ экспертных прогнозов развития автомобилестроения показывает, что потребуется значительное время для того, чтобы новые технологии стали доминирующими. Основной причиной такого положения является то, что автопроизводители не слишком заинтересованы в глобальных изменениях и не всегда готовы осуществить кардинальный переход от технологий, которые разрабатывались и применялись десятилетиями.

В настоящее время в мире проходит формирование инновационных центров развития соответствующих технологий. И если провести общую классификацию данного процесса, то можно выделить США, Японию, Германию и Францию как центр научно-технического развития, а Китай как основной центр промышленной реализации инженерных проектов. Причем Китай активно наращивает инженерный потенциал и достаточно скоро может выйти на позиции научного центра в данном вопросе. Уже сейчас КНР является крупнейшим в мире производителем бытовой электроники, а кроме этого, корпорация BYD занимает одно из лидирующих мест по объему производства электрических транспортных средств и в качестве собственной стратегической цели развития заявляет комплексное управление всех уровней цепочки жизненного цикла автомобилей, начиная от проектирования и заканчивая утилизацией. Еще одним аргументом в пользу быстрого развития электромобилестроения в Китае является то, что около 80 % мировых разведанных запасов редкоземельных металлов, необходимых для производства электрических машин высокой мощности, находятся на территории данного государства.

Развитие новых направлений автомобилестроения неразрывно связано с обеспечением потребительского спроса. На потребительский спрос электромобилей влияет широкий спектр вопросов: практических по модельному ряду и времени автономной работы, экологических.

На развитых европейских и американских рынках существуют экспертные группы специалистов, целью которых является убедить потенциальных потребителей в том, что электромобили являются будущим автомобильной промышленности.

Исследования в области потребительской удовлетворенности показывают, что, несмотря на наличие желания изменить экологическую ситуацию, стать частью устойчивого развития транспортных технологий, принятие электромобилей в качестве личного транспортного средства является сложным вопросом для потенциальных покупателей. Исследование, проведенное экспертной группой PH&EV Института транспортных исследований США, показало, что при изучении вопросов воспринимаемого качества электромобилей BMW большинству потребителей требуется больший диапазон пробега транспортного средства между подзарядками ТАБ; процесс планирования поездки на электромобиле гораздо сложнее, чем на автомобиле с ДВС, при этом потребителям приходится в большей степени использовать электронные карты для планирования маршрутов, постоянно определять расстояние до работы и других мест регулярного посещения, учитывать рельеф местности; в процессе движения водители уделяют значительное время оценке состояния дисплеев, отражающих фактический уровень зарядки ТАБ, что в некоторых случаях влияет на безопасность эксплуатации транспортного средства.

Наиболее важное значение для потребителей при эксплуатации электромобилей имеет количественный уровень зарядки ТАБ и трансформация этого параметра в конкретный пробег, а также наличие системы рекуперации энергии и GPS-навигатора.

Почти треть американских покупателей автомобилей заинтересована в покупке электромобиля. Для них это второй автомобиль в семье.

Экспертная группа Ipsos отмечает большой интерес к электромобилям в пяти странах: Израиль — 57 % водителей заинтересованы в покупке электромобиля, Дания — 40 %, Австралия — 39 %, Канада — 35 %, США — 30 %. Исследование показало: почти половина потребителей готова рассмотреть вопрос о переходе от бензиновых двигателей; интерес к электромобилям охватывает все демографические группы потребителей, большинство покупателей автомобилей в США обеспокоены загрязнением воздуха или изменением климата (62 %), а также озабочены зависимостью страны от нефти (74 %) [5].

При этом опросы потребителей показывают некоторые опасения в части использования биотоплива на транспорте, которые связаны с возможным кризисом в сельском хозяйстве и снижением производства продуктов питания.

Исследование показало, что 30 % европейских потребителей, которые заинтересованы в приобретении электромобиля, хотели бы, чтобы зарядка ТАБ проходила не более 1 раза в сутки и не более 6 часов.

Важное значение для потребителей имеет вопрос организации процесса обслуживания и подзарядки ТАБ транспортных средств.

Таким образом, экспертные данные показывают, что покупка электромобилей становится все более привлекательной для потребителей. Однако замедление темпов роста мировой экономики вносит в этот процесс свои коррективы.

В силу своих специфических особенностей электромобили представляют собой транспортные средства с пока еще недостаточным уровнем обеспечения надежности рабочих процессов. Следовательно, существуют определенные риски, связанные с безопасностью. В таких условиях автомобильные корпорации должны быть более осторожными, чтобы избежать преждевременного выхода на рынок новых продуктов, которые не обладают соответствующими показателями. Опасности, связанные с высокой энергией, хранимой ТАБ, известны, но их можно избежать, обеспечивая высокое качество процессов проектирования и производства. Другой специфической особенностью рассматриваемых проектов автомобилей являются дополнительные риски, связанные с возможной аварийной ситуацией на дороге, например ДТП, а также отсутствие обеспечения надлежащего технического обслуживания и ремонта.

Оценка таких рисков до сих пор проведена не в полном объеме. Считается, что сервисные службы должны быть готовы к решению подобных задач. Практика показывает, что сервис в технологическом и инженерном планах существенно отстает от производства, а соответственно, выход на рынки новых продуктов должен быть обеспечен внедрением целого ряда предупреждающих мер.

Следующим важным вопросом безопасности эксплуатации электромобилей является надежность процесса обеспечения энергией. Сегодня задачи, связанные с повышением производства электроэнергии, пока еще не рассматриваются в контексте перехода на электрический транспорт. Следовательно, эксперты в области энергетики не в полной мере представляют последствия такого перехода. Ближайшая перспектива развития данной проблемы заключается в постепенном росте нагрузки бытовых сетей, а соответственно, в усугублении проблем коммунального хозяйства. Можно предположить, что решение данной задачи заключается в использовании интеллектуальных технологий в процессе перераспределения мощности, а также в постепенном обновлении энергосетей. Локальным, но достаточно эффективным решением обозначенной проблемы является подготовка предприятий сервисно-сбытовой сети к выполнению соответствующего комплекса работ начиная от технического обслуживания и ремонта и заканчивая обеспечением текущей эффективности эксплуатации транспортных средств через зарядку и диагностику.

Электропривод и ТАБ на экологичном автотранспорте становятся наиболее важными элементами. Именно поэтому наибольшие усилия компонентного кластера направлены на обеспечение высокого уровня качества данных элементов. По сути, большая часть успеха в расширении рынка электромобилей сегодня зависит от решения проблемы повышения надежности и долговечности функционирования выделенных компонентов. Такое критическое определение данной проблемы не случайно. Традиционно аккумуляторы не играли ключевую роль в транспортных системах с ДВС. Роль аккумуляторов была ограничена обеспечением пуска и зажигания ДВС, наружным и внутренним освещением. Остальные ключевые процессы в течение долгого времени обеспечивались бензиновыми или дизельными силовыми агрегатами.

Повышение доли электронных и электротехнических компонентов на борту транспортного средства потребовало повышения выходной мощности генераторной установки, а также улучшения технических параметров ТАБ. Однако это ни в какое сравнение не идет с процессами перехода транспорта на электротехнологии. По сути, сегодня требуется пе-

реосмысление архитектуры транспортного средства. При существенных ограничениях в массе и габаритах автомобиля необходимо обеспечить установку системы хранения электроэнергии, а также решить задачу ограничения энергопотребления. Так, например, в традиционных конструкциях автомобилей с ДВС функцией тормозной системы является собственно обеспечение эффективного торможения транспортного средства. Для электромобилей данная функция расширяется путем реализации электротехнической системы рекуперации энергии.

Улавливание пиков электроэнергии в течение короткого промежутка времени, а также ее надежное хранение является функцией ТАБ, но даже современные технологии литий-ионных батарей, используемых в электромобилях, ограничены в способности принимать энергию высокого заряда в течение короткого промежутка времени. Существенная часть энергии рекуперации не сохраняется в ТАБ, а излучается в виде тепла. Еще одной проблемой в данном случае является перегрев и деградация современных ТАБ при воздействии высоких токов.

Существуют несколько направлений решения данных проблем: разработка и внедрение электронных систем управления работой ТАБ; использование суперконденсаторов (например, как на автомобиле *Supra HV-R Hybrid*) для захвата пиков энергии. Однако высокая стоимость таких технологий ограничивает их применение.

Одним из наиболее важных технологических вопросов, требующих скорейшего решения при проектировании и производстве электромобилей, является повышение плотности энергии ТАБ. Плотность энергии определяется ее количеством, накопленным на единицу массы или объема устройства накопителя.

Улучшение технических характеристик ТАБ возможно, однако существуют риски экономического характера. Поэтому главной целью развития батарей для электромобилей является максимизация плотности энергии, запасенной на единицу объема без существенного удорожания.

Известно, что старые технологии свинцово-кислотных батарей обеспечивают мощность ТАБ на уровне 90 Вт · ч/кг. Литиево-ионные элементы сегодня выдают мощность 175 Вт · ч/кг. Теоретический максимум для таких батарей определяется более чем в 300 Вт · ч/кг. Возможно, что улучшение характеристик ТАБ связано с сочетанием литий-ионных технологий и суперконденсаторов, при этом может быть достигнута очень высокая удельная мощность с высокой плотностью энергии и большим сроком службы.

Еще одним важным проблемным вопросом остается проблема жизненного цикла ТАБ, а точнее — ее долговечность. В условиях перехода ТАБ от режима работы в области заряда в область разряда приводит к снижению долговечности. Увеличение количества циклов перезарядки ТАБ также существенно влияет на ее эффективность.

Следующим проблемным вопросом при рассмотрении ТАБ является ее стоимость. При рассмотрении данного вопроса необходимо учитывать, что затраты на топливо продолжают расти, а цены на ТАБ уже в ближайшие 20 лет будут уменьшаются с совершенствованием технологии их производства.

Стоимость технологии производства единицы ТАБ для электромобилей сегодня находится в диапазоне от 750 до 2000 долл. США. Она в большей степени зависит от применяемых в производстве материалов. Интеграция систем управления или охлаждения с ТАБ практически удваивает эту стоимость. Стоимость китайских литий-ионных батарей значительно ниже и составляет около 400 долл. США, но при этом существенно возрастают риски недостаточного качества и надежности. Обеспечение безопасной эксплуатации ТАБ остается одной из проблемных областей для электромобилей.

При разработке систем ТАБ необходимо внедрять надежные средства защиты: отключение сепаратора (для предотвращения перегрева); снижения внутреннего давления; сброс давления и теплового прерывания.

Несмотря на то что потенциал литий-ионных технологий ТАБ не исчерпан, эксперты сходятся во мнении, что уже через пять лет могут появиться новые разработки в области материаловедения.

Большинство автомобильных конструкций ТАБ предусматривают реализацию батарей в виде сот или клеток, которые имеют цилиндрическую или призматическую формы. Силовой каркас литий-ионных батарей первоначально изготавливался из нержавеющей стали, хотя в последнее время этот материал заменили алюминием, который имеет меньший вес и стоимость. Материал каркаса должен быть достаточно жестким, чтобы обеспечить выполнение эксплуатационных требований.

Необходимость обеспечения безопасности литиево-ионных батарей требует обязательного внедрения системы управления, ограничивающей перезарядку. Стоимость системы управления повышает общую стоимость батарей, а с учетом того что конструкция ТАБ электромобиля включает в себя от 4 до 8 сот, усложняется и система управления, контролирующая процессы зарядки и разрядки.

Тяговые электродвигатели электромобилей выполняют функции забора энергии из ТАБ и обеспечение движения транспортного средства. В отличие от традиционно используемых в автомобилестроении электростартеров или электроусилителей рулевого управления, тяговые электродвигатели должны обладать большей мощностью и, как следствие, большими массогабаритными характеристиками.

Автомобильные тяговые электродвигатели обладают рядом достоинств по сравнению с ДВС. Двигатели внутреннего сгорания, как правило, не в состоянии обеспечить достаточный крутящий момент на низких скоростях. Около 10 % мощности ДВС необходимо для поддержания постоянной скорости движения, равной 50 км/ч, в то время как 90 % мощности используется только в режимах ускорения или движения на высокой скорости.

Конструкция тягового электродвигателя обеспечивает максимальный крутящий момент уже в момент старта автомобиля, что позволяет снижать его номинальную мощность. Электродвигатели обеспечивают необходимый крутящий момент в широком диапазоне скоростей вращения ротора.

Хотя электродвигатели нашли широкое применение в современной технике, необходимость значительного повышения параметров мощности для обеспечения требований автомобильного производства является сравнительно новой задачей. Тяговые электродвигатели, используемые на транспорте, работают на высоких скоростях и нуждаются в эффективном охлаждении.

Элементы электродвигателя нагреваются от движения механических частей. При эксплуатации транспортного средства температура должна регулироваться с целью поддержания выходных электромеханических характеристик, а также для защиты от теплового повреждения самого электродвигателя и рядом установленных компонентов. В случае автомобильных тяговых электродвигателей воздушное охлаждение неэффективно и в большинстве случаев неприемлемо. Такие системы требуют жидкостного охлаждения.

Компания *Remy International*, занимающаяся разработкой и производством тяговых электродвигателей на постоянных магнитах, а также компания *Mercedes*, самостоятельно занимающаяся разработкой таких компонентов, подчеркивают важность охлаждения электродвигателей на высокоскоростных режимах работы.

Учитывая ключевую роль электропривода в новых транспортных системах, производители автомобильных компонентов приступили к разработке новых конструкций электродвигателей с повышенными мощностными характеристиками. Однако в отличие от электродвигателей промышленного и бытового применения в конструкциях тяговых электродвигателей для обеспечения соответствующих характеристик устанавливаются элементы активной зоны из редкоземельных материалов, таких как лантан, неодим, диспрозий и тербий, из которых изготавливаются постоянные магниты.

Редкоземельные элементы имеют высокую стоимость вследствие значительной трудоемкости добычи ресурсов. Любой технологический прорыв в замещении добываемых элементов на синтезированные в промышленных условиях может снизить стоимость электродвигателей на 25 %. Кроме того, большая часть мировых запасов редкоземельных металлов сосредоточена на территории Китая. Формируемая при этом стратегическая зависимость промышленных центров от ограниченного объема добываемых ресурсов способна снизить привлекательность электромобилей.

Исторически, в плане реализации электропривода, конструкция электромобилей менялась. На ранних разработках использовался один мощный электродвигатель привода, а сегодня на автомобилях, в основном, устанавливаются два так называемых мотор-колеса. Электродвигатели подключают напрямую к колесу. Существуют варианты полного привода электромобилей, где используются четыре тяговых электродвигателя.

В отличие от широкого спектра технологий производства ТАБ, соответствующие инструменты проектирования и производства электродвигателей ограничены. По сути, классификация технологических возможностей производства тяговых электродвигателей заключается в реализации конструкций электродвигателей постоянного и переменного тока.

Классификатор тяговых электродвигателей постоянного тока, устанавливаемых на электромобили, включает: тяговый электродвигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и тяговый электродвигатель постоянного тока с электромагнитным возбуждением.

Одним из недостатков двигателей постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов является существенная пульсация крутящего момента. Данный недостаток устраняется увеличением полюсов обмотки статора. В результате кривая крутящего момента сглаживается, средний крутящий момент возрастает, двигатель на разных режимах работает более плавно. Другим способом увеличения крутящего момента и скорости вращения двигателя является увеличение тока, подаваемого на обмотку статора.

Достоинством рассматриваемой конструкции электродвигателей является простота исполнения.

Тяговый электродвигатель постоянного тока с электромагнитным возбуждением обеспечивает более плавное генерирование крутящего момента. Преимуществами такого электродвигателя являются высокая надежность и упрощенный алгоритм управления скоростными режимами. К недостаткам таких электродвигателей можно отнести высокую трудоемкость обслуживания, связанную с необходимостью организации периодических замен щеток и пружин, а также чистки и замены коммутаторов щеточно-коллекторного узла.

Несмотря на отмеченные выше недостатки тяговых электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов, именно они нашли наиболее широкое распространение в проектировании и производстве электромобилей. Бесщеточная конструкция электродвигателей обеспечивает более эффективную передачу энергии на колесо, повышенную долговечность эксплуатации. Кроме того, такие электродвигатели практически не требуют технического обслуживания. Недостатками тягового электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов являются высокая стоимость и необходимость реализации сложных алгоритмов управления.

Новые конструктивные и технологические решения для тяговых электродвигателей в бесщеточном исполнении обозначены фирмой *Hredzak*. Традиционно привод электромобилей обеспечивался через карданный вал или реализовывался непосредственно в конструкции колеса. Решение компании *Hredzak* заключается в создании технологии производства двусторонней конфигурации статора электродвигателя, которая привлекательна тем, что на ротор машины устанавливается непосредственно колесо автомобиля. Это приводит к уменьшению массы колеса и общих габаритов системы привода. Однако недостаток конструкции в том, что вследствие неровностей дорожного покрытия происходит смещение ротора относительно статора, вызывая пульсации крутящего момента электрической машины. Существуют два решения выделенной проблемы: модуляция входного тока электродвигателя и обеспечение контроля крутящего момента с помощью соответствующей системы управления.

Тяговые синхронные электродвигатели переменного тока имеют ряд преимуществ в сравнении с электродвигателями постоянного тока: отсутствие скольжения крутящегося электромагнитного поля ротора относительно поля статора; возможность более точной регулировки скорости вращения ротора и т. д.

Одним из лидеров в области разработки и производства мотор-колес на основе синхронных двигателей переменного тока является компания *Mitsubishi*. Мотор-колесо *Mitsubishi* позволяет обеспечивать независимую регулировку крутящего момента и тормозного усилия на каждом колесе. В такой конструкции становится ненужным приводной вал или другие сложные механические компоненты.

Система привода расположена внутри самого колеса. При этом обеспечивается оптимизация компоновки конструкции и снижение массы устройства.

Британской компанией *PML Flightlink* разработан интегрированный комплекс, реализующий функции электропривода колес, электрогенератора и тормозной системы. Устройство включает в себя электронную систему управления двигателем. Система управления реализует переход от режима электродвигателя в режим генерации электроэнергии. Интеллектуальное программное обеспечение системы управления обеспечивает оптимизацию производительности автомобиля.

Перспективными направлениями развития процессов проектирования и производства мотор-колеса являются: разработка энергоэффективной конструкции электродвигателя, включая силовую и управляющую электронику; интеграция в конструкцию тормозной системы; разработка управляющей системы передней подвески; реализация функции теплоотвода.

Конструкция обратимого тягового трехфазного электродвигателя переменного тока состоит из статора с обмотками расположенного внутри машины внешнего ротора с постоянными магнитами и системы жидкостного охлаждения. Среди преимуществ данных конструкций электродвигателей выделяются: отсутствие необходимости в обеспечении дополнительных приводных механизмов; номенклатурное расширение транспортных средств, на которых можно установить данное устройство; оптимальные массогабаритные параметры.

Основным недостатком мотор-колеса является дополнительная масса, что оказывает влияние на комфорт и курсовую устойчивость автомобиля при движении. Для преодоления данного недостатка компанией *Bridgestone* разработана технология управления подрессорной массой автомобиля, которая заключается в использовании системы поглощения вибраций, когда сами электродвигатели обеспечивают функцию гасителей вибрации. То есть собственные вибрации электродвигателей компенсируют вибрации от дороги и шин, что улучшает стабильность и комфорт движения. *Bridgestone* доказывает успешность такого полхода, так как управле-

ние подрессорной массой обеспечивает улучшение характеристик надежности и долговечности мотор-колеса.

Энергоэффективность конструкции современных мотор-колес является одним из самых больших преимуществ прямого привода, реализуемого на электромобилях. Причем такие технологии существенно расширяют потенциальные возможности развития других систем автомобиля, например таких, как система активной безопасности, в функции которой могут быть внедрены алгоритмы управления мотор-колеса.

Однако одной из наиболее важных проблем в реализации современных конструкций привода электромобилей является проблема обеспечения качества и надежности соответствующей компонентой базы. Необходимо создать технологии производства, обладающие высокими показателями воспроизводимости электромеханических преобразователей (ЭМ): по точностным показателям; эксцентриситету ротора и статора; весу и т. д. Уже сейчас экспертное сообщество отмечает проблемные вопросы эксплуатации электромобилей, связанные с весовым дисбалансом мотор-колеса. Примером решения данной проблемы является опыт компании *Michelin*, разработавшей для электродвигателя привода технологию *Active*. Интегрированная система управления приводом мотор-колеса для данной системы осуществляет сравнение и оптимизацию весового баланса колес. В условиях значительной массы неподрессоренных компонентов автомобилей (до 40 кг) значимость такой системы управления увеличивается.

У экспертов компании *Mitsubishi Motors* существует устойчивое мнение, что у технологии реализации привода с помощью обратимого электродвигателя большое будущее. Причиной чего является снижение весогабаритных параметров устройства и повышение эффективности передачи вращения на колесо.

Размещение системы привода колес предоставляет конструктору гораздо больше возможностей в плане развития соответствующих компоновочных решений, чем, например, размещение привода от классического силового агрегата. Освобождаемое при этом функциональное пространство автомобиля может быть использовано более эффективно путем размещения элементов ТАБ. Реализация привода колес на основе обращенной машины вследствие уменьшения количества механических посредников в системе позволяет увеличить максимальный крутящий момент. Поскольку рассматриваемые конструкторские решения представляют собой продукты развития соответствующих электротехнологий, то при этом обеспечивается наиболее гармоничная интеграция электронных компонентов контроля и управления в соответствующие исполнительные устройства. Расширяемая при этом оптимизационная составляющая характеристик автомобиля определяется параметрами крутящего момента и тормозного усилия на каждом колесе, что позволяет повысить эффективность эксплуатации транспортного средства. Удачной реализацией конструкции мотор-колеса является система, разработанная компанией *Protean*. Электродвигатель *Protean* имеет встроенный инвертор, интегрированную управляющую электронику, программный контроллер. Такая комплексная система электропривода и управления получила название системы с распределенной архитектурой. Здесь отдельные компоненты объединены общей информационной сетью, что позволяет повысить показатели надежности и безопасности функционирования транспортного средства.

В случае отказа или некорректной работы компонентов системы электропривод снижает производительность работы, что не приводит к полному отказу всего устройства. Контроллер управления каждого мотор-колеса интегрируется соответствующей управляющей системой автомобиля, таким образом, появляется возможность для организации процесса управления всем транспортным средством с учетом многообразия эксплуатационных режимов. Кроме управления, функцией встроенного микропроцессорного контроллера является оптимизация использования режима рекуперативного торможения, осуществляемое через взаимодействие с внешним модулятором тормозов.

Когда водитель нажимает на педаль тормоза, система определяет возможность торможения с использованием электродвигателя, при выполнении данного условия в энергетической системе происходит рекуперация энергии. В случае отказа в выполнении условия контроллер обеспечивает управляющее воздействие и активизирует фрикционную тормозную систему. Кроме этого, разработанная *Protean* система обеспечивает совмещение с ABS автомобиля. В результате получаем комплексный интегрированный компонент, имеющий очевидные преимущества перед аналогами.

Очевидной проблемой, когда речь заходит о перспективах развития экологического транспорта, является проблема обеспечения инфраструктуры обслуживания и ремонта.

Важнейшим элементом расширения использования электромобилей является способность энергосети к надежной зарядке ТАБ. В условиях сложившихся генерирующих мощностей требуется допол-

нительный энергетический прирост для обеспечения прироста нагрузки. Тем не менее существуют исследования, показывающие, что при сохранении текущих темпов перехода транспорта на электротехнологии дополнительные мощности, необходимые для удовлетворения спроса на электроэнергию, не так уж велики и составят примерно 1,5 % к 2030 г.

Скорее всего, в данных условиях актуализируется другая проблема — обеспечение надежности процесса зарядки ТАБ электромобилей в пиковые часы работы энергосети. Меньшей по значимости, но важной для потребителей проблемой является зарядка ТАБ автомобиля по приемлемой цене. В США, Западной Европе, да и в России действует сетка тарифов на электроэнергию в зависимости от времени суток. Понятно, что решение этой проблемы должно заключатся в повышении степени информированности потребителей о достоинствах и недостатках реализации процесса обслуживания транспорта в определенные часы. Решение же основной проблемы обеспечения надежной зарядки ТАБ в пиковые часы должно проводиться на основе внедрения так называемых интеллектуальных технологий в энергетические распределительные системы.

В настоящее время разрабатываются локальные инструменты, при расширении использования которых можно существенно изменить баланс решения проблемы. Например, уже сегодня разрабатываются и реализуются системы организации процесса обслуживания электромобилей на базе целого энергетического комплекса, созданного с использованием технологий возобновляемых источников электроэнергии.

Сервисный комплекс работает по принципу стабильного обеспечения электроэнергией транспортных средств в любой момент времени. То есть при невозможности надежной зарядки ТАБ через традиционные энергетические сети реализуется алгоритм зарядки с помощью генерирующих устройств: солнечной батареи, ветряного генератора. В случае повышения нагрузки на сервисный комплекс предусмотрена возможность замены разряженной ТАБ на специально подготовленную и хранимую в складских условиях батарею. Таким образом решается проблема надежного обеспечения эксплуатационных параметров электромобилей.

Интеллектуальные энергетические сети — это сравнительно новое понятие, которое в приложении к транспортным технологиям должно обеспечивать оптимальное перераспределение электроэнергии исходя из существующего спроса и предложения в разных географических регионах. К числу концепций, реализующих данное направление, можно отнести так называемую концепцию "Умный город" [5].

В условиях реализации системы интеллектуальных распределительных энергетических сетей должно быть гармонизировано решение довольно сложных вопросов в рамках единого комплекса. В настоящее время системами управления энергетических сетей реализуются алгоритмы переноса мощностей в зависимости от глобального изменения спроса на электроэнергию. "Умный город", по сути, отражает необходимость более гибкого управления энергораспределением и требует разработки новых алгоритмов управления, когда накопление потребительских запросов на местном уровне должно переводить систему в соответствующий режим обеспечения. С другой стороны, ряд аналитиков прогнозируют, что, являясь как потребителями, так и источниками электроэнергии, электромобили могли бы делать свой энергетический вклад в работу всей сети. Но при этом в настоящее время не в полной мере разработаны инструменты расчета и возмещения со стороны энергосетей затрат, связанных с передачей электроэнергии от транспортного средства в сеть. Для эффективной реализации концепции "Умный город" необходимо решить ряд задач: создание системы двунаправленного силового интерфейса — для обеспечения функции приема и передачи электроэнергии из сети к автомобилю и обратно; беспроводной доступ в Интернет для всех транспортных средств и глобальное позиционирование — для полного контроля за передвижением транспортных средств с целью оптимизации управления и реализации инструментов прогнозирования локального спроса на электроэнергию; создание системы двунаправленной системы учета электроэнергии на розничном уровне; разработка интеллектуальных алгоритмов управления с учетом многофакторности решаемой проблемы.

Важным вопросом при обеспечении эффективности обслуживания электромобилей является уровень согласованности принятых стандартов в отраслях, так или иначе связанных с электротехнологиями на транспорте. С учетом того что электрическое напряжение в бытовых сетях даже в развитых странах отличается, напрашивается вывод о необходимости решения задачи стандартизации с целью обеспечения единообразия как минимум некоторых особенностей транспортных средств и инфраструктуры с точки зрения эксплуатации. По обозначенному комплексу проблем в настоящее время разрабатываются и внедряются на межгосударственном и межкорпоративном уровнях соответствующие стандарты и протоколы. Например,

в Северной Америке Инженерной Ассоциацией проводится работа, направленная на вскрытие параметров и характеристик электромобилей, которые нуждаются в стандартизации. Список компаний, участвующих в разработке требований, объединяет лидеров мирового автомобилестроения: *GM*, *Chrysler*, *Ford*, *Toyota*, *Honda*, *Nissan*.

Другим важным вопросом, влияющим на расширение географии использования электромобилей, является разработка и реализация принципов обеспечения так называемой быстрой (в течение не более 15 мин) зарядки ТАБ при одновременном расширении пунктов сервиса, предоставляющих данную услугу. Уже сейчас Европейской ассоциацией автопроизводителей (ACEA) объявлено о начале работ по созданию стандартизованной по единым принципам сети заправочных станций в странах Еврозоны. Комплекс соответствующих мероприятий поделен на фазы:

фаза 1 — создание единого разъема для подключения к зарядному блоку;

фаза 2 — адаптация компонентной отрасли Европы под единый перечень стандартов разработки и производства автокомпонентов.

В настоящее время большой интерес к данной программе уже проявили не только европейские и североамериканские автомобильные концерны, но и японские, южнокорейские и китайские корпорации.

Известно о программе развития сервиса в КНР, согласно которой в ближайшие два года в Пекине будет построено 75 зарядных станций, при этом уже сейчас во всех крупных городах работает около 100 таких сервисов.

Интересен опыт некоторых стран в развитии экологических видов транспорта с точки зрения ресурсного обеспечения эксплуатационных этапов жизненного цикла. Согласно официальным источникам в планах Дании до 2020 г. обеспечить выработку до 50 % производимой электроэнергии на основе возобновляемых источников. Таким образом государство через реализацию энергетических программ, а также благодаря активному внедрению электромобилей, планирует снижение импорта энергоносителей.

Отдельным вопросом, нуждающимся в рассмотрении, является технология индуктивной зарядки, разработанная в 1893 г. Николой Тесла. Его работа была посвящена проблеме развития беспроводного освещения. По сути, она определила современное направление развития технологий, которые могут быть использованы при реализации электромобилей. Индукционная зарядка не реализуется путем непосредственного воздействия на ТАБ транспортного средства.

Система состоит из двух частей.

Первая — располагается на стороне зарядного устройства и представляет собой трансформатор, разделенный на две части. Первичная обмотка подключена к сети переменного тока.

Вторая — располагается на автомобиле. Вторичная обмотка находится в изолированном модуле и обеспечивает питание ТАБ.

Таким образом, при движении в условиях отсутствия физического контакта, реализуя закон электромагнитной индукции, осуществляется подзарядка аккумуляторов автомобилей.

Уже сейчас, например, в Новой Зеландии разработаны индуктивные системы передачи мощности. В Европе начинается процесс разработки и внедрения так называемых медленных полос движения, которые обеспечивают функцию индуктивной зарядки электромобилей. Существует ряд неоспоримых преимуществ технологии индукционной зарядки автомобилей: упрощение инфраструктуры обеспечения стационарных режимов зарядки ТАБ; постоянное подключение автомобиля к информационной сети создает возможности для оптимизации транспортных потоков, повышения уровня безопасности и безаварийности на дорогах; повышение уровня комфорта при эксплуатации транспортных средств вследствие реализации систем быстрого Интернета. Причем в последнем случае можно говорить о техническом прорыве в области транспорта, который определяется реализацией функций мониторинга; диагностикой и интерактивным обслуживанием, маршрутизацией и предупреждением столкновений; селективным управлением движения автомобилей.

Еще сравнительно недавно перспективы развития электромобилей рассматривались весьма скептически. Основные проблемы в реализации электротехнологий на транспорте были связаны с невозможностью обеспечить минимальные требования потребителей, эксплуатирующих автомобили, даже в городских условиях. Низкий интервал пробега между циклами перезарядки ТАБ, невысокий уровень динамики, отсутствие необходимой инфраструктуры — это только часть проблем, которые необходимо решить, прежде чем выпустить на рынок электромобиль. Сегодня происходит изменение в сознании экспертного сообщества в части развития соответствующих технологических направлений.

Сейчас уже можно говорить о заложенном фундаменте в вопросах актуализации и развития электротехнологий на транспорте. Рассматривая пер-

спективы развития автомобильной промышленности, необходимо выделить несколько факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на ее развитие: ужесточение конкуренции между автопроизводителями; развитие экологических требований к содержанию вредных выбросов; ограничения на рынках энергоносителей; качественный рост уровня техники и технологий в области электротехники и электроники; разработка и реализация в развитых странах программ государственного регулирования развития транспорта; необходимость обеспечения высокого уровня качества и надежности как традиционных, так и перспективных транспортных комплексов.

Исходя из вышеизложенного, логичным становится направление роста проектов автомобилей на основе электротехнологий. Электромобили уже сегодня представляют собой довольно широкий спектр транспортных средств, способных решать как личные задачи автолюбителей, так и коммерческие задачи бизнеса.

Наиболее интенсивное развитие электротехнологий на транспорте наблюдается в Западных странах. В России, за исключением отдельных проектов (Эллада — ОАО "АВТОВАЗ" и Ё-мобиль), развитие соответствующих технологий существенно отстает.

Важнейшей компонентной областью конструкций электромобилей являются тяговые аккумуляторные батареи, тяговые электродвигатели и электронные системы оптимизации параметров движения транспортного средства.

В настоящее время активно разрабатываются новые технические решения, обеспечивающие повышение эффективности транспортных средств на основе электротехнологий: применение новых материалов в конструкциях ТАБ и электроприводах; разработка и реализация сервисных проектов по обслуживанию транспортных средств; развитие интеллектуальных технологий мониторинга, обеспечения и оптимизации движения транспортных потоков.

Несмотря на неоднозначность прогнозов повышения роли электромобилей в транспортном секторе будущего, уже сейчас сформированы мировые ресурсные, научные и производственные центры, реализующие перспективные задачи. В число таких центров Россия пока не попадает вследствие отсутствия конкурентных технико-технологических решений в областях ресурсного, проектного, производственного и сервисного обеспечения инновационных проектов экологического транспорта.

По самым скромным прогнозам, сегмент мирового рынка транспортных средств на электротехнологиях определяется в 700 000 единиц, уже к 2016 г.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии проблемных областей практически во всех процессах жизненного цикла электромобилей, начиная от процесса проектирования заканчивая обеспечением эксплуатационной эффективности и утилизацией. Практика показывает, что решение проблем на системном уровне должно основываться на обеспечении качества и надежности соответствующих транспортных комплексов и сопутствующих процессов сервиса и обеспечения.

Соответственно, требуется разработка и реализация комплекса научно-практических инструментов обеспечения качества и надежности компонентной и инфраструктурной областей проектирования, производства и эксплуатации перспективных транспортных систем с учетом текущих и перспективных требований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Козловский В. Н.** Проблема стратегического планирования улучшения качества и надежности системы электрооборудования автомобилей / В. Н. Козловский, А. В. Заятров // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2012. — № 1.
2. **Козловский В. Н.** Обеспечение качества и надежности электрооборудования автомобилей: монография / В. Н. Козловский. — Тольятти: ГОУ ВПО "ТГУ". — 2009.
3. **Строганов В. И.** Итоги и перспективы развития электромобилей и автомобилей с гибридными силовыми установками / В. И. Строганов, В. Н. Козловский // Электроника и электрооборудование транспорта. — 2012. — № 2.
4. **Строганов В. И.** Инновационные методы исследования качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой: монография / В. И. Строганов, В. Н. Козловский. — М.: "МАДИ", 2012.
5. **Аналитический отчет.** Электромобили 2011 г. SupplierBusiness, IHS Automotive, 2011.
6. **Козловский В. Н.** Аналитические исследования качества автомобилей в эксплуатации: монография / В. Н. Козловский, В. И. Строганов. Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2013.

УДК 656.132.039:004

В. А. Максимов, д-р техн. наук, проф., **Р. И. Исмаилов**, канд. техн. наук, доц.,
А. А. Назаров, канд. техн. наук, доц., **С. В. Рощак**, канд. техн. наук, МАДИ
E-mail: chizov_nik.@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УРОВНЕ АВТОБУСНОГО АТП

В статье обозначены базовые методологические основы инновационной деятельности на уровне автобусного АТП.

Ключевые слова: *научно-технический прогресс, внедрение новых видов изделий, инновационная деятельность, инвестиции.*

В широком смысле под инновацией понимают осуществление изменений в какой-либо области путем внедрения чего-либо нового. В рамках данного подхода нововведение определяется либо как результат целесообразной творческой деятельности, практическое применение которого приводит к существенным изменениям в функционировании системы, либо как процесс внедрения нового вместо ранее действовавшего, но устаревшего.

В словаре "Научно-технический прогресс" инновация (нововведение) означает результат творческой деятельности, направленной на разработку, создание и распространение новых видов изделий, технологий, внедрение новых организационных форм и т. д.

Для реализации инноваций нужны материальные вложения, в частности инвестиции. Вложение инвестиций в разработку новшества — половина дела. Главное — внедрить новшество, превратить его в форму инновации, т. е. завершить инновационную деятельность и получить положительный результат, затем продолжить развитие инновации.

Для разработки новшества необходимо провести маркетинговые исследования, НИОКР, организационно-технологическую подготовку производства, наладить производство и оформить результаты.

Таким образом, инновация — конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого вида эффекта.

Новшества могут разрабатываться как для собственных нужд (для внедрения в собственном производстве либо для накопления), так и для продажи. На практике на "входе" автобусного предприятия, как системы будут или новшества их продавцов, или новшества, полученные собственными силами (например, благодаря рационализаторским предложениям, маркетинговому анализу, научному исследованию и др.). Они могут либо сразу внедряться, переходя в форму инноваций, либо просто накапливаться, дожидаясь своего часа для внедрения.

На "выходе" автобусного предприятия будут только новшества как товары, которые могут быть проданы другим автобусным паркам. Таким образом, в автобусном парке на современном этапе развития на постоянной основе должна проводиться инновационная деятельность. В сфере технической службы и службы перевозок она должна носить технико-технологический характер.

Внутренними объектами технико-технологической инновационной деятельности на уровне автобусного автотранспортного предприятия являются основные факторы "дерева систем" применительно к хозяйственному уровню управления. К ним относятся система и организация ТО и ремонта, произ-

водственно-техническая база, персонал, система снабжения и резервирования, подвижной состав и эксплуатационные материалы, условия эксплуатации и природно-климатические условия, информационное, организационное, нормативное и математическое обеспечение.

Внешние объекты технико-технологической инновационной деятельности на уровне автобусного автотранспортного предприятия формируются или головной компанией, или сторонними организациями.

Для эффективной инновационной деятельности на уровне автобусного предприятия необходимо периодически разрабатывать, утверждать и реализовывать программу технико-технологических инноваций.

При разработке программы следует использовать программно-целевой подход и сетевое планирование. Программно-целевой подход необходимо применять при формировании структуры программы, когда осуществляется сбор информации, ее предварительная обработка и анализ, строится "дерево целей" и "дерево систем", определяются каналы взаимодействия "дерева целей" и "дерева систем", находятся вклады подцелей нижнего уровня в подцепи (цели) верхнего уровня, вплоть до генеральной цели, определяются веса (вклады) подсистем нижнего уровня в подсистемы (системы) верхнего уровня, включая генеральную систему, определяется степень влияния каждой из подсистем, т. е. конкретных инновационных мероприятий и генеральной системы на достижение поставленных подцелей, включая генеральную цель, определяется приоритетность мероприятий.

При определении приоритетности инновационных мероприятий и сроков их реализации необходимо использовать аппарат сетевого планирования. Основное преимущество метода сетевого планирования и управления (СПУ) заключается в том, что он позволяет выявить объем и детализацию предстоящих работ, установить рациональную последовательность их выполнения, координировать действия различных отклонений фактического хода работ от запланированного.

На рис. 1 приведен один из вариантов иерархической структуры руководства технико-технологическими инновационными процессами автобусного АТП, где отражены: 1-й уровень — управление всей технологической подготовкой предприятий к реконструкции; 2-й уровень — конструкторская, технологическая, материальная подготовка предприятия к реконструкции; 3-й уровень — управление выполнением комплексами работ по этапам подготовки.

При организации инновационной деятельности автобусное предприятие рассматривается как большая система, т. е. совокупность элементов (производственных подразделений и служб), определенным образом связанных между собой, имеющих определенные взаимосвязи, особое единство с внешней средой и образующих некоторую целостность и представляющих собой подсистему системы более высокого порядка.

Анализ, учет работы и развитие автобусного парка должны осуществляться непрерывно с оценкой альтернатив путей функционирования и инерционности системы, ее адаптивности и организованности с соблюдением вопросов стандартизации и нормирования на основе инновационного характера деятельности (рис. 2), которая является главным условием экономии, повышения конкурентоспособности транспортных услуг и жизненного уровня населения.

С внедрением технико-технологических инноваций должно одновременно быть обеспечено увеличение доходов от перевозки пассажиров ($Д^{ф}$) и снижение расходов ($C_{\Sigma}^{ф}$) на текущую деятельность автобусного парка.

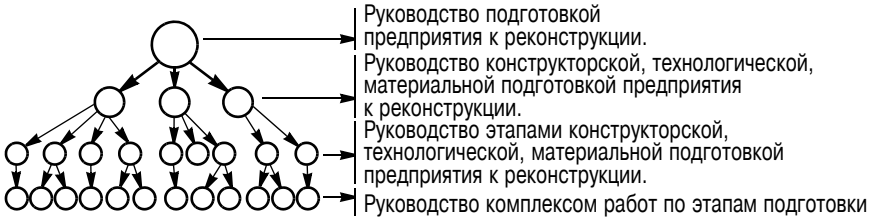


Рис. 1. Иерархическая структура руководства технико-технологическими инновационными процессами автобусного АТП

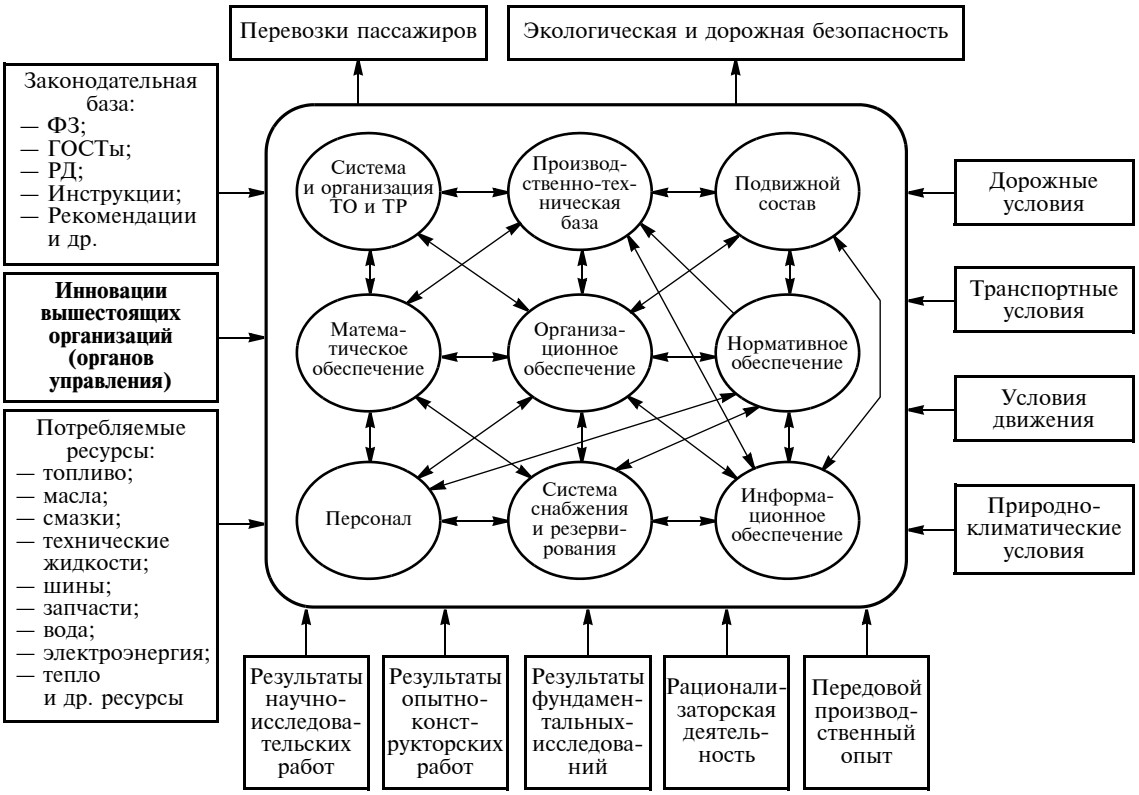


Рис. 2. Структурная схема технико-технологической инновационной деятельности на хозяйственном уровне управления с позиций системного подхода

На практике — это наиболее предпочтительная стратегия. Математически она может быть сформирована следующим образом:

$$Д^{ф} = f(t) \to \max; \quad (1)$$

$$C_{\Sigma}^{ф} = f(t) \to \min. \quad (2)$$

Доходы и эксплуатационные расходы можно связать между собой через рентабельность перевозок (Р). Кроме того, городские автобусные маршруты могут быть как прибыльными, так и убыточными. Поэтому в качестве окончательной целевой функции целесообразно использовать показатель рентабельности, который исчисляется в процентах и определяется по формуле:

$$P = \frac{Д^{ф} - C_{\Sigma}^{ф}}{C_{\Sigma}^{ф}} 100 \to \max. \quad (3)$$

Графически изменение фактической рентабельности при технико-технологической инновационной деятельности на уровне автобусного АТП представлено на рис. 3.

Моменты времени, когда необходимо начинать внедрение технико-технологических инноваций,

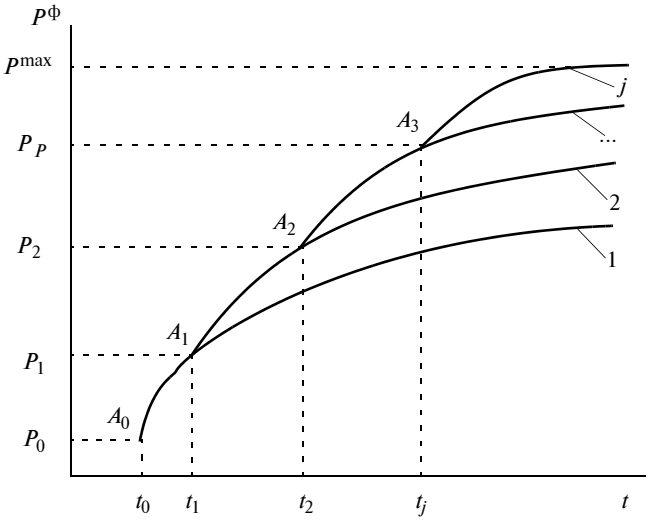


Рис. 3. Изменение теоретической рентабельности при инновационной деятельности на уровне автобусного АТП:

1 — первое инновационное мероприятие; *2* — второе инновационное мероприятие; *j* — инновационное мероприятие

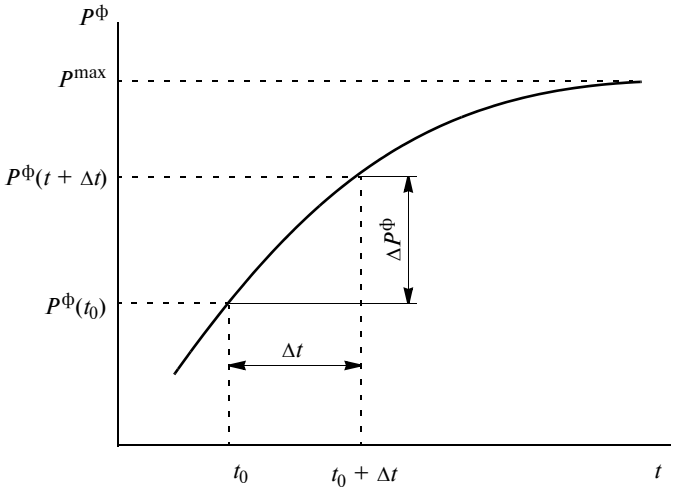


Рис. 4. Влияние фактора времени на фактическую рентабельность автобусного АТП при технико-технологической инновационной деятельности

можно определять с помощью сетевого планирования и управления.

Физический смысл процесса внедрения инноваций сводится к следующему: каждое технико-технологическое инновационное мероприятие должно повышать рентабельность деятельности автобусного АТП. Изменение итоговых (суммарных) значений показателя рентабельности можно представить в виде обобщающей кривой (рис. 4).

По аналогии с доходами и расходами функция обобщающего показателя рентабельности $R = f(t)$ является дифференцируемой функцией.

Поэтому ее можно рассматривать и анализировать на практике как производственную функцию, т. е. находить приращение, коэффициент эластичности, точки перегиба и т. д., словом, оценивать эффективность инновационных мероприятий.

Далее составляется развернутая программа действий по достижению поставленных целей. Она включает в себя организационно-технические инновационные мероприятия по достижению поставленных целей, включая генеральную цель, исполнителей, сроки реализации этих мероприятий, ресурсы, необходимые для достижения поставленных подцелей, включая генеральную цель. Особенность такой программы состоит в том, что инновационные мероприятия строго структурированы (соподчиняются и дополняют друг друга), обеспечено соподчинение и взаимодействие исполнителей, согласованы и определены временные цепочки реализации инновационных мероприятий снизу доверху и рационально распределены ресурсы как по вертикали, так и по горизонтали. В проекте программы, как правило, предусматриваются один или несколько рубежных контролей. После разработки проект программы передается руководителю на утверждение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Техническая эксплуатация** автомобилей: Учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и дополн. / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. — М.: Наука, 2001. — 535 с.
2. **Фатхутдинов Р. А.** Инновационный менеджмент: Учебник для вузов. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2005. 448 с.

Новый клиент "КАМАЗ-ЛИЗИНГ"

Группа компаний "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" передала своему новому клиенту в Москве — ОАО "Первый автокомбинат" имени Г. Л. Краузе 20 седельных тягачей КАМАЗ-65116.

Договор лизинга заключен по выгодной программе "Особенный", с удорожанием 2 %.

ОАО "Первый автокомбинат" имени Г. Л. Краузе сотрудничает с крупнейшими строительными организациями города Москвы. Автопарк компании насчитывает более тысячи грузовых автомобилей. В планах лизингополучателя продолжать взаимовыгодное сотрудничество с ГК "КАМАЗ-ЛИЗИНГ" по обновлению своего автопарка новейшими образцами КАМАЗов.

Трехосные седельные тягачи на шасси КАМАЗ-65116 отличаются топливной экономичностью, высокими тяговыми качествами и предназначены для работы в составе автопоезда на городских, пригородных и междугородних перевозках. Они оснащены мощными 300-сильными двигателями Cummins экологического стандарта Евро 4. Так же на автомобили установлена спутниковая система GPS/ГЛОНАСС, которая позволяет компании-автовладельцу контролировать работу каждого автомобиля.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

УДК 519.7

В. А. Зорин, д-р техн. наук, проф., **Н. И. Баурова**, д-р техн. наук, проф., МАДИ
E-mail: nbaurova@mail.ru

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН, ВОССТАНОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В данной статье рассматриваются способы контроля качества соединений, восстановленных с помощью полимерных материалов. Показано, что при ремонте с использованием клеев ошибки, допущенные на одной операции, не могут быть устранены на последующих, поэтому большое внимание необходимо уделять межоперационному контролю качества.

Ключевые слова: *контроль качества, полимерные материалы, показатели качества клеев, ремонт машин, технологический процесс.*

Несомненно, проблема обеспечения качества при различных методах ремонта неразрывно связана с особенностями используемых материалов и технологий. Вопросам обеспечения качества материалов уделяется очень большое внимание, и в технической литературе для каждого типа материалов существуют свои показатели и стандартизованные методики их определения [1, 4]. В то же время вопросы качества технологий практически нигде не рассматриваются.

В отличие от традиционных методов (например, механической обработки), где нарушение показателей качества поверхности может быть достигнуто на последующих операциях, в технологическом процессе ремонта с использованием полимерных материалов допущенные ошибки на одной операции не могут быть устранены на последующих. Так, если полимер был приготовлен по неверной рецептуре (концентрации компонентов), то она никак не может быть даже частично компенсирована на всех последующих технологических операциях.

Вопросы обеспечения заданного уровня надежности являются важнейшими для всех машин, и поэтому при разработке новых технологий необходимо определить для каждой конкретной технологической операции все возможные причины отклонения показателей качества от заданного уровня.

Традиционно технологический процесс ремонта машин с использованием полимерных материалов состоит из следующих операций:

— подготовка поверхности деталей, подлежащих восстановлению;
— выбор ремонтного материала;
— приготовление полимерного материала;
— нанесение полимерного материала;
— монтаж соединения;
— отверждение полимерного материала;
— контроль качества ремонта.

Для достижения высоких прочностных характеристик необходимо на каждом этапе осуществлять межоперационный контроль качества.

Очень большое влияние на долговечность деталей машин и оборудования, восстановленных с использованием наполненных полимерных материалов, оказывает степень подготовки поверхности перед нанесением полимера. Нарушение технологии на данном этапе способно свести на нет все усилия по внедрению в ремонтное производство самых современных и инновационных материалов [2, 3]. При ремонте машин и оборудования степень очистки металлических поверхностей наиболее удобно проверять методом "на растекание водой": при нанесении небольшого количества воды на очищенную поверхность она должна растекаться сплошной тонкой пленкой. Если вода собирается в отдельные

капельки, это означает, что на поверхности присутствуют следы масел, смазок, топлива или других агрессивных сред. Данный метод является простым, не требует наличия специального оборудования, но в то же время позволяет быстро и с достаточной степенью надежности контролировать качество подготовки поверхности.

Качество деталей, восстановленных с использованием полимерных материалов, существенным образом зависит от промежутка времени между окончанием процесса подготовки поверхностей и нанесением слоя полимерного материала. Для разных металлов и сплавов этот промежуток времени существенно различается [1]. В данном

Возможные причины снижения прочности восстановленных деталей

№ п/п	Операция ТП	Возможные нарушения ТП	Последствия нарушения ТП
0	Хранение компонентов полимерных материалов	Хранение клея в негерметичной таре	Из клея испаряется растворитель, вязкость состава увеличивается, нарушается смачиваемость поверхности и клей невозможно нанести на восстанавливаемую поверхность слоем заданной толщины
		Хранение наполнителя в негерметичной упаковке и в помещении с повышенной влажностью воздуха	Наполнитель абсорбирует влагу, в результате при приготовлении материала его сложно равномерно распределить в связующем
		Нарушение температурных режимов хранения компонентов	При температуре ниже допустимой наполнитель абсорбирует влагу, в результате его сложно равномерно распределить в связующем. При температуре выше допустимой происходит слипание частиц наполнителя, в результате он комкуется
1	Подготовка поверхности, подлежащей восстановлению	Плохое качество очистки поверхности	Образование непроклеев. Низкая адгезионная прочность между деталью и ПМ
2	Выбор материала (связующего, отвердителя и наполнителя)	Выбранные материалы не соответствуют условиям эксплуатации детали, подлежащей восстановлению	Низкая долговечность ремонта
3	Приготовление ПМ	Нарушение точности дозировки компонентов	Нарушение режимов отверждения клея (при нарушении концентрации отвердителя). Увеличение вязкости (при передозировке наполнителя) или, наоборот, уменьшение вязкости (при дефиците наполнителя)
		Неравномерное перемешивание компонентов	Агломерация частиц наполнителя. Пористый клеевой шов (с большим количеством воздушных пузырьков)
4	Нанесение ПМ	Отклонение от требуемой толщины слоя ПМ	Неравномерный клеевой шов. Низкая адгезионная прочность между деталью и ПМ
5	Монтаж конструкции	Избыточное давление	Выдавливание ПМ и образование непроклеев и "голодного" клеевого шва
		Недостаточное давление	Низкая адгезионная прочность между деталью и ПМ
		Неравномерное давление	Перекос деталей. Формирование неравномерного клеевого шва. Прочность восстановленной конструкции неодинакова на протяжении клеевого шва
6	Отверждение ПМ	Неполное отверждение, связанное с нарушением внешних условий	Низкая адгезионная прочность между деталью и ПМ
		Страгивание поверхностей до полного отверждения клея	Полная потеря прочности

случае время между этими операциями не должно превышать 12 ч.

Ошибки в технологии могут иметь место и на заключительных операциях. Например, неравномерно приложенное давление по периметру клеевого шва. При превышении давления выше допустимых значений в клеевом шве возникают высокие остаточные напряжения, которые вызывают уменьшение долговечности склеенной конструкции. Такое соединение будет иметь существенно меньшую прочность и, соответственно, низкое качество ремонта. Кроме того, при неравномерном приложении давления в одной части конструкции произойдет частичное выдавливание клея, а в другой, наоборот, его избыток (чем ниже вязкость клея, тем сильнее изменяется толщина клеевого шва при нарушении приложенного давления) [3]. При ремонте машин и оборудования толщину клеевого шва наиболее удобно контролировать с использованием проволоки, диаметр которой равен заданной толщине клеевого шва.

При восстановлении изделий с использованием полимерных материалов важно контролировать все временные этапы технологического процесса, так как даже незначительное нарушение временных рамок существенным образом снижает прочность восстановленного соединения.

Большое влияние на технологию оказывают не только те или иные конкретные технологические операции, но и условия, в которых хранятся компоненты полимерных материалов (связующее, отвердитель и наполнитель). Для обеспечения сохранности свойств компонентов, входящих в состав ремонтных материалов, их следует хранить в герметично закрытой таре, в прохладных помещениях при температуре не выше 23 °С. Некоторые компоненты ремонтных материалов допускается хранить при пониженной температуре, но в этом случае перед их применением необходимо дождаться, чтобы они приобрели ту же температуру, что и другие компоненты системы (с которыми их будут смешивать). При хранении клеев, в состав которых входят растворители, и дисперсионных клеев происходит испарение растворителя. В результате испарения растворителя в процессе хранения вязкость клея существенно увеличивается, и при его нанесении невозможно обеспечить необходимое смачивание поверхности и заданную толщину клеевого шва. В этом случае необходимо непосредственно перед проведением ремонтных работ добавить в клей соответствующее количество растворителя.

Таким образом, независимо от назначения технологического процесса, в нем нет более или менее важных операций, и все они оказывают самое непосредственное влияние на качество.

Проводить контроль качества соединений, восстановленных с использованием полимерных материалов, гораздо сложнее, чем при использовании традиционных методов ремонта (например, сварки, где многие дефекты заметны невооруженным глазом) [5]. Поэтому при использовании полимерных материалов необходимо уделять повышенное внимание межоперационному контролю качества. В таблице приведен анализ возможных технологических нарушений на всех этапах технологического процесса ремонта и их последствия.

Наиболее часто выходной контроль качества деталей машин и оборудования, восстановленных с использованием полимерных материалов, осуществляется визуально. При визуальном контроле качества клеевых соединений следует обращать внимание на сплошность и толщину полимера, выдавленного из клеевого шва. Для контроля особо ответственных узлов следует использовать специальные дефектоскопы (импульсные ультразвуковые эхо-дефектоскопы).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баженов С. Л., Берлин А. А., Кульков А. А., Ошмян В. Г.** Полимерные композиционные материалы. — Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект". 2010. — 352 с.
2. **Зорин В. А., Баурова Н. И.** Моделирование свойств ремонтных материалов при длительном воздействии эксплуатационных факторов.// "Механизация строительства", № 1, 2012. С. 15—17.
3. **Зорин В. А., Баурова Н. И., Шакурова А. М.** Управление микроструктурой и свойствами наполненных полимерных композиций. // "Клеи. Герметики. Технологии". 2012. № 8. С. 30—34.
4. **Малышева Г. В.** Проблемы обеспечения надежности машин с клеевыми соединениями // "Клеи. Герметики. Технологии". 2005. № 8. С. 28—34.
5. **Петрова Л. Г., Чудина О. В.** Применение методологии управления структурообразованием для разработки упрочняющих технологий. // "Металловедение и термическая обработка металлов". 2010. № 5. С. 31—41.

УДК 629.3.027.5-029.33

В. И. Рассоха, д-р техн. наук, проф., Оренбургский ГУ,
И. А. Якубович, д-р техн. наук, проф., МАДИ
E-mail: chizov_nik@mail.ru

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В СИСТЕМЕ АКТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СХОЖДЕНИЯ КОЛЕС

Эффективность работы автотранспортного комплекса во многом зависит не только от организации перевозок и технического состояния подвижного состава, но и от эксплуатационных характеристик и срока службы шин.

Ключевые слова: *автомобильный транспорт, автомобильные шины, износ, долговечность, эксплуатационные характеристики.*

Интенсивное развитие автомобильного транспорта и повышение его роли во всех сферах экономики выдвинули в число важнейших проблем увеличение срока службы шин.

Проблема эта очень непроста, что объясняется сложностью зависимостей между конструктивными и технологическими параметрами автомобильных шин и их эксплуатационными характеристиками, освоенными методически и инструментально. Схема этих зависимостей представлена на рисунке.

Выход из строя шины обычной конструкции не по износу, а вследствие нескольких повреждений является результатом недостатков конструкции, технологии изготовления или неправильной эксплуатации, поэтому такое событие нельзя считать типичным. Основной причиной выхода автомобильной шины из строя будем считать износ протектора. По этой причине выходят из строя 80—90 % шин [1].

Кроме влияния на долговечность, нельзя не отметить экологические последствия износа протектора шин. Общеизвестными являются отрицательные воздействия на здоровье человека шинной пыли и шума, образующегося при трении протектора о поверхность дороги. Интенсивность загрязнения окружающей среды только шинной пылью составляет несколько сот тонн в час. На некоторых автомагистралях Европы ежегодно масса резиновой пыли достигает 250 кг на километр дороги, а почва в придорожных полосах содержит около 2 % резиновых частиц [1].

Менее известен выявленный в результате последних исследований факт, что при изнашивании шин в окружающую среду попадает большое количество канцерогенных полиароматических углеводородов, прежде всего — бенз[а]пирена, а также N-нитрозоаминов и других вредных для организма человека веществ, добавляемых производителями шин для улучшения эластичных и упруго-прочностных свойств резины [1].

Поэтому из всего многообразия параметров шин для рассмотрения выберем только технологические, а именно формируемые в процессе эксплуатации, а в качестве основного повреждения — износ протектора.

Проведенный анализ показывает, что с точки зрения оптимизации нагружения шины необходимо стремиться к тому, чтобы при качении колеса нормальные и касательные напряжения в контакте шины с опорной поверхностью распределялись по площади контакта равномерно и имели как можно меньшие значения. Проскальзывания выступов протектора в контакте шины и возникающая при этом работа трения также должны быть минимальны.

Для этого управляемые колеса должны катиться в плоскостях, параллельных продольной оси автомобиля и перпендикулярных опорной поверхности. Соблюдение указанных требований при прочих равных условиях способствует минимальному износу протектора и максимальному сцеплению шины с дорогой.

Однако в эксплуатации, вследствие деформаций деталей и износа сопряжений моста и рулевого привода, происходит отклонение управляемых колес от указанного положения, что приводит к увеличению сопротивления движению. Для компенсации этих

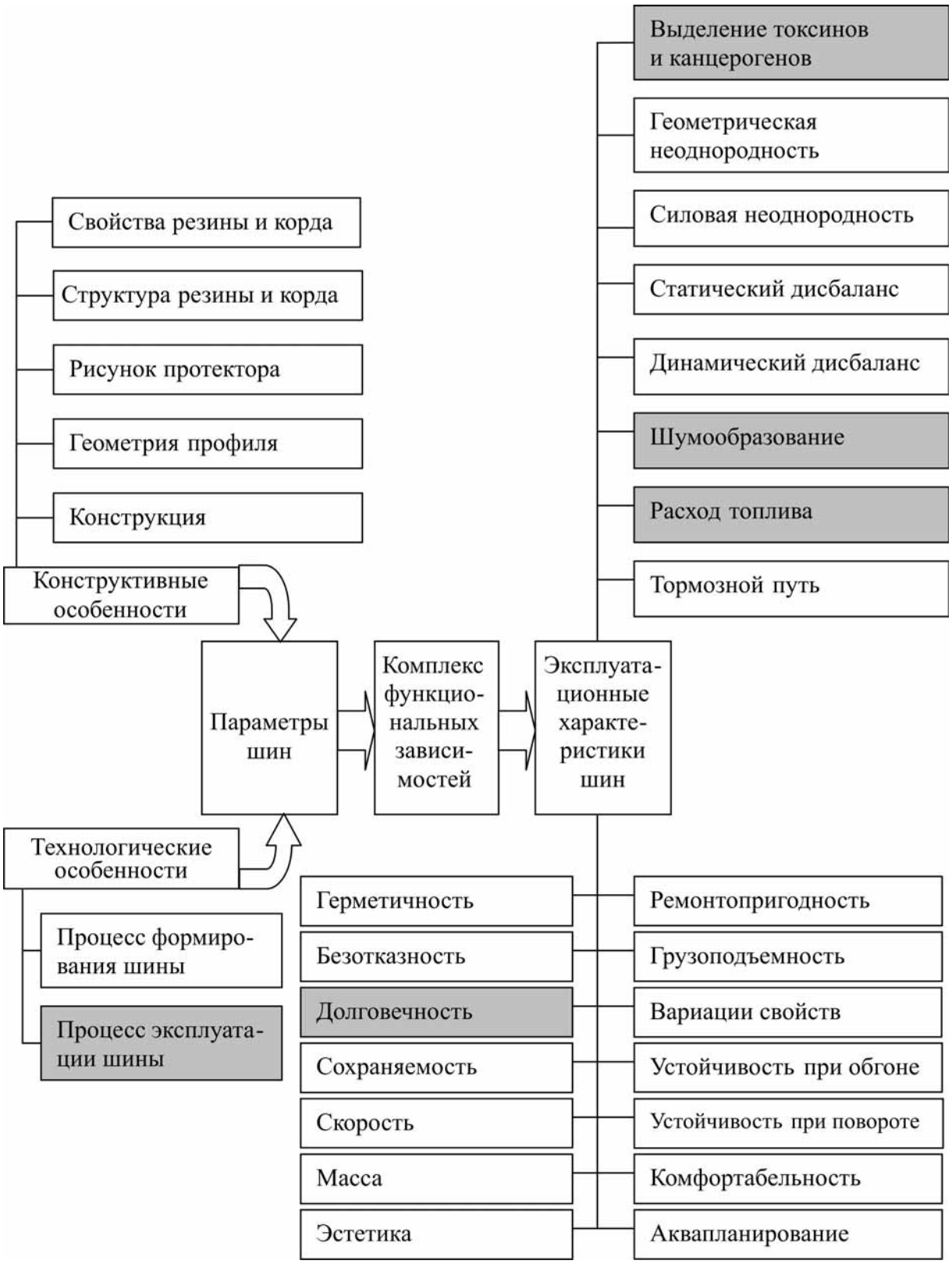


Схема зависимостей между параметрами автомобильных шин и их основными эксплуатационными характеристиками

деформаций и износов управляемые колеса автомобиля устанавливают с развалом.

При наличии развала управляемые колеса стремятся катиться в стороны от прямолинейного движения автомобиля по дугам вокруг точек пересечения их осей с опорной поверхностью. Так как они связаны балкой моста, то такое качение сопровождалось бы боковым скольжением шин о дорогу, что увеличивало бы сопротивление движению. Для прямолинейного качения управляемых колес с развалом без бокового скольжения они должны быть установлены со схождением.

Угол схождения управляемых колес определяется как угол между плоскостями левого и правого колес и принимается положительным в случае, если эти плоскости пересекаются перед автомобилем. Каждому углу развала соответствует определенный угол схождения, при котором сопротивление движению будет наименьшим. Как показано в работе [2], величина угла схождения управляемых колес прямо пропорциональна синусу угла их развала.

Упругая деформация элементов моста с увеличением загрузки автомобиля уменьшает существующий угол развала управляемых колес и восстанавливает его с уменьшением загрузки. Одновременно должно изменяться и схождение. Кроме того, схождение зависит и от сил сопротивления движению, определяемых дорожными условиями, скоростью и режимами движения.

Зависимость от скорости движения и дорожных условий поясняют следующие факты. Экспериментально установлено [3], что каждые 50 Н дополнительного сопротивления качению уменьшают схождение на 0,16 мм. При равномерном движении на шоссе с асфальтобетонным покрытием со скоростями 5, 70 и 120 км/ч уменьшение схождения управляемых колес составляет соответственно 0,2, 0,4 и 0,8 мм. При разгоне автомобиля уменьшение схождения управляемых колес составляет 0,5 мм, при служебных торможениях — 0,5—3,0 мм. Испытания при указанных скоростях на гравийных и грунтовых дорогах, где коэффициент сопротивления качению значительно выше, дают значительно большие значения уменьшения схождения.

Зависимость схождения от режимов движения в прямолинейном направлении — движения накатом, с тяговым усилием или с торможением — объясняется деформациями элементов подвески и рулевого привода вследствие действия продольных тяговых и тормозных сил. Максимальная тормозная сила, определяемая максимальным коэффициентом сцепления и коэффициентом перераспределения вертикальных сил при торможении, примерно в 100 раз превышает силу сопротивления качения автомобильного колеса. Как следствие, имеет место деформация упругих связей в подвеске и рулевом приводе с соответствующими перемещениями колес, в том числе и угловыми перемещениями по курсу. Угловое перемещение колеса при этом может достигать примерно 1 градуса [4].

Нельзя не отметить и влияние таких факторов, как неправильная настройка оборудования, использующегося при контроле и регулировании схождения при техническом обслуживании; некорректные действия при этом человека; длительная эксплуатация автомобиля без контроля и регулирования схождения.

Проведенные исследования интенсивности изменения схождения управляемых колес автобусов и грузовых автомобилей показали, что при начальном схождении управляемых колес от 4 до 6 мм интенсивность изменения схождения составила около 0,3 мм на 1000 км пробега, при начальном схождении 1,0 мм — около 0,7 мм на 1000 км пробега, а при отрицательном начальном значении угла схождения управляемых колес интенсивность изменения схождения достигает 1,3 мм на 1000 км пробега.

Следует отметить, что использование автоматических систем контроля и регулирования схождения управляемых колес автомобилей в движении является единственно возможным способом комплексного улучшения таких эксплуатационных свойств автомобиля, как устойчивость, управляемость и топливная экономичность. Применение данного способа позволяет улучшить и экологические параметры окружающей среды — снижение износа шин способствует уменьшению образования шинной пыли и выброса канцерогенных веществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Третьяков О. Б.** Автомобильные шины. Конструкция, механика, свойства, эксплуатация / О. Б. Третьяков, В. А. Гудков, А. А. Вольнов, В. Н. Тарновский. — М.: КолосС, Химия, 2007. — 432 с.: ил.
2. **Редчиц С. В.** Расчет оптимального соотношения углов развала и схождения управляемых колес / С. В. Редчиц, В. В. Редчиц, В. И. Плотников, А. А. Голобородько // Автомобильная промышленность. — 2000. — № 11. — С. 15—16.
3. **Рязанцев В. И.** О регулировании угла схождения управляемых колес транспортных средств / В. И. Рязанцев, А. М. Жуков // Экономия нефтяных топлив на автомобильном транспорте: межвузовский сборник научных трудов. — М.: ВЗМИ, 1986. — С. 111—122.
4. **Рязанцев В. И.** Прогнозирование устойчивости движения автомобиля с активно управляемым схождением колес: автореферат дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Рязанцев В. И. — М., 2008. — 34 с.

УДК 629.3.083.4

В. И. Сарбаев, д-р техн. наук, проф., **А. Ю. Ерошин**, аспирант, МГИУ
E-mail: chizov_nik@mail.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АКТИВНОЙ ПРИЕМКИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ФИРМЕННОГО СЕРВИСА

Эффективность работы активной приемки в значительной степени определяет эффективность функционирования предприятия автосервиса в целом. Процесс приемки автомобиля является одним из основных процессов автосервиса, так как именно в момент приемки происходит первичное взаимодействие заказчика и исполнителя.

Ключевые слова: *активная приемка, автомобиль, классификация факторов, производственно-техническая база, автосервис, информационное обеспечение, персонал.*

Под активной приемкой в теории и практике работы предприятий автосервиса понимается непосредственное участие клиента в приемке автомобиля и знакомство с местом выполнения ремонтных работ, что обеспечивает прозрачность сервисных услуг и укрепляет доверие клиента.

Ключевую роль во время приемки играет консультирование клиента непосредственно у автомобиля (рисунок): автомобиль помещается на рабочее место (подъемник); мастер-консультант фиксирует информацию о состоянии автомобиля и четко анализирует жалобы клиента; клиенту сообщается об объеме необходимого ремонта; локализация прочих возможных неисправностей у автомобиля и вследствие этого расширение объема ремонтных работ.

В ходе исследования с учетом сформированной классификации факторов, влияющих на реализацию процесса активной приемки на рассматриваемом предприятии фирменного автосервиса, в соответствии с разработанной "Методикой априорного ранжирования" была сделана предварительная оценка и осуществлен выбор факторов, влияющих на реализацию процесса активной приемки с укомплектованной диагностической линией. Для указанного исследования была разработана специальная анкета, проведен экспертный опрос и сделана обработка его результатов.

По степени влияния на достижение главной цели рассматриваемые подсистемы распределились следующим образом.

1. Организация и технология проведения активной приемки — 31,6 %.
2. Производственно-техническая база — 30,1 %.
3. Персонал — 25 %.
4. Информационное обеспечение — 13,3 %.

Анализ показал, что среди факторов подсистемы — "Организация и технология проведения активной приемки" следует выделить следующие: "Совершенствование учета и отчетности, компьютеризация и индивидуализация учета и отчетности при проведении активной приемки" — 34,8 %, "Обеспечение рабочих мест и исполнителей рациональной технологической и другой документацией" — 30,4 %, "Управление качеством проведения активной приемки" — 24,1 %, "Обеспечение выполнения рекомендаций и нормативов системы" — 22,8 % и "Применение обоснованных нормативов системы" — 18,5 %.

Факторы подсистемы "Производственно-техническая база" распределились следующим образом: "Возможность подвода коммуникаций для реализации такой приемки" — 21,4 %, "Наличие свободной площади (не ущемляя кузовной цех и пост по установке дополнительного оборудования)" — 20,6 %, "Возможность создания поста активной приемки сразу после мойки" — 20,6 %, "Реализация перемещения автомобилей по цеху с применением зоны активной приемки" — 18,2 %, "Разработка оптимальной работы мойки для автомобилей, на которых производится активная приемка" — 14,2 % и "Отдаленность зоны активной приемки от зоны основной приемки" — 4,7 %.

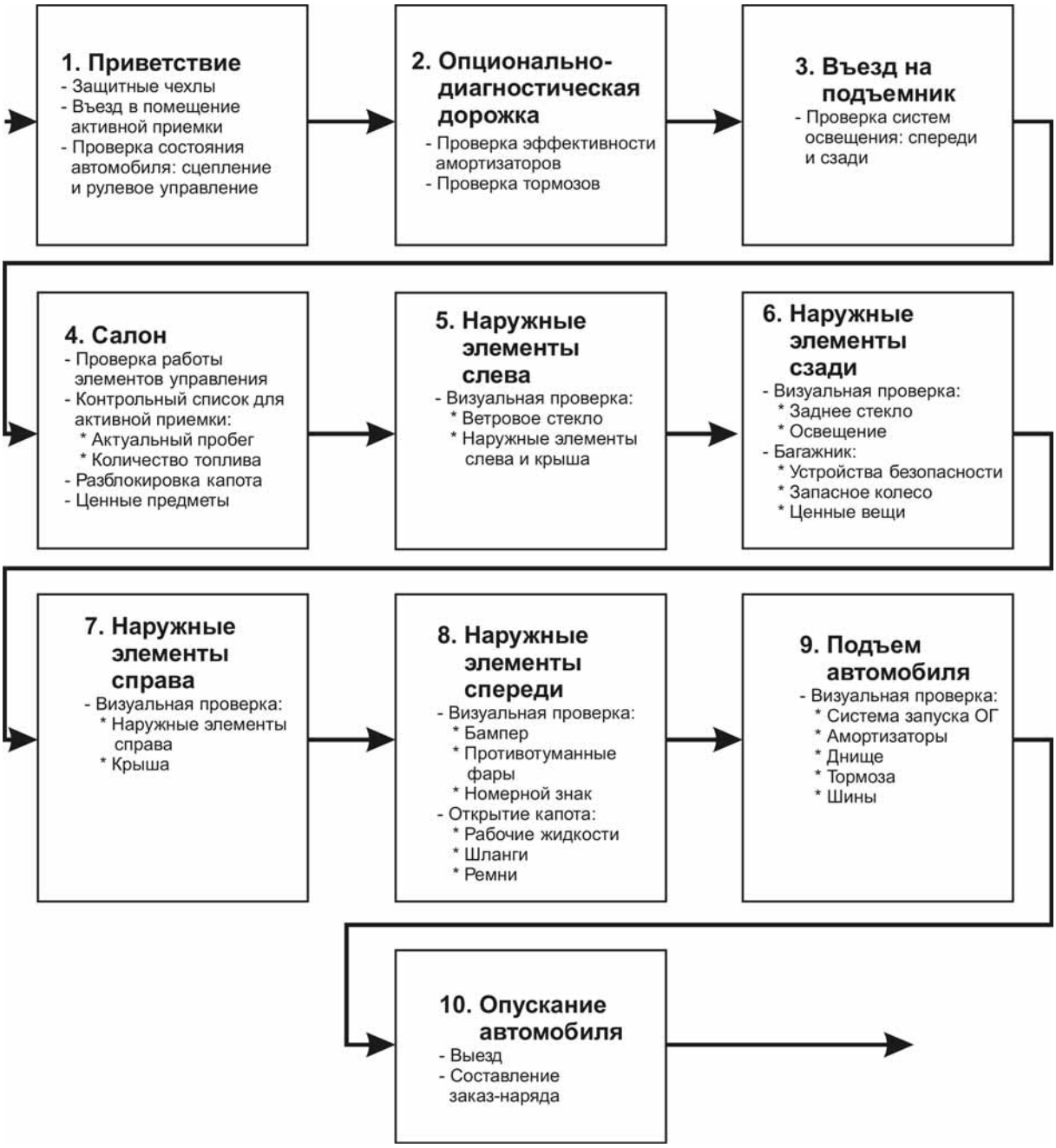
Среди факторов "Персонал" следует выделить: "Повышение и поддержание квалификации персонала путем проведения систематических обучений и аттестаций" — 31,0 %, "Обучение МК основным процессам сервиса и умению пользоваться диагностическим оборудованием" — 24,4 %, "Обязательное обучение и аттестация руководителей клиентской службы"

— 24,4 %, "Совершенствование систем стимулирования персонала" — 13,3 % и "Обеспечение приемки персоналом (Мастера-консультанты)" — 6,6 %.

Среди факторов "Информационное обеспечение" следует выделить: "Применение современных информационных технологий" — 29,5 %, "Централизованное обеспечение автосервиса законодательной и нормативно-методической литературой" — 23,3 %, "Разработка оптимальной записи автомобилей на сервис без нарушения рабочего процесса" — 22,8 % и "Возможность дооформления мастером-консультантом предварительного заказ-наряда в зоне активной приемки" — 23,3 %.

Проведенная оценка влияния отдельных подсистем и факторов повышает эффективность принимаемых решений и была применена при реализации активной приемки на предприятии фирменного автосервиса.

Для определения эффективности реализованного процесса были проанализированы опросы



Этапы прямой приемки

Таблица 1

Показатели клиентской удовлетворенности до внедрения активной приемки

Мастер-консультант	Средняя оценка по вопросам							Совместная оценка по семи показателям, %
	Были ли соблюдены сроки приема ремонта и выдачи Вашего а/м из сервиса?	Довольны ли Вы качеством выполненных работ?	Довольны ли Вы работой мастера-консультанта?	Осмотрел ли Ваш а/м мастер до начала ремонта?	Проинформировал ли Вас мастер о содержании предстоящих работ и их предварительной стоимости?	Соответствовала ли сумма счета предварительно заявленной стоимости?	Готовы ли Вы рекомендовать данный технический центр своим друзьям и знакомым?	
1	1,78	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	88,89
2	1,88	1,88	0,94	1,00	1,00	1,88	1,00	77,25
3	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	100,00
4	1,88	2,00	1,00	1,00	1,00	1,88	0,94	83,37
5	1,89	1,89	0,95	1,00	1,00	2,00	0,89	76,08
6	1,88	1,88	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	88,58
ИТОГО	1,89	1,94	0,98	1,00	1,00	1,96	0,97	85,6
%	94,3	97,1	98,1	100,0	100,0	98,0	97,3	

Таблица 2

Показатели клиентской удовлетворенности после внедрения активной приемки

Мастер-консультант	Средняя оценка по вопросам							Совместная оценка по семи показателям, %
	Были ли соблюдены сроки приема ремонта и выдачи Вашего а/м из сервиса?	Довольны ли Вы качеством выполненных работ?	Довольны ли Вы работой мастера-консультанта?	Осмотрел ли Ваш а/м мастер до начала ремонта?	Проинформировал ли Вас мастер о содержании предстоящих работ и их предварительной стоимости?	Соответствовала ли сумма счета предварительно заявленной стоимости?	Готовы ли Вы рекомендовать данный технический центр своим друзьям и знакомым?	
1	1,93	2,00	0,96	1,00	1,00	2,00	1,00	92,64
2	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	100,00
3	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	100,00
4	1,89	2,00	1,00	1,00	1,00	1,88	1,00	88,94
5	2,00	1,89	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	94,74
6	1,93	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	95,50
Итого	1,96	1,98	0,99	1,00	1,00	1,98	1,00	95,5
%	97,9	99,1	99,3	100,0	100,0	99,0	100,0	

клиентов, посещавших сервис до внедрения активной приемки с диагностической линией и после. Результаты опроса приведены в таблицах 1 и 2.

Из данных, приведенных в таблицах, можно сделать вывод, что реализация процесса активной приемки в целом положительно сказывается на клиентской удовлетворенности. Такой подход к приему автомобилей повышает авторитет сервиса в глазах клиента и рождает желание посетить данный технический центр в следующий раз, а также порекомендовать его своим друзьям и знакомым, что приведет к увеличению потока клиентов.

Цикл статей

УДК 629.33

В. А. Горелов, д-р техн. наук, проф., **А. А. Анкинович**, канд. техн. наук, доц.,
МГТУ им. Н. Э. Баумана,
С. Л. Тропин, группа компаний "Спецтяжавтотранс", г. Москва
E-mail: gvas@mail.ru, ank-gg42@yandex.ru, tropin@spectyazh.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАНЕВРЕННОСТИ ДВУХЗВЕННОГО АВТОПОЕЗДА БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Представлены результаты экспериментальных исследований маневренности двухзвенного автопоезда с поворотным дышлом на горизонтальном недеформируемом опорном основании при двух видах маневров: "Поворота с минимальным радиусом" и "Переставка". Проведены теоретические исследования криволинейного движения автопоезда с заданной схемой рулевого управления прицепного звена. Сравнением результатов теоретических и экспериментальных исследований доказана адекватность разработанной математической модели динамики автопоезда. Расхождение по основным кинематическим показателям криволинейного движения не превысила 12 %.

Ключевые слова: *автопоезд, экспериментальные исследования, закон управления, поворот, маневренность, управляемость, устойчивость, математическая модель, кривизна траектории, адекватность, сцепное устройство.*

Широкое распространение большегрузных автопоездов обусловлено рядом объективных факторов: потребностью в перевозках тяжелых крупногабаритных грузов с исключением процессов раздельного перемещения и последующей сборки составных частей; необходимостью повышения грузоподъемности при одновременном обеспечении высокой проходимости при движении по грунтовым дорогам и вне дорог; предельно допустимыми нагрузками на ось транспортного средства; необходимостью обеспечения высоких показателей маневренности, управляемости и устойчивости в различных дорожных условиях [1].

Использование многоосных транспортных средств большой и особо большой грузоподъемности, отличающихся габаритными размерами и осевыми нагрузками, особенно остро ставит проблему "вписываемости" этих машин в закругления и повороты существующей дорожной сети и обеспечения безопасного маневрирования на местности, на строительных площадках и в других условиях [1, 2].

Опыт эксплуатации автопоездов предприятием "Спецтяжавтотранс" свидетельствует о том, что проблема обеспечения движения транспортной системы в заданном дорожном коридоре является одной из основных в аспекте обеспечения безопасности движения, а также реализации максимальной средней скорости на заданном маршруте.

Известно, что использование аппарата имитационного математического моделирования позволяет еще на стадии проектирования решать задачи, связанные, в том числе, с оценкой динамики криволинейного движения транспортных средств. Для решения таких задач разработана математическая модель криволинейного движения автопоезда по недеформируемому грунту с возможностью реализации различных законов при управлении колесами автомобиля-тягача и прицепного звена. Подробно особенности данной модели представлены в [3, 4].

Для теоретического исследования криволинейного движения автопоезда на горизонтальном недеформируемом опорном основании предложено считать связь в узле сочленения (УС) упруго-демпфирующей. Абсолютно жесткий или кинематический характер связи накладывают на модель ряд ограничений, наиболее важным из которых является необходимость полного изменения математической модели в случае добавления одного или нескольких звеньев.

Реализация упруго-демпфирующей связи достигается следующим образом. Автопоезд условно разрывается в узле сочленения, на каждом звене отброшенная секция заменяется соответствующими силами и мо-

ментами. Динамика тягача, прицепа, а также промежуточного звена рассматривается по отдельности.

Продольно-угловые и поперечно-вертикальные углы взаимного перемещения звеньев при движении автопоезда по горизонтальному основанию не велики. В этой связи движение каждого звена как твердого тела, рассматривается в горизонтальной плоскости, с учетом угла подъема в направлении движения, на ровной недеформируемой опорной поверхности и складывается из поступательного и вращательного движения центра масс (рис. 1) [3, 4].

Для автомобиля-тягача:

$$\begin{cases} a_x = \dfrac{dV_x}{dt} - \omega_z V_y = \\ = \dfrac{1}{m}\left(\sum\limits_{i=1}^{8} R_{xi} - mg\sin(\alpha) + \vec{F}_{x1} - P_{wx}\right); \\ a_y = \dfrac{dV_y}{dt} + \omega_z V_x = \dfrac{1}{m}\left(\sum\limits_{i=1}^{8} R_{yi} + \vec{F}_{y1} - P_{wy}\right); \\ J_z \dfrac{d\omega_z}{dt} = \sum\limits_{i=1}^{8} M_{nki} + \sum\limits_{i=1}^{8} M(\vec{R}_i) + M_1; \\ V_{x'} = \dfrac{dx'}{dt} = V_x\cos\theta - V_y\sin\theta; \\ V_{y'} = \dfrac{dy'}{dt} = V_x\sin\theta + V_y\cos\theta; \\ \omega_z = \dfrac{d\theta}{dt}, \end{cases} \quad (1)$$

где m — масса звена; J_z — момент инерции звена относительно оси z; $\vec{V}$ — вектор скорости центра масс звена; $\vec{a}$ — вектор ускорения центра масс звена (абсолютная производная от вектора скорости центра масс звена); $\dfrac{d\vec{V}}{dt}$ — относительная производная от вектора скорости центра масс звена; $\vec{\omega}$ — вектор угловой скорости поворота звена; θ — угол поворота звена относительно оси X'; X', Y' — координаты центра масс звена в неподвижной системе координат; x—y — подвижная система координат, связанная со звеном; $\vec{R}_i$ — вектор силы взаимодействия с грунтом, действующей на i-е колесо; $\vec{P}_w$ — вектор силы сопротивления воздуха; M_{nki} — момент сопротивления повороту i-го колеса; F_{x1} — сила, действующая со стороны сцепного устройства по оси x; F_{y1} — сила, действующая со стороны сцепного устройства по оси y; M_1 — момент, передаваемый на корпус со стороны сил, действующих в сцепном устройстве.

Разработанная математическая модель движения автопоезда реализована в среде *Simulink* программного комплекса *Matlab*.

Представленные в [3] результаты численного моделирования на ЭВМ криволинейного движения автопоезда при двух вариантах системы управления прицепом подтвердили определяющее влияние системы управления прицепом на показатели маневренности автопоезда в целом. Однако для подтверждения достоверности полученных результатов и сформулированных выводов необходимо проведение экспериментальных исследований, на основе которых могут быть сделаны выводы об адекватности и точности разработанной математической модели движения автопоезда,

Таким образом, целью проведения экспериментальных исследований является, во-первых, определение характеристик криволинейного движения двухзвенного автопоезда в составе автомобиля-тягача с колесной формулой 8×8 и формулой рулевого управления 12-00 и шестиосного пассивного прицепного звена со всеколесным рулевым управлением, во-вторых, сравнение результатов, полученных в ходе натурных испытаний, с данными имитационного моделирования для оценки адекватности разработанной математической модели криволинейного движения автопоезда по недеформируемому ровному опорному основанию и определения ее точности.

В качестве объекта исследований выбрано двухзвенное транспортное средство в составе автомобиля-тягача марки МАЗ-7310 и прицепного модуля ЧМЗАП-83881. Исследуемый автопоезд эксплуатируется предприятием ООО "ОКБ "Спецтяжпроект", входящим в группу компаний "Спецтяжавтотранс", при перевозке специальных грузов различного назначения.

Общий вид исследуемого автопоезда и автомобиля-тягача непосредственно перед началом экспериментальных заездов представлен на рис. 2 и 3.

Прицеп ЧМЗАМ-83881 (см. рис. 2) предназначен для перевозки негабаритных тяжеловесных неделимых грузов и транспортных средств по дорогам с твердым покрытием. Допускается стыковка до шести модулей (два по ширине, три — в длину). На торцевой части каждого модуля установлен пульт ручного управления колесами (этот режим управления не является штатным, а выбирается по необходимости). Прицеп имеет следующие особенности конструкции [5]:

— подвеска — рычажная, гидробалансирная;

— тормоза: рабочий — барабанный, на все колеса, с пневмоприводом; стояночный — с пружинными энергоаккумуляторами, объединенными с тормозными камерами;

— колеса всех осей, управляемые от дышла.

Непосредственно перед проведением натурных испытаний автопоездом выполнялась транспортная за-

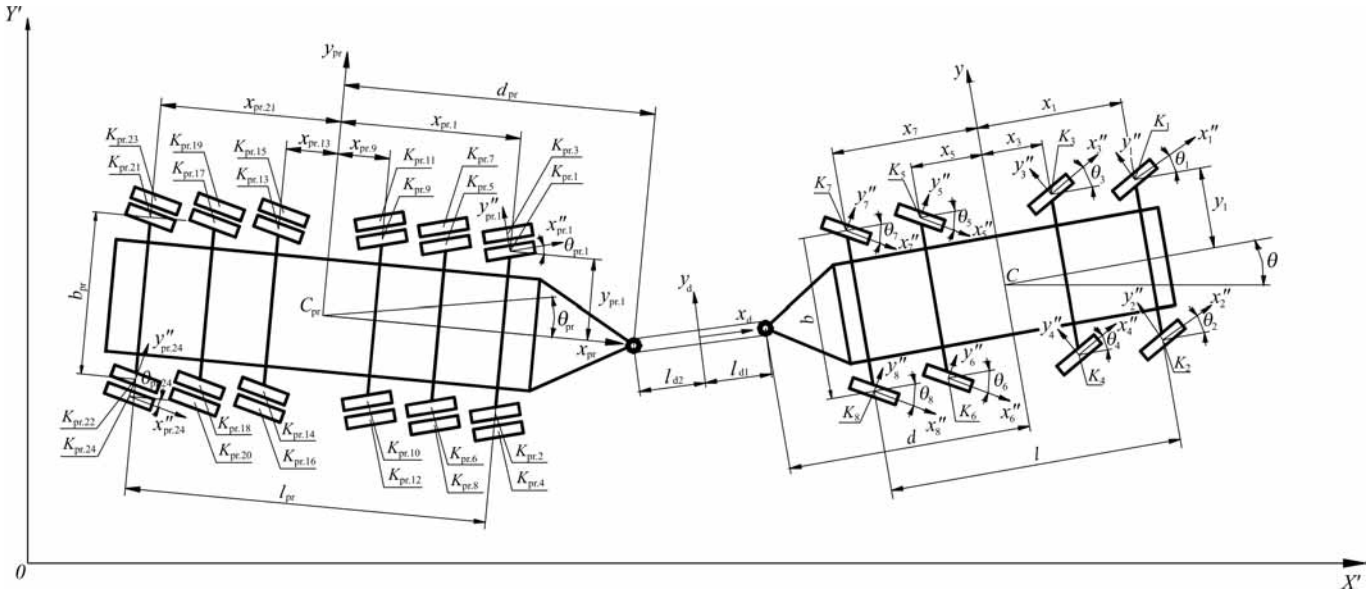


Рис. 1. Расчетная схема движения двухзвенного автопоезда с поворотным дышлом

Рис. 2. Общий вид двухзвенного автопоезда

дача по перевозке оборудования для ОАО "Загорская ГАЭС-2" (г. Сергиев Посад) ОАО "РусГидро". В рамках этих работ для прицепа была выбрана схема рулевого управления, при которой колеса двух крайних задних осей заблокированы от поворота в обе стороны (угол поворота всегда равен нулю), а колеса первых четырех осей организованы при повороте в рулевую трапецию, при этом полюс рулевого управления находится на последней оси прицепа. Колеса левого и правого бортов соответствующей оси поворачиваются на одинаковые углы вследствие складывания дышла. При проведении экспериментальных исследований схема рулевого управления прицепа изменениям не подвергалась.

Рис. 3. Общий вид автомобиля-тягача МАЗ-7310

Экспериментальные исследования проводились совместно сотрудниками кафедры "Колесные машины" МГТУ им. Н. Э. Баумана и ООО "ОКБ "Спецтяжпроект" на территории ОАО "Загорская ГАЭС-2" (г. Сергиев Посад) ОАО "РусГидро" на пригодной для отработки маневров открытой пло-

щадке, предварительно частично очищенной уборочной техникой от снега.

Испытания проводились в ясную погоду с температурой окружающего воздуха около –27 °С на ровной обледенелой асфальтированной площадке, полностью покрытой небольшим слоем снега. Перед началом испытаний исследуемый объект был предварительно прогрет пробегом в пределах нескольких кругов по экспериментальной площадке, в ходе которых была установлена вписываемость объекта исследований при маневрировании в заданные габариты и, как следствие, безопасность проведения испытаний.

Обычно для колесной автомобильной техники в качестве типовых маневров для исследования криволинейного движения в соответствии с [6] принимают "Переставка $S_п$ = 16,20 м" и "Поворот R = 25 и 35 м". Однако в данном случае в связи со спецификой объекта исследований эксперимент по правилам, определенным отмеченным нормативным документом, проведен быть не может. В этой связи при разработке методики испытаний за основу были взяты рекомендации, представленные в [7].

Программа испытаний статической маневренности автомобилей и автопоездов, представленная в [7], является достаточно полной для определения маневренных свойств автопоездов. В ней заложено:

— определение полной габаритной полосы движения на прямоугольном (эталонном) повороте влево и вправо;

— определение полной габаритной полосы движения на развороте и обратном направлении (на угол 180°) влево и вправо;

— испытание при движении задним ходом на прямолинейном участке.

При этом в [7] отмечено, что данная программа должна быть существенно расширена для всесторонних испытаний маневренных свойств автомобилей и автопоездов с учетом динамических взаимодействий системы.

Ориентируясь на изложенные в [7] рекомендации с учетом ограничений, обусловленных погодными условиями, местом проведения испытаний, имеющимся контрольно-измерительным оборудованием, методика проведения испытаний была скорректирована.

В рамках проводимых экспериментов исследовалось движение автопоезда при выполнении двух типов маневров: круговое движение с минимальным радиусом (далее — "Поворот") и перестроение на соседнюю полосу движения (далее — "Переставка").

Исследование маневра "Поворот с минимальным радиусом"

Поскольку прицепное звено транспортируется автомобилем-тягачом в пассивном режиме, траектория криволинейного движения автопоезда в повороте определяется конструкцией и характеристиками сцепного устройства, схемой рулевого управления прицепа и углом поворота управляемых колес тягача. Водитель, воздействуя на рулевое колесо, определяет свое намерение двигаться по той или иной траектории в желаемом направлении, складывание звеньев в характерных точках сцепного устройства для данного случая вызвано исключительно направлением движения активного задающего звена (в данном случае автомобиля-тягача), Таким образом, при заранее заданной и неизменной во всем диапазоне исследований схеме рулевого управления прицепа движение с минимальным радиусом возможно в том случае, когда колеса автомобиля-тягача повернуты на максимально возможные углы. Поворот с минимальным радиусом (рис. 4) в качестве исследуемого был принят по следующим причинам: ограниченность размеров испытательной площадки, а также исключение погрешностей при удержании водителем фиксированного угла поворота рулевого колеса во всем интервале исследований.

Перед началом заезда автопоезд был установлен в горизонтальное положение. Фиксация траектории производилась по перемещению базовых точек, в качестве которых были выбраны: последнее колесо внутреннего борта прицепа (T_1), первое колесо внешнего борта прицепа (T_2), последнее колесо внутреннего борта автомобиля-тягача (T_3), крайняя передняя точка автомобиля-тягача по внешнему борту (по бамперу) (T_4). Траектория фиксировалась путем расстановки отметчиков в определенных точках (T_{ji}). Оцен-

Рис. 4. Выполнение маневра "Поворот с минимальным радиусом" во время тестового заезда

ка траектории корректировалась по рисунку на опорной поверхности после прохода колес.

"Внутри" траектории была выбрана базовая точка C_0 (рис. 5), от которой в дальнейшем производились все измерения.

После 10 с начала движения с минимальной установившейся скоростью, равной приблизительно 3 км/ч, водитель осуществлял поворот рулевого колеса в крайнее левое положение. Фиксировалось время поворота рулевого колеса.

В процессе движения по радиусу по команде координатора в характерных точках расставлялись отметчики траектории. Движение было остановлено, когда автопоезд преодолел сектор с углом 100° от начального положения. Расстановка отметчиков траектории носила вспомогательный характер, потому что при движении автопоезда каждое из колес звена оставляло четкий след на снежном покрове.

Полученные данные были занесены в соответствующий протокол испытаний с разметкой, идентичной натурной на испытательной площадке.

Исследование маневра "Переставка"

При выполнении маневра "Переставка" (рис. 6) из начального положения при поддержании такой же скорости, что и при круговом движении, автопоезд 10 с двигался прямолинейно (водитель старался вести машину с минимальным воздействием на органы управления). Далее углы поворота колес автомобиля-тягача изменялись по закону, представленному на рис. 7.

Положение рук водителя на рулевом колесе не фиксировалось, перехват рулевого колеса допускался только при достижении угла поворота, при котором происходит предельное перекрещивание рук. Движение автопоезда прекращалось, когда прицеп вслед за автомобилем-тягачом вышел на линию прямолинейного движения.

Фиксировались габаритная ширина коридора по двум характерным точкам: заднее колесо внешнего борта прицепа и крайняя передняя точка автомобиля-тягача по внешнему борту (по краю кабины), а также длина коридора до полного перестроения в соседнюю полосу (рис. 8).

Регистрируемые параметры

При маневре "Поворот"

Определение положения опорной базовой точки C_0; l_{1i} — расстояния от точки C_0 до i-х положений (T_{1i}) базовой точки T_1; l_{2i} — расстояния от точки C_0

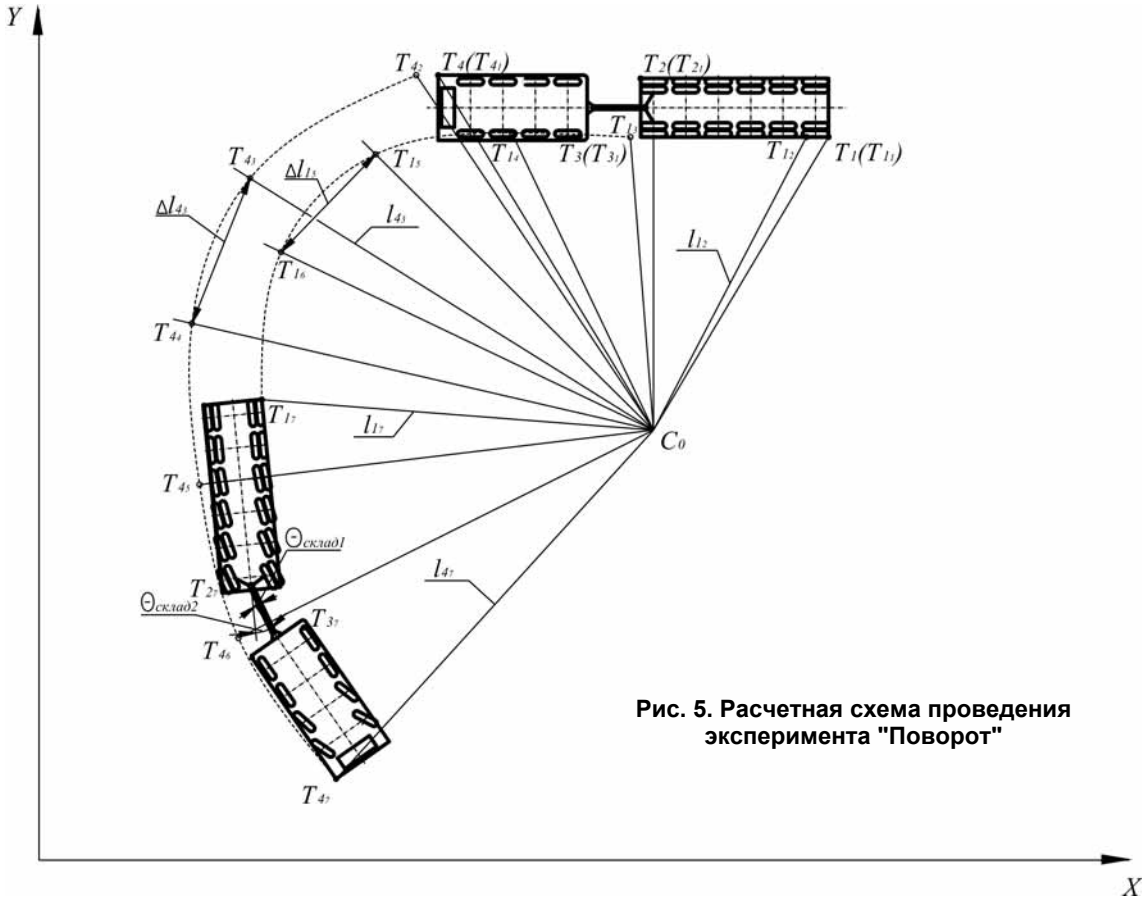


Рис. 5. Расчетная схема проведения эксперимента "Поворот"

Рис. 6. Выполнение маневра "Переставка"

до i-х положений (T_{2i}) базовой точки T_2; l_{3i} — расстояния от точки C_0 до i-х положений (T_{3i}) базовой точки T_3; l_{4i} — расстояния от точки C_0 до i-х положений (T_{4i}) базовой точки T_4; Δl_{1i} — расстояния между i-ми ближайшими точками траектории базовой точки T_1; Δl_{2i} — расстояния между i-ми ближайшими точками траектории базовой точки T_2; Δl_{3i} — расстояния между i-ми ближайшими точками траектории базовой точки T_3; Δl_{4i} — расстояния между i-ми ближайшими точками траектории базовой точки T_4; t — время выполнения заезда; $t_р$ — время поворота руля до упора; $\Theta_{склад1}$ — угол складывания дышла относительно продольной оси автомобиля-тягача; $\Theta_{склад2}$ — угол складывания дышла относительно продольной оси прицепа.

При маневре "Переставка"

B — ширина габаритного коридора движения по крайним точкам (передняя точка левого борта автомобиля-тягача — задняя точка правого борта прицепа); L — длина коридора при перемене полосы движения.

При проведении испытаний использовалось следующее измерительное оборудование:

— механический мерительный инструмент для определения геометрических размеров — линейка металлическая, рулетка металлическая измерительная фирмы *"Stabila 49W"* (20 м);

— в качестве отметчиков (регистраторов) траектории использовались пластиковые бутылки, заполненные водой (рис. 9). С целью наглядности и облегчения процесса регистрации параметров отметчики были раскрашены в два цвета (белый и красный);

— штатив для фиксации видеоаппаратуры, лазерного дальномера и обозначения базовой для системы отчета точки;

— электрический секундомер ЧС-01 с дискретностью отсчета времени 0,01 с, для замера времени выполнения маневра и поворота рулевого колеса;

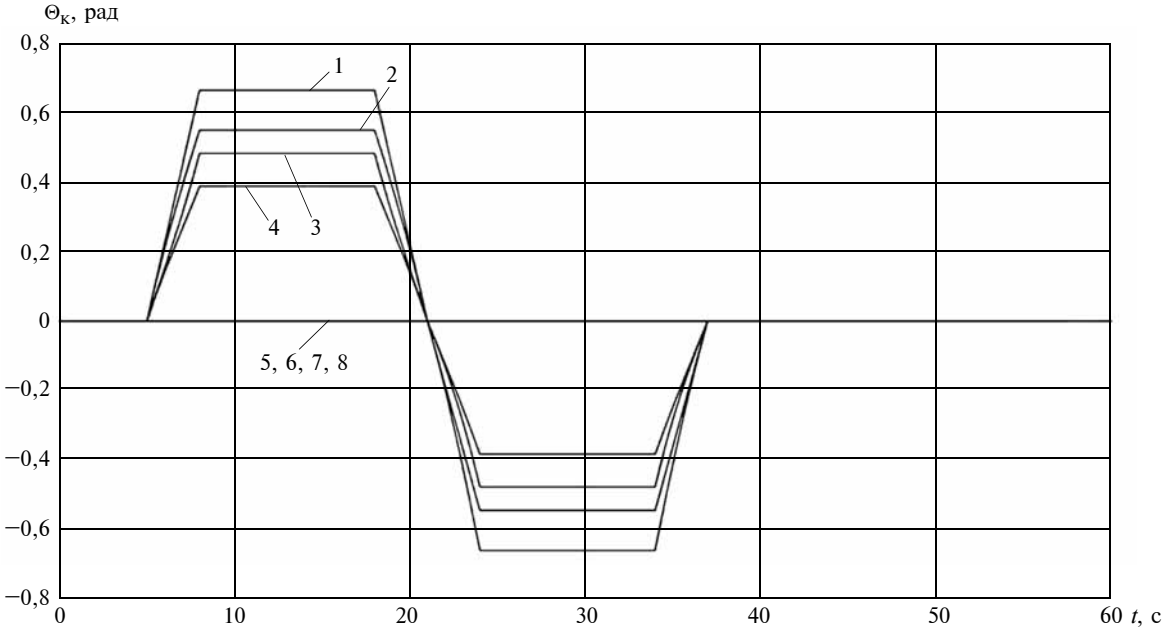


Рис. 7. Закон управления поворотом колес при выполнении маневра "Переставка"

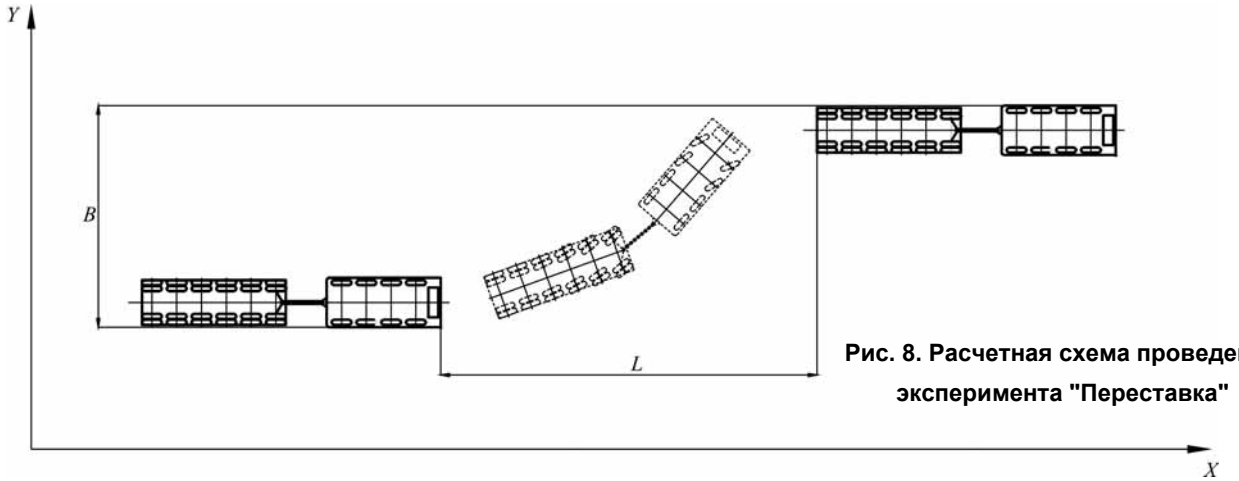


Рис. 8. Расчетная схема проведения эксперимента "Переставка"

— для измерения линейных размеров использовался цифровой лазерный дальномер *Bosch DLE 50 Professional*. Погрешность измерений лазерного дальномера Bosch DLE 50 по паспорту составляет ± 1,5 мм;

— видеокамера *Canon HV20* для регистрации проводимых экспериментов.

В табл. 1 и 2 представлены данные экспериментальных исследований по двум видам маневров "Поворот" и "Переставка" в соответствии с принятой методикой испытаний.

Экспериментальные данные по выполнению маневра "Поворот" — это среднее арифметическое значение по результатам трех заездов при заданной скорости. Для каждого заезда значение регистрируемой величины было получено путем осреднения массива данных при установившемся движении.

По данным, представленным в табл. 1, были построены траектории базовых точек автомобиля-тягача (рис. 10, *а*) и прицепного звена (рис. 10, *б*). Рис. 11 иллюстрирует совмещение траекторий по рис. 12.

На внутреннем языке программирования среды *Matlab* создана программа, позволяющая визуализировать процесс движения автопоезда по результатам проведенных вычислительных экспериментов.

По результатам вычислительного эксперимента, при котором скоростные параметры и управляющие воздействия в точности повторяли натурный эксперимент, была построена траектория движения автопоезда при выполнении маневров "Поворот" (см. рис. 12) и "Переставка" (рис. 13). Для сравнения результатов

Таблица 1

Исследование маневра "Поворот"

Расстояния от C_0 и между точками, м	№ базовой точки			
	1	2	3	4
l_{1j}	16	15,8	13	21,85
Δl_{1j}	4,3	9,2	9,1	11,6
l_{2j}	13,85	18	18	26,5
Δl_{2j}	5,7	7,4	6	9,4
l_{3j}	12,5	21,2	20,1	26
Δl_{3j}	6,1	12,9	10,5	17,2
l_{4j}	13,6	22,2	19	19,4
Δl_{4j}	8,8	8,7	7,3	9,5
l_{5j}	16,3	20	15,8	16,7
Δl_{5j}	5,7	—	—	—
l_{6j}	15,6	—	—	—
Δl_{6i}	6,3	—	—	—
l_{7j}	14	—	—	—

Рис. 9. Разметка траектории движения автопоезда (до и после заезда)

Таблица 2

Исследование маневра "Переставка"

Параметр	Тип исследования	
	Теоретическое	Экспери-ментальное
L, м B, м	33,4 21,8	29,7 19,2

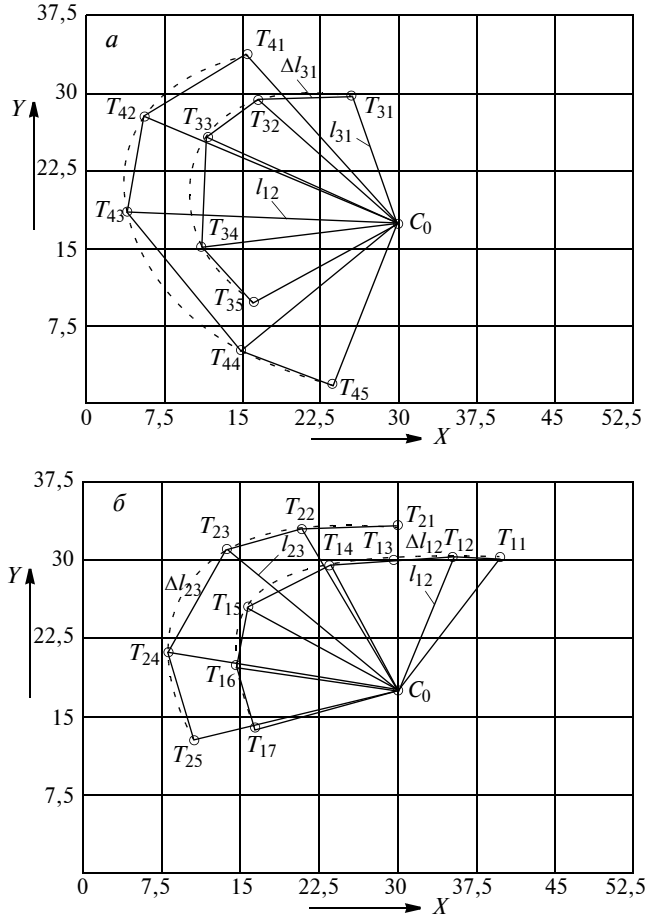


Рис. 10. Траектории базовых точек автомобиля-тягача и прицепного звена:

а — автомобиль-тягач; *б* — прицепное звено

экспериментальных и теоретических исследований при выполнении маневра "Поворот" полученные в ходе расчетов траектории базовых точек были совмещены с данными натурных исследований, показанных на рис. 10 (рис. 14).

Сходимость теоретических и экспериментальных результатов была оценена по совпадению координат базовых точек (см. рис. 14). Для каждого положения всех базовых точек было определено расхождение между теоретическим и экспериментально определенным расстоянием до опорной точки C_0.

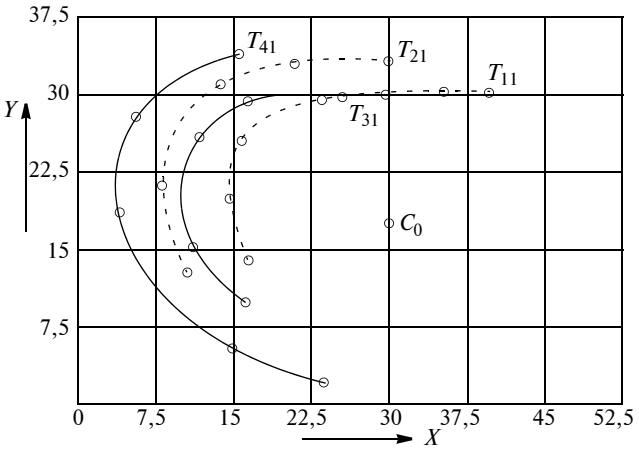


Рис. 11. Траектории базовых точек тягача и прицепа

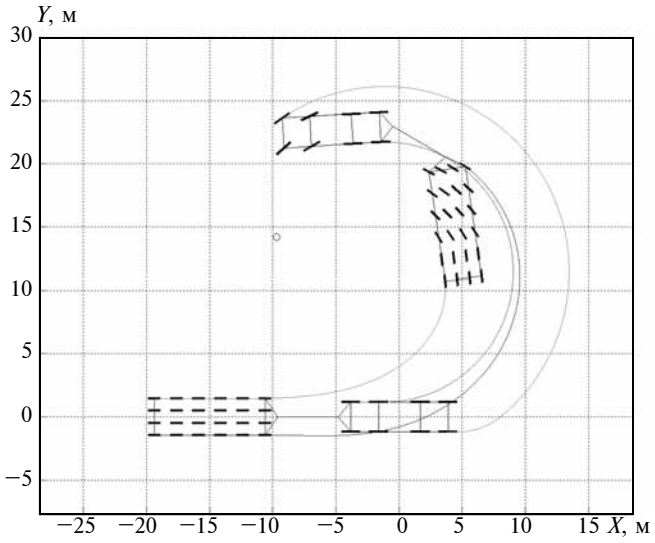


Рис. 12. Траектория движения автопоезда при выполнении маневра "Поворот"

Угол складывания дышла относительно продольной оси прицепа ($\Theta_{склад2}$) по результатам проведенных исследований при выполнении маневра "Поворот" после остановки автопоезда составил 54°.

Полученные в ходе эксперимента данные при криволинейном движении исследуемого автопоезда на ровном недеформируемом опорном основании имеют приемлемую сходимость с результатами расчетов для двух исследуемых видов маневров "Поворот" и "Переставка". Расхождение по основным кинематическим показателям не превышает 12 %. Например, по траектории движения базовой точки T_1 (при выполнении маневра "Поворот") — 6 % для всех фиксированных положений данной базовой точки; по ширине коридора движения (по точкам T_1—T_4) (при выполнении маневра "Переставка") —

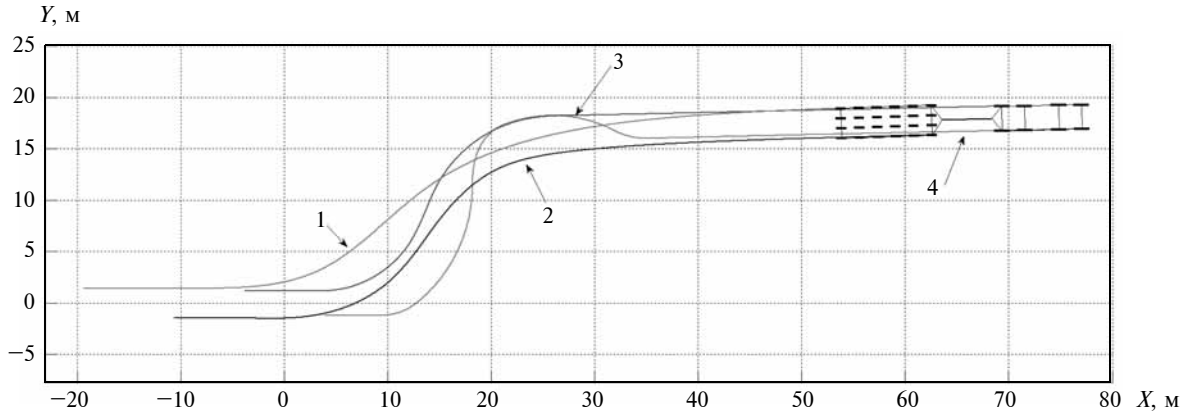


Рис. 13. Траектория движения автопоезда при выполнении маневра "Переставка"

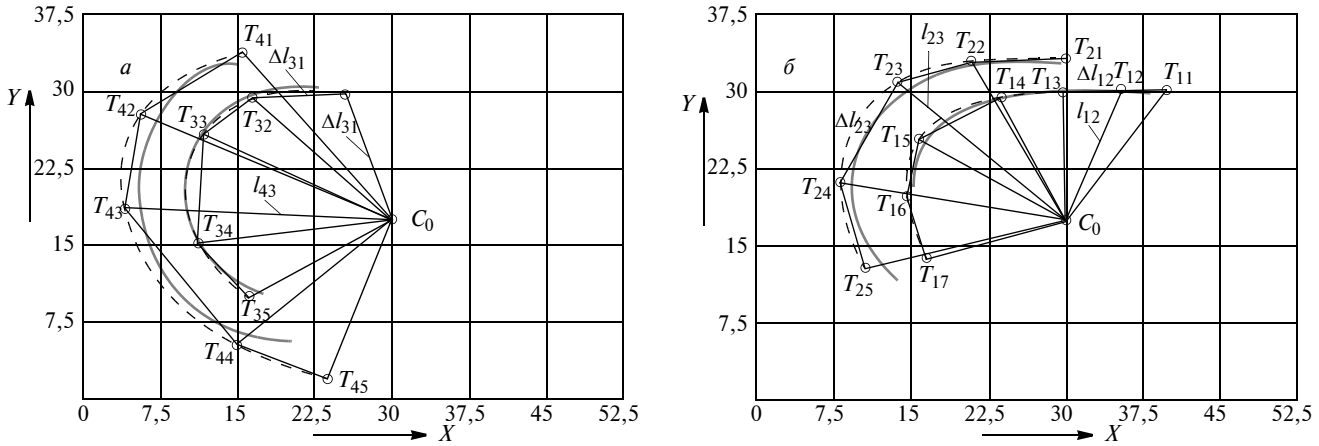


Рис. 14. Сравнительная оценка траекторий движения звеньев автопоезда при натурном и вычислительном эксперименте:
а — автомобиль-тягач; *б* — прицепное звено

11 %; по углу складывания ($\Theta_{склад2}$) дышла относительно продольной оси прицепа (при выполнении маневра "Поворот") — 5 %; по длине пути до полного перестроения в соседнюю полосу (по точке T_4) (при выполнении маневра "Переставка") — 12 %.

Сравнение результатов, полученных в ходе экспериментальных и теоретических исследований в различных условиях, позволило сделать вывод об адекватности разработанной модели и пригодности ее при прогнозировании характеристик криволинейного движения автопоездов на стадиях проектирования, а также при исследовании эффективности работы различных законов и алгоритмов для систем рулевого управления (как отдельно для колес прицепного звена при штатной системе управления тягача), так и при совместных оригинальных системах рулевого управления автопоездов (например, при всеколесном рулевом управлении автомобиля-тягача или при автоматическом управлении поворотом колес прицепа).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гладов Г. И., Петренко А. М.** Специальные транспортные средства: Теория: Учебник для вузов. / Под ред. Г. И. Гладова. — М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. — 215 с.
2. **Закин Я. Х.** Прикладная теория движения автопоезда. — М.: Транспорт, 1967. — 252 с.
3. **Горелов В. А., Тропин С. Л.** Математическая модель криволинейного движения автопоезда по недеформируемому опорному основанию // Журнал ассоциации автомобильных инженеров. — 2011. — № 5. — С. 18—22.
4. **Горелов В. А.** Научные методы повышения безопасности и эффективности движения многоосных колесных транспортных комплексов: Дис. ... докт. техн. наук: 05.05.03. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. — 336 с.
5. **Краткий** автомобильный справочник / А. Н. Понизовкин, Ю. М. Власко, М. Б. Ляликов и др. — М.: АО "ТРАНСКОНСАЛТИНГ", НИИАТ, 1994. — 779 с.
6. **ГОСТ Р 52302—2004.** Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. — 31 с.
7. **Закин Я. Х.** Маневренность автомобиля и автопоезда. М.: Транспорт, 1986. — 137 с.

УДК 662.754:547.27

Ю. В. Черняховская, канд. экон. наук, Российское Энергетическое Агентство,
С. В. Юданов, канд. экон. наук, компания "Волво"

ДИМЕТИЛОВЫЙ ЭФИР (ДМЭ) КАК ТРАНСПОРТНОЕ ТОПЛИВО: ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ ДЛЯ РОССИИ И НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ ФИРМЫ "ВОЛЬВО"

Необходимость использования возобновляемых видов топлива в качестве дополнения к ископаемым источникам топлива для транспорта, снижение выбросов канцерогенных газов и другие факторы побуждают производителей топлив, транспортных средств, общественные организации и государственные учреждения активнее включаться в работу по нахождению альтернатив традиционным видам топлива, их сравнительной оценке и подготовке к внедрению в практику.

Ключевые слова: *дизельное топливо, биотопливо, генераторный газ, автобус, грузовик.*

Для многих эта тематика относительно нова, поэтому на сегодняшний день подходы к такой работе часто не отличаются систематичностью и дальновидностью. Иногда краткосрочные критерии сравнительных оценок становятся предпочтительнее долгосрочных, как, например, в случае кажущейся привлекательности перехода на синтетическое дизельное топливо, не требующее изменений конструкции транспортных средств или оборудования заправочных станций.

Аналитикам государственного значения приходится работать в условиях лоббистских давлений со стороны бизнеса, преследующего узконаправленные или краткосрочные цели. Выбрав стратегически важные критерии сравнения и собрав в едином анализе наиболее широко дискутируемые альтернативы, можно, в частности, наблюдать широту разброса параметров (рис. 1), отражающую факт того, что многие топлива и способы их получения предлагают вовсе не в целях достижения максимальной пользы для общества. Без сомнения, одним из основных критериев, отражающих такую пользу, является суммарная энергетическая эффективность Е всего цикла конверсии энергии — от ее исходных затрат на производство сырья и топлива и до получения транспортной или иной механической работы. Очевидно также, что величина Е для экономики в целом не менее важна, чем КПД самих двигателей, являющийся неотъемлемой частью Е.

На графике (рис. 1) на оси абсцисс фактически отложена Е. Рассмотрев график, можно увидеть, в частности, что большинство топлив заметно различаются между собой по этому параметру. Насколько же существенны эти различия?

Здесь можно провести параллели с известными реалиями транспортного сектора.

1. Дизельный ДВС полностью вытеснил бензиновый из коммерческого транспорта на суше и на море, несмотря на свою бóльшую сложность и стоимость, в основном благодаря лучшему КАД (на 20—30 %).

2. Городской автобус с лучшим (на 25—35 %) по общему расходу топлива КПД (как в случае приме-

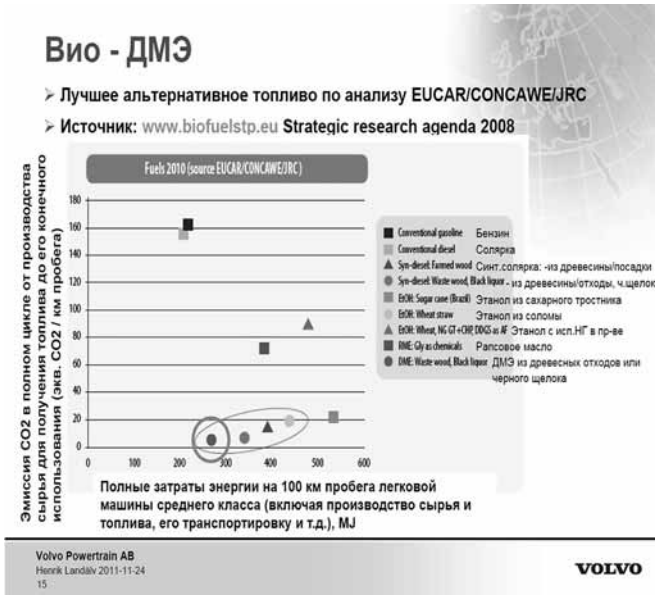


Рис. 1. Сравнение топлив по суммарной энергетической эффективности и эквивалентным выбросам CO_2

нения гибридной силовой установки) оценивается западными покупателями на 30—40 % выше.

3. Лучшая топливная экономичность автомобиля на 5 % является грандиозным конкурентным преимуществом на западном рынке тяжелых грузовиков, где затраты на топливо намного выше, чем у городских автобусов.

В свете этих примеров лучшее альтернативное топливо (см. рис. 1) — диметилэфир (ДМЭ) из черного щелока — просто недосягаемо для всех остальных конкурентов, включая самого ближайшего из них, а именно: синтетическое дизельное биотопливо (СДТ) из черного щелока, имеющее, по крайней мере, на 20 % худшую Е.

Необходимо отметить, что эта разница определяется большей эффективностью процесса синтеза ДМЭ из генераторного газа по сравнению с синтезом СДТ из того же генераторного газа, и, как следствие, она остается той же самой при сравнении ДМЭ и СДТ, получаемых из ископаемого углеводородного сырья, например природного газа.

На следующем этапе интерес представляет более детальный сравнительный анализ топлив, включающий рассмотрение остальных существенных для общества и экономики факторов. Результаты такого анализа, выполненного компанией "Вольво" с использованием данных из авторитетных независимых источников и на основании собственного практического опыта разработки автомобилей, работающих на всех возможных альтернативных топливах, приведены на рис. 2 в форме пятибалльной системы оценок. Рассмотрев рис. 2, также можно сделать вывод о большой перспективности ДМЭ.

Естественен вопрос: почему в списке рассматриваемых альтернатив присутствуют также и те, что по результатам анализов выглядят очевидными аутсайдерами? Одна из причин заключается в том, что в некоторых странах (регионах) уже работают предприятия по производству не самых лучших альтернативных топлив. Здесь же сформировались соответствующие мощные корпоративно-политические интересы, а возможно, отсутствуют удобные природные и иные условия для инициатив по внедрению лучших вариантов. Интересна поэтому оценка российских условий по перспективам производства ДМЭ и био-ДМЭ и использования его как транспортного топлива. Тем более что интерес к нему в мире, в частности, со стороны морских транспортных компаний из года в год растет.

Говоря о возможностях производства ДМЭ в России, мы не будем останавливаться на чрезвычайно интересной в перспективе цепочке: природный газ—метанол—ДМЭ, а рассмотрим возобновляемые источники. И в первую очередь, конечно, тот из них, что при культивации дает жизнь на Земле. Речь о лесе — источнике естественного фотосинтеза.

Российский лесопромышленный комплекс пока еще далек от самых современных и эффективных производств, это вкупе с неосвоенностью территорий, отсутствием дорог и прочими факторами ограничивает освоение расчетной лесосеки всего лишь одной четверти (а это 600 млн м^3 годового объема добычи древесины, не приводящей к истощению запасов леса). При этом из лесоразработок не вывозят ни отходы лесосеки, ни неделовую древесину. Отходы же деревообрабатывающих производств используются лучшими из них только на 30 %.

Общее количество теряемой таким образом древесной биомассы, принимая, что 30 % отходов используется всеми предприятиями деревообработки, оценивается в 140 млн т в год.

Даже не считая неиспользуемые ресурсы высококачественной биомассы в виде черного щелока, которые представляются огромными, а также не

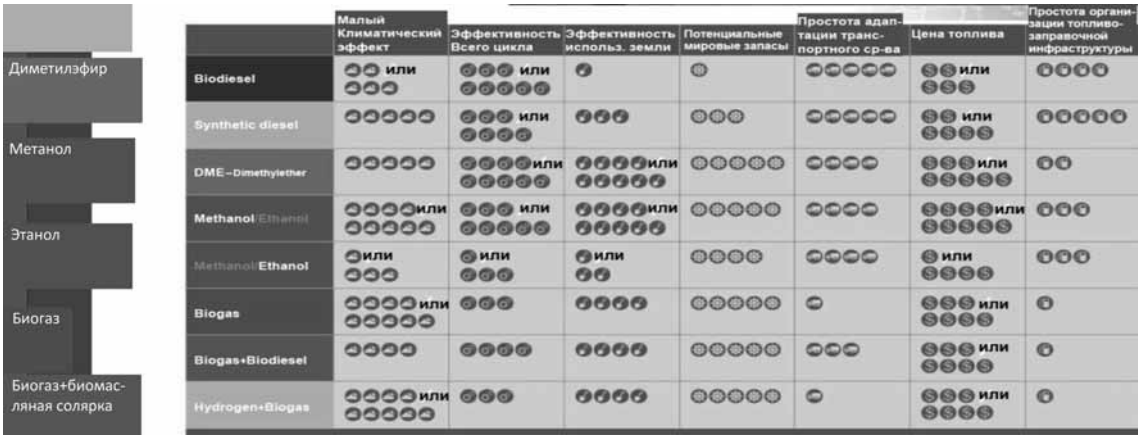


Рис. 2. Критериальная оценка топлива

учитывая некоторые иные потери, специалисты оценивают, что переработка в ДМЭ всей теряемой в России древесной биомассы, по самым скромным подсчетам, обеспечила бы топливом около 430 тыс. тяжелых грузовиков в год. Для сравнения: общее количество проданных в 2011 г. в Европе (Европа-29) и Северной Америке новых тяжелых грузовиков составило приблизительно 450 тыс. единиц. Вот почему можно смело утверждать, что внедрение ДМЭ в российских условиях весьма привлекательно как в коммерческом (переработка теряемых сейчас отходов в прибыльный продукт, а в будущем — в экспертно-значимый), так и в социальном (создание новых высокотехнологичных производств и рабочих мест, причем в основном в отдаленных регионах) планах, не говоря уже об экологии. Использование био-ДМЭ в качестве топлива снижает суммарные выбросы CO_2 на 95 % по сравнению с дизельным топливом, соляркой и позволяет относительно легко обеспечить надежное выполнение норм Евро 5 по суммарным выбросам с ОГ и Евро 6 по твердым частицам.

Интересным свойством является также менее неблагоприятный вектор изменения вредных выбросов, связанный с износом или поломкой топливной аппаратуры. Если неисправность топливной аппаратуры, работающей с дизельным топливом, ведет к быстрому и часто катастрофическому увеличению дымности ОГ двигателей без чувствительного ухудшения экономичности, то при использовании ДМЭ неисправность топливной аппаратуры повлияет на экономичность двигателя, тогда как дымность не увеличится вообще, а большее количество СО легко преобразуется простым окислительным нейтрализатором. Таким образом, плохое техническое состояние транспортного средства будет бить в первую очередь по карману его собственника. а не по здоровью окружающих.

Переходя от перспектив производства ДМЭ как топлива к его использованию в России нельзя не отметить, что ДМЭ для решения экологических проблем больших городов уже прошли успешные испытания [2]. В 2005 г. были подтверждены возможности российских организаций по конструированию, производству и эксплуатации автомобилей, работающих на ДМЭ. Также была подтверждена возможность использования базы пропан-бутановых заправочных станций.

Развитие инфраструктуры заправок является одним из ключевых вопросов для распространения ДМЭ. На первом этапе эта задача может быть относительно легко разрешена в системе городского общественного транспорта, а также в производственно-территориальных кластерах на основе, к примеру, лесозаготовительных предприятий на востоке России.

Вопрос наличия транспортных ДМЭ-технологий за пределами России частично освещен в [1] на примере проекта био-ДМЭ. В настоящее время в Швеции коммерчески эксплуатируются девять тяжелых ДМЭ-грузовиков "Вольво" как в отдаленных северных районах страны, так и на юге. На время написания статьи их общий пробег составлял 290 000 км. Самый протяженный пробег отдельной машины составлял 84 000 км.

Параметры машин, работающих на ДМЭ, с точки зрения потребителя, по меньшей мере не хуже, чем у стандартных грузовиков, за исключением пробега на одной заправке, которая пока ограничена примерно 800 км при полной нагрузке. Автомобили продемонстрировали хорошие показатели износостойкости деталей двигателей. При конструировании автомобилей особенное внимание было уделено безопасности, в том числе и в момент возникновения неисправностей. Одной из иллюстраций результата этой работы является такой пример: можно нормально эксплуатировать грузовик даже при появлении трещины носика распылителя по всей длине седла с обеих сторон. Это (так же как и отсутствие в данном случае дымности) подтверждено испытаниями. Такой эффект достигнут благодаря использованию специальных форсунок аккумуляторной топливной аппаратуры, имеющих функцию разгрузки распылителя. Конструкция оборудована также автоматическими изоляционными клапанами, защищающими от повышенного давления топлива в баке. Вот почему за все время эксплуатации грузовиков ни разу не возникало проблем, связанных с возможными утечками ДМЭ-систем, которые обычно считаются слабым звеном.

"Вольво" продолжает ДМЭ-разработки, в частности, по достижению норм Евро 6 в возможно более простых вариантах. В настоящее время грузовики соответствуют нормам Евро 5. Другие направления работ включают совершенствование топливных баков для увеличения пробега, программ управления двигателем, улучшение и упрощение топливной аппаратуры и ее компоновки на двигателе с целью снижения затрат и стимуляции серийного производства ДМЭ-грузовиков и автобусов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Юданов С. В.** Перспективы использования альтернативных автомобильных топлив. — Сборник научных трудов МАДИ. — М., 2011 г.
2. **Смирнова Т. И.** Опыт разработки и эксплуатации автомобилей-рефрижераторов ЗИЛ-5301, работающих на ДМЭ — к докладу на конференции Альтернатив-

Цикл статей

УДК 525:855:577:4

А. В. Кочетков, д-р техн. наук, проф., Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
С. П. Аржанухина, канд. техн. наук, **А. В. Бобков**, ФГУП "РОСДОРНИИ"
E-mail: soni.81@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЗВОДНОГО ХЛОРИСТОГО КАЛЬЦИЯ

В настоящее время в России продолжает оставаться актуальной проблемой высокая аварийность на автомобильных дорогах. Эта проблема приобрела статус государственной важности. Россия находится на территории, подверженной в зимний период воздействию холода, особенно при низких температурах. В это время возникает зимняя скользкость, связанная с замерзанием воды на поверхности дорожного покрытия или влаги из воздуха.

Ключевые слова: *безопасность дорожного движения, зимнее содержание, автомобильные дороги, зимняя скользкость, гололед, противогололедные материалы.*

(Рисунки на 2-й и 3-й полосах обложки)

Гололед, иней, рыхлый снег, уплотненный снег, снежный накат, уплотненные неровности приводят к увеличению сопротивления движению, расходу топлива, уменьшению коэффициента сцепления, скорости и пропускной способности автомобильных дорог, увеличению числа ДТП, человеческих жертв и порче грузов [1].

На гололедоопасных участках коэффициент сцепления падает до 0,05—0,1 (при норме от 0,3 до 0,7). Резко увеличивается риск возникновения ДТП — аварий, столкновений, съездов на обочины. Опасности подвергаются не только водители автомобилей, но и пешеходы — много людей получают травмы. Чаще других страдают люди пожилого возраста и инвалиды.

Применяемые при борьбе с зимней скользкостью компоненты противогололедных материалов (ПГМ) распределяются в почве, попадают в водоемы, на корни растений и являются источником негативного влияния на окружающую среду. Поэтому основная задача зимнего содержания (борьба с зимней скользкостью) и мониторинг распределения ПГМ являются актуальными [2].

Применение фрикционных материалов — песка, отсева щебня — обеспечивают лишь кратковременный эффект увеличения коэффициента сцепления. Для примораживания фрикционных материалов ко льду применяют хлористый натрий. Однако весной распределенный ранее песок остается на поверхности дорожного покрытия, забивает ливневую канализацию, является источником загрязнения транспортных средств, одежды пешеходов. В результате этого образуется пыль, которая провоцирует аллергические заболевания.

Результатом борьбы с зимней скользкостью являются: повышение или обеспечение требуемого коэффициента сцепления; создание условий для удаления зимней скользкости с дорожного полотна; растопление или расплавление снежно-ледяного отложения; удаление проявлений зимней скользкости.

В качестве известного примера влияния инноваций на повышение безопасности дорожного движения (по причине дорожных условий) можно привести данные о статистике ДТП до и после обработки дорожного покрытия ПГМ на основе чистых солей. Типовая статистика ДТП до и после обработки дорожного покрытия ПГМ представлена на рис. 1.

Типовые продольные профили участков асфальтобетонных автомобильных дорог, покрытых снегом и наледью, а также тонким слоем плотного снега, представлены на рис. 2 [2].

В таблице приведены дисперсии высот неровностей для типовых участков автомобильных дорог.

Образовавшееся снежно-ледяное отложение (СЛО) существенно увеличивает неровности на дорожном покрытии, при этом с увеличением разновы-

сотности неровностей возрастает коэффициент динамичности, снижается скорость транспортного потока и пропускная способность дороги.

На практике применяются различные виды технологий и материалов для зимнего содержания. Применение только песка ограничено всего лишь одним часом его эффективной работы. Далее он сдувается или отбрасывается. Применение песка увеличивает коэффициент сцепления с 0,05 до 0,25, который через час становится равным 0,05—0,1. Чтобы удержать песок, дополнительно применяют соль, которая растапливает лунку, и песчинки примораживаются ко льду. Вмороженный песок обеспечивает шероховатость и коэффициент сцепления. В настоящее время существенно возросли затраты на транспортировку песка вследствие ужесточившихся нормативных требований к его гранулометрическому составу. Весной распределенный ранее песок забивает ливневку, засыпает бордюры и съезды, загрязняет автомобили, пешеходов, животных, элементы дорожной обстановки. Песок, поднятый ветром, провоцирует вспышки аллергических заболеваний.

Одной из форм борьбы с зимней скользкостью является применение каменной крошки из изверженных (гранит) или осадочных (мрамор) пород в г. Москве (рис. 3).

В странах, где зимнему содержанию дорог и мостовых сооружений уделяется большое внимание (США, Канада, Швеция, Финляндия), кроме хлористого натрия, используются хлориды кальция, магния и их смеси. Наиболее эффективным практическим способом ликвидации гололеда на дорожных покрытиях является химический способ, основанный на обработке дорожного покрытия ПГМ в виде солевых составов, проводимый с учетом природных условий, наличия техники, оборудования, профилактики образования зимней скользкости, а также состояния дорожного покрытия. Обработка приводит к переводу снежно-ледяных отложений в жидкое или разрыхленное состояние, к возможности своевременной очистки дорожного покрытия после химической обработки [3]. В состав ПГМ входит ингибитор коррозии.

Мероприятия по поддержанию автомобильных дорог в требуемом состоянии оказываются успешными и эффективными при условии оптимального с точки зрения экологической безопасности использования химического способа, планомерной и правильной организации системы хранения сертифицированных ПГМ, создания надлежащих, жестко контролируемых условий приготовления рабочих смесей ПГМ, их транспортировки и своевременного распределения.

Применяемые ПГМ не должны увеличивать экологическую нагрузку на окружающую природную среду (зеленые насаждения) и оказывать токсичное действие на человека и животных, не должны вызывать увеличения агрессивного воздействия на металл, бетон, кожу, резину. Для ПГМ, полученных из часто встречающихся в природе веществ, критерием экологической безопасности является недопущение превышения предельно допустимых концентраций; для материалов, не относящихся к ним, даже для малых концентраций существует риск существенного влияния на окружающую среду [3].

Отметим, что согласно ОДМ "Рекомендации по обеспечению экологической безопасности в придорожной полосе при зимнем содержании автомобильных дорог (введены в действие распоряжением Минтранса России от 17.11.2003 № ИС-1007-р)" при наличии в дорожном хозяйстве ассортимента ПГМ предпочтение следует отдавать хлористому кальцию. Согласно ОДМ степень отрицательного воздействия ПГМ на природную среду уменьшается в следующей последовательности: хлористый натрий, хлористый кальций, хлористый магний, природные озерные и подземные рассолы, мочевина.

С учетом результатов исследований Б. А. Дмитревского проведен анализ характеристик применяемых и низкотемпературных ПГМ. Выявлены основные эксплуатационные и теплофизические характеристики компактированного гранулированного ПГМ на основе трех частей выпарного NaCl и одной части безводного $CaCl_2$. Выявлен механизм его взаимодействия с проявлением зимней скользкости в виде функции теплового сверла.

Сформулирована задача изучения процесса взаимодействия активно выделяющей тепло в процессе кристаллогидратации гранулы ПГМ и снежно-ледяного отложения. При этом под действием собственного веса гранула может опускаться вниз сквозь слой льда со скоростью до 5 см/ч [3].

Основным компонентом гранул является обезвоженный хлористый кальций $CaCl_2$, который имеет преимущества перед NaCl и KCl: наибольшая скорость проникновения соли в лед при всех температурах от –4° до –18°С; наибольшая скорость таяния льда. Растворение $CaCl_2$ происходит быстрее, чем NaCl. $CaCl_2$ гигроскопичен, при температуре воздуха от 0 до –9°С он абсорбирует влагу, пока не растворится при влажности воздуха 42 % и выше, в то время как NaCl начинает абсорбировать влагу при влажности 76 % и выше. При взаимодействии с влагой безводного $CaCl_2$ выделяется большое количество тепла с образованием двух-, четырех- и шестиводных кристаллогидратов. Эффект тепловыделения для $CaCl_2$ при взаимодействии со СЛО иллюстрируется рис. 4.

Процесс растворения NaCl идет с поглощением тепла и протекает очень медленно и после того, как на

Дисперсии высот неровностей для типовых участков автомобильных дорог [2]

№ п/п	Тип дорожного полотна	Дисперсия высот неровностей ($см^2$)		
		Скорость (км/ч)		
		20	30	40
1	Асфальтобетонное покрытие в хорошем состоянии	0,027	0,046	0,065
2	Асфальтобетонное покрытие в удовлетворительном состоянии	0,048	0,092	0,135
3	Разбитое асфальтобетонное покрытие	0,306	0,488	0,73
4	Асфальтобетонное покрытие в хорошем состоянии	0,078	0,137	0,174
5	Брусчатая мостовая в удовлетворительном состоянии	0,047	0,059	—
6	Асфальтобетонное покрытие с волнами	0,046	0,08	0,103
7	Асфальтобетонное покрытие под тонким слоем плотного снега	0,114	0,17	0,401
8	Асфальтобетонное покрытие под снегом и наледью	0,156	0,258	0,26

поверхности кристалла образуется жидкая пленка. Скорость растворения соли можно увеличить несколькими способами, например, предварительно смочив NaCl раствором $CaCl_2$.

Освоенный в производстве ООО "Зиракс" (г. Волгоград) компактированный (спрессованный) состав из трех частей NaCl и одной части безводного $CaCl_2$ (АЙСМЕЛТ, хлористый кальций-натрий модифицированный — ХКНМ) осуществляет таяние льда быстрее, чем NaCl, и растапливает льда больше, чем каждая из этих солей в отдельности. Смесь $CaCl_2$ и NaCl проникает в слой льда за два часа в диапазоне температур до −33,5 °С значительно глубже, чем каждый из этих двух ПГМ в отдельности.

Компактированный ПГМ понижает температуру замерзания воды и эффективно работает при температурах до −20 °С. Благодаря его свойствам гранулы глубже проникают сквозь лед к поверхности дорожного покрытия, и раствор разрушает сцепление льда и покрытия, что способствует облегченной механизированной уборке льда и снега.

Этим в широком диапазоне отрицательных температур достигается совместный эффект, позволяющий повысить эффективность применения ПГМ при борьбе с зимней скользкостью и существенно снизить экологическое воздействие на окружающую среду. Уменьшение в грануле в разы доли $CaCl_2$ снимает возражения о значительном увеличении вязкости раствора и возможном снижении коэффициента сцепления.

С учетом проведенных исследований и проанализированных практических результатов установлена перспективность технологии распределения смоченной соли с помощью точных дозаторов, когда NaCl в сыпучем состоянии перед распределением в дозаторе смачивается 28—32-процентным раствором $CaCl_2$.

С учетом установленного механизма взаимодействия хлористого кальция или ХКНМ с проявлениями зимней скользкости как теплового сверла-инъектора рассматривается модель точечного источника теплоты — модель взаимодействия гранулы ПГМ со снежно-ледяным отложением при кристаллогидратации безводного $CaCl_2$.

Это позволило получить конечное решение в виде аналитического расчетного выражения и определить эффективность теплового режима расплавления льда до начала его диффузного расплавления вследствие высокой концентрации раствора.

Противогололедные материалы — лишь один из важных компонентов автоматизированной системы управления зимним содержанием автомобильных дорог, структура которой представлена на рис. 5.

Разработано руководство по противогололедным работам с применением низкотемпературного ПГМ нового поколения АЙСМЕЛТ для семи типов погодных условий: небольшой снегопад; небольшой снегопад, временами переходящий в умеренный или сильный; умеренный или сильный снегопад; иней или черный лед; гололед; дождь со снегом; гололедица. Состав работ в руководстве дифференцирован по диапазонам температур и тенденции их изменения. В различных погодных условиях важно учитывать физическое состояние дорожного покрытия, состав и интенсивность движения транспорта во время проведения работ. Указаны рекомендованные нормы внесения ПГМ для средних условий. Операция предварительного смачивания твердого ПГМ раствором хлористого кальция позволяет уменьшить потери соли при распределении и ее уносе на придорожную полосу.

Также разработана концепция демонстрационных испытаний ПГМ при зимнем содержании автомобильных дорог. Выявлены их основные признаки: достоверность, показательность, сравнительность, регистрируемость, воспринимаемость, однозначность выводов. Эффективность применения современных ПГМ на основе компактированной смеси хлористых натрия и кальция АЙСМЕЛТ (в пропорции 3 к 1) под-

тверждена сравнительными демонстрационными испытаниями при температуре –10 °С хлористого натрия и АЙСМЕЛТ на льду. В течение минуты хлористый натрий остается в твердом виде (белые частицы), а АЙСМЕЛТ, получив влагу из воздуха, начал плавление льда (темные пятна и лунки). При одинаковом характере распределения на уплотненном снегу (мелкие отверстия на поверхности) хлористый натрий не смог достичь нарушения сцепления снежного покрова и дорожного покрытия. Напротив, АЙСМЕЛТ создал линзу раствора между уплотненным снегом и покрытием, нарушив сцепление между ними. Снег стал рыхлым и легко удаляется с покрытия.

Частицы хлористого натрия при температуре 0 °С проникают в снежный накат и образуют отверстия, не достигшие дорожного покрытия. Напротив, хлористый кальций за счет выделения тепла при соединении с влагой воздуха сразу начинает действовать — растапливает снежный накат, и образует пленку раствора между уплотненным снегом и покрытием.

Сравнительные испытания хлористого магния выявили его отличительную особенность — поверхностное плавление снежно-ледяного отложения. При этом ПГМ начинает работу сразу, поглощая влагу из окружающего пространства.

Посредством же хлористого магния осуществляется объемное плавление всего слоя снежно-ледяного отложения. Применение ПГМ эффективно для антиобледенительной обработки дорожных покрытий, а также при образовании тонкой пленки гололеда.

В процессе демонстрационных испытаний смоченной раствором хлористого кальция соли получено, что она работает до –18...–20 °С. При этом пленка раствора $CaCl_2$ при контактировании со льдом плавит его, создавая лунку. Зерно соли NaCl погружается в лунку, благодаря чему увеличиваются шероховатость и коэффициент сцепления.

Результаты испытаний подтверждают высокую эффективность взаимодействия АЙСМЕЛТ с уплотненным снегом: выделение тепла при взаимодействии $CaCl_2$ с влагой воздуха и позже с растопленной из снега водой, проникновение гранул до дорожного покрытия, после чего продолжает работу хлористый натрий, расплавляя пленку воды между уплотненным снегом и дорожным покрытием. Этим облегчается последующая очистка покрытия, при этом сокращается расход ПГМ и уменьшается негативное воздействие на окружающую среду в сравнении с одинарными хлоридами.

В настоящее время концепцией применения ПГМ стало постоянное измерение рецептуры по принципу "зубной пасты" — смены рецептуры в зависимости от критического накопления компонентов ПГМ в придорожной полосе или на тротуарах с целью обеспечения требуемого уровня экологической или санитарно-гигиенической безопасности. В производственной специфике это проявляется в условии стохастического получения заказов на выпуск сухих смесей ПГМ партиями разного объема и фасовки практически всегда новой рецептуры.

Для этого необходимо обеспечить условие гибкости производства на основе связного сквозного дозирования. Обеспечение точного связного дозирования позволит достичь требуемого уровня экологической безопасности и безопасности дорожного движения.

Важно отметить, что в Москве предлагается в качестве компонента ПГМ применять формиат натрия в смеси с безводным хлористым кальцием и другими компонентами. Как пример реализации разработанной методики оценки риска возникновения дорожно-транспортных происшествий с учетом вариативности компонентов в многокомпонентном ПГМ рассматривается вариант:

— ПГМ на основе композиции хлористого кальция с другими хлоридами (натрия и калия) и формиатом натрия: массовая доля хлористого кальция — не менее 25 %, хлористого натрия — 60—70 %, хлористого калия — не выше 10 %, формиата натрия — 2—7 % по массе (МРтв.);

— хлористый кальций-натрий модифицированный (ХКНМ). Массовая доля хлористого кальция 25 %, массовая доля хлористого натрия 75 %. Погрешность дозирования хлористого кальция — 1,0 %.

Также оценен риск возникновения ДТП по причине неоднородности состава смесей ПГМ.

Доминирующее влияние на процесс взаимодействия ПГМ и СЛО играет хлористый кальций. Безводный хлористый кальций выполняет функции теплового сверла-инъектора. Согласно указанной формуле вариативность хлористого кальция составляет (с учетом 10 %-й вариации в долях хлористого натрия, 10 %-й вариации хлористого калия и 5 %-й вариации формиата натрия) 25 %. Это означает, что приемочный контроль примет в производство партию многокомпонентного ПГМ, в пробах которой будет разброс от 25 до 50 % содержания хлористого кальция. В качестве измерителей берется площадь отпечатка контакта колеса транспортного средства и дорожного покрытия (со снежно-ледяным отложением и без) условно 0,05 $м^2$. Вариация концентрации безводного хлористого кальция как сверла-инъектора достигает 25 %.

Рассмотрим наиболее опасное состояние дорожного покрытия при обнажении дорожного покрытия от СЛО. Максимальный риск будет для случая 50 % неоттаявших участков к 50 % оттаявших. Подсчитаем риск возникновения ДТП по причине только вариативности долей компонентов с учетом известного требова-

ния, что коэффициент сцепления в поперечном направлении не должен изменяться на 10 % (или 0,1). Это означает, что с вероятностью 50 % колеса автомобиля окажутся на оттаявших и на неоттаявших участках.

Механизм взаимодействия компонентов данного многокомпонентного ПГМ и СЛО может быть представлен в следующем виде. На поверхность снежно-ледяного отложения разбрасываются зерна компонентов ПГМ. Каждое зерно оказывается отдельно лежащим на поверхности, не взаимодействуя с соседним. Сразу начинает действовать только безводный хлористый кальций, отбирая влагу из окружающего воздуха (при ее влажности не менее 42 %). Другие компоненты первое время лежат на поверхности, не изменяя своего состояния, и могут быть отброшены с поверхности СЛО на обочину автомобильной дороги.

Безводный хлористый кальций начинает последовательно превращаться в двух-, четырех- и шестиводный (происходит кристаллогидратация с выделением тепла — 20 кал на одну гранулу). Молекула хлорида кальция присоединяет шесть молекул воды с образованием кристаллогидрата $CaCl_26H_2O$. Теплота гидратации хлорида кальция равна 21,7 ккал. При растворении хлорида кальция выделяется большое количество теплоты (при растворении 111 г хлорида кальция в 72 000 г воды выделяется 17 990 кал теплоты) (сравним, при растворении хлорида натрия 2400 кал теплоты поглощается).

При этом прожигается СЛО, и гранула достигает дорожного покрытия. После этого начинается процесс растворения кристаллогидрата хлористого кальция, и образуемая линза раствора разрушает сцепление СЛО и дорожного покрытия.

Поэтому наиболее опасным фазовым состоянием является разновременность образования оттаявших пятен или раскалывание льда под колесами транспортных средств. Наименее опасным случаем является одновременное освобождение дорожного покрытия от СЛО. Для многокомпонентной смеси ПГМ, содержащей в своем составе безводный хлористый кальций, таким состоянием (выраженным физическим эффектом) можно принять одновременное раскалывание льда колесами транспортных средств. Поэтому вариативность состава многокомпонентного ПГМ определяет время наиболее опасного состояния удаления СЛО. Принимая упрощенно линейную зависимость между вариативностью компонентов и временем удаления СЛО, можно говорить, что увеличение вариативности СЛО пропорционально увеличивает риск возникновения ДТП по этой опасности риска.

Рассмотрим два случая риска возникновения ДТП по причине вариативности долей компонентов многокомпонентного ПГМ с диапазоном дозирования безводного хлористого кальция 1 % (24—25 %) и 25 % (25—50 %).

Первый случай: среднеквадратическое отклонение $\sigma = 1{,}008$, коэффициент вариации (относительно среднего = 24,5) $C_{вар} = 0{,}02$, тогда потенциально возможный риск возникновения ДТП по этой причине составляет 3,8 автомобиля из 1000. Для второго случая (15—50) среднее составляет 37,5, среднее квадратическое отклонение $\sigma = 12{,}5$, коэффициент вариации $C_{вар} = 0{,}33$, потенциально возможный риск равен 14,6 автомобиля из 1000. Вследствие увеличения разброса показателей рецептуры риск совершения ДТП увеличивается в 3,84 раза. Необоснованно повышенное содержание хлористого кальция в составе многокомпонентной смеси усилит эффект повышения вязкости растворов противогололедных солей на дорожном покрытии после растворения СЛО и может снизить коэффициент сцепления на 0,1, что дополнительно (ориентировочно еще в 1,5—3 раза) увеличит риск возникновения ДТП.

Это позволяет осуществлять управление рецептурой ПГМ на основе задания вариативности исходных компонентов многокомпонентного состава ПГМ.

Рассмотрим типовую ситуацию. Эстакада и перрон железнодорожного вокзала. До прихода поезда 30 минут. Необходимо провести противогололедные мероприятия. Температура окружающего воздуха 0 °С, толщина гололеда 2—4 мм, ветер 5—10 м/с. Применение песка бесполезно — снесет ветром либо он вмерзнет в лед и тот покроется дополнительным слоем гололеда. Применение хлористого натрия, хлористого калия или хлористого магния приведет к поверхностному растворению льда и образованию сплошной пленки раствора на поверхности льда — коэффициент сцепления уменьшится до минимального значения.

Использование многокомпонентных простых смесей на основе хлоридов и солей натрия, а также распределение хлорида натрия, увлажненного раствором хлористого кальция в момент распределения, приведут к подобному результату [5].

Эффект может дать применение следующих технологий и материалов.

1. Распределение безводного хлористого кальция, сразу обеспечивающего коэффициент сцепления и выделяющего тепло вследствие кристаллогидратации.

2. Распределение компактированного (приготовленного методом прессования и раздробления) ПГМ на основе трех-шести частей хлористого натрия и одной части хлористого кальция. В этом случае хлористый кальций выполняет активизирующую и транспортную функцию своевременной доставки основного рабочего компонента многокомпонентного ПГМ (хлористого натрия) до дорожного покрытия.

После доставки основного рабочего компонента до дорожного покрытия еще в твердом состоянии начинается его растворение с образованием растворной линзы, разрушающей адгезию между льдом и дорожным покрытием.

Эффективность работы ПГМ на основе безводного хлорида кальция иллюстрируется его применением на платформе железнодорожного вокзала в г. Саратове. Видно, как материал работает в качестве теплового сверла-инъектора, "прожигая" при кристаллогидратировании лед (видны отверстия в нем) и подрезая линзой раствора (воздушной прослойкой) сцепление льда и дорожного покрытия (рис. 6, *а*). Зарегистрирован эффект ускоренного высыхания дорожного покрытия после применения этих ПГМ (рис. 6, *б*) [4, 5].

Заключение. К основным видам процессов взаимодействия ПГМ и снежно-ледяных отложений (СЛО) следует отнести одинарные процессы растопления—растворения СЛО сверху вниз теплопоглощающими ПГМ начиная с поверхности СЛО до дорожного покрытия, и фазовые процессы теплого инъектирования тепловыделяющими ПГМ и последующего разрушения сцепления СЛО и дорожного покрытия.

Тепловыделяющие ПГМ совмещают транспортную функцию (доставка гранулы до границы СЛО—дорожное покрытие) с технологической (расплавление и разрушение СЛО).

Подобный методический подход был реализован при научном сопровождении производства ПГМ на основе безводного хлористого кальция в условиях ООО "Зиракс" (г. Волгоград), он соответствует новым принципам технического регулирования, изложенным в Федеральном законе "О техническом регулировании" [6—10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кочетков А. В., Аржанухина С. П., Розов В. Ю.** Расплавит снег и лед // Автомобильные дороги. 2008. № 9. — С. 128—131.
2. **Аржанухина С. П.** Совершенствование технологии применения противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог. Автореф. дисс. ... к. т. н. — Волгоград: Волгоградский гос. арх.-стр. ун-т. 2009. — 20 с.
3. **Аржанухина С. П.** Сравнительные демонстрационные испытания противогололедных материалов на основе хлоридов / С. П. Аржанухина // Строительные материалы. — 2009. — № 5. — С. 14—16.
4. **Аржанухина С. П.** Материалы и технологии устройства цветных дорожных покрытий с шероховатой поверхностью / С. И. Возный, С. В. Овсянников, С. П. Аржанухина // Строительные материалы. — 2008. — № 12. — С. 36—38.
5. **Выбор требований** к противогололедным материалам для зимнего содержания автомобильных дорог мегаполиса / С. П. Аржанухина, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский и др. // Вода: химия и экология. 2013. № 4. С. 106—115.
6. **Аржанухина С. П., Кочетков А. В., Кокодеева Н. Е.** Экологический аспект борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и ее современное состояние / С. П. Аржанухйна, А. В. Кочетков, Н. Е. Кокодеева // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 1. С. 92—96.
7. **Аржанухина С. П., Ермаков М. Л., Кокодеева Н. Е.** Проблемы нормативно-методического обеспечения охраны природной среды при зимнем содержании автомобильных дорог / С. П. Аржанухина, М. Л. Ермаков, Н. Е. Кокодеева // Вестник Томского архит.-строит. ун-та. 2008. № 4(21). С. 171—175.
8. **Аржанухина С. П., Гладков В. Ю., Кокодеева Н. Е.** Практические исследования по загрязнению почв придорожных полос городов Саратова и Энгельса в результате использования противогололедных материалов / С. П. Аржанухина, В. Ю. Гладков, Н. Е. Кокодеева // Инженерные изыскания. 2011. № 1. С. 64—66.
9. **Кокодеева Н. Е.** Техническое регулирование в дорожном хозяйстве: монография / Н. Е. Кокодеева, В. В. Столяров, Ю. Э. Васильев. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. 2011. — 232 с.
10. **Кокодеева Н. Е., Столяров В. В.** Техническому регулированию — да! / Н. Е. Кокодеева, В. В. Столяров // Стандарты и качество. 2011. № 8(890). С. 22—27.

Финансы "КАМАЗа" в 2013 г.

Общая выручка ОАО "КАМАЗ" в 2013 году составила 110,7 млрд. рублей, чистая прибыль — 4 млрд руб. (по предварительным данным консолидированной отчетности по МСФО).

При снижении объемов рынка РФ на 28 %, доля "КАМАЗа" увеличилась — с 33 до 45 %. По сравнению с АППГ снижение продаж составило 1,7 тыс. а/м (-4 %). Тем не менее, несмотря на негативные настроения в мировой экономике и общее уменьшение продаж грузовой техники всеми автопроизводителями в 2013 г., "КАМАЗ" увеличил среднее значение капитализации до +2 % и котировки акции на +1,5 % по сравнению с АППГ, а также улучшил соотношение таких показателей как P/E, EV/EBITDA и др.

Пресс-служба ОАО "КАМАЗ"

ABSTRACTS OF ARTICLES

2 *Dragunov G. D., Yakupov O. R.* Unification of steering controls for range of vehicles
Considered the possibility and methodic of unification steering controls of vehicles by changing fluid pressure in the hydraulic booster on example of range of vehicles URAL. Given the dependence of force on the steering wheel from the basic parameters of steering controls and the formula for calculating the correction of fluid pressure from moment of resistance to rotation the steered wheels.
Keywords: vehicle, steering controls, hydraulic booster, unification

7 *Kozlovskiy V. N., Stroganov V. I., Pyanoff M. A.* Concept of development electric vehicles
We consider the results of a study or the concept of direction electric vehicles.
Keywords: electric vehicles, quality, reliability, component area

17 *Maksimov V. A., Ismailov R. I., Nazarov A. A., Roschak S. V.* Methodological foundations of innovation at bus ATP
The paper identified the basic methodological principles of innovation at the level of the bus ATP.
Keywords: Scientific and technological progress, the introduction of new types of products, innovation, investments

21 *Zorin V. A., Baurova N. I.* Quality control repair machine elements recovered using polymer materials
This article discusses ways to control the quality of the recovered compounds using polymer materials. It is shown that when repairing glues, admitted at one operation error can not be eliminated in the subsequent so much attention should be paid to quality control interoperation.
Keywords: quality control, plastics, adhesives, quality indicators, repair of machinery, process technology

24 Rassokha V. I., Yakubovich I. A. The question of resource road tire in the active control toe
The efficiency of the motor complex in many respects depends not only on the organization of transport and technical condition of the rolling stock, but also on the performance and service life of tires.
Keywords: motor vehicles, tires, wear, durability and performance

27 *Sarbaev V. I., Eroshin A. Y.* Implementation of the acceptance of active corporate service center at the enterprise
The efficiency of the active acceptance to a large extent determines the efficiency of the functioning of the service station as a whole. The process of acceptance of the vehicle is one of the basic processes of car-care center, as it was at the time of acceptance is the primary interaction of the customer and the performer.
Keywords: active acceptance, a car, a classification of factors, production and technical base, workshop equipment Nevis, information technology, personnel

30 *Gorelov V. A., Ankinovich G. G., Tropin S. L.* Experimental researches of manoeuvrability two-link articulated lorry heavy life capability
The experimental results of maneuverability two-link articulated lorry with pivoted coupling on a hard horizontal base for two kinds of maneuvers: "turn a minimum radius" and "lane change" are represented. Theoretical studies of curvilinear motion articulated lorry with a predetermined scheme steering. Comparing the results of theoretical and experimental studies proved the adequacy of the developed mathematical model of the dynamics articulated lorry. Difference in basic kinematic parameters of curvilinear motion does not exceed 12 %.
Keywords: articulated lorry, experimental researches, turn, mobility, handling, stability, mathematical model, trajectory curvature, adequacy, coupling

39 *Chernyakhovskata Y. V., Yudanov S. V.* Dimethyl ether (DME) as a transport firing potentially useful for Russia recent developments and company Volvo
The need to supplement fossil fuels with renewable fuels for transport, reducing greenhouse gas emissions and other factors induce producers of fuels, vehicles , community organizations and government agencies actively involved in the work on finding alternatives to traditional fuels, their comparative assessment and preparation for implementation in practice.
Keywords: diesel, bio-fuel, gas generator, bus, truck

42 *Kochetkov A. V., Arzhanukhina S. P., Bobkov A. V.* Improvement of technologies of winter maintenance of highways on basis of application of waterless chloride calcium
Now in Russia high accident rate on highways continues to remain an actual problem. This problem got status of state importance. Russia is in territory subject during winter period to influence of cold, especially at low temperatures. At this time there is winter ice connected with freezing of water on a surface of a paving or moisture from air.
Keywords: safety of traffic, winter contents, highways, winter, ice, deicing materials

Художественный редактор *Т. Н. Галицына.* Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *З. В. Наумова*
Сдано в набор 04.03.2014. Подписано в печать 21.04.2014. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5.88.
Отпечатано в ООО «Белый ветер», 115407, г. Москва, Нагатинская наб., д. 54, пом. 4