av0917.fm Page 1 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

Москва
"Машиностроение"

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
науки и технологий РФ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 9 • сентябрь • 2017

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 339.5

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ РОССИЙСКОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Канд. экон. наук **ПОДХАЛЮЗИНА В.А.**
МАДИ

Концепция интеграции российского автомобилестроения (далее Концепция) определяет цели, задачи и приоритеты развития этой отрасли промышленного производства не только для повышения спроса на внутреннем рынке, развития производительных сил и производственных отношений, но и для увеличения экспорта автомобилей, а также наиболее эффективного безопасности страны. В Концепции учитывается накопленный зарубежный опыт стран, проводящих активную политику государством в области развития автомобильной промышленности. Концепция рассчитана до 2020 года.

Ключевые слова: *автомобильный рынок, автомобильная промышленность, конкуренция, конкурентоспособность, прогноз.*

Podhalyuzina V.A.

THE CONCEPT OF INTEGRATION OF THE RUSSIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY

The concept of integration of the Russian automotive industry (hereinafter the Concept) defines the goals, objectives and priorities of development of the industry in industrial production not only to increase the demand in the domestic market, the development of productive forces and production relations, but also to increase exports of automobiles, as well as the most effective security in the country. The Concept takes into account the accumulated international experience of countries conducting an active policy by the state in the development of the automotive industry. The concept is calculated till 2020.

Keywords: *automobile market, automotive industry, competition, competitiveness, forecast.*

Концепция интеграции российского автомобилестроения, рассчитанная до 2020 г., определяет цели, задачи и приоритеты развития этой отрасли промышленного производства не только для повышения спроса на внутреннем рынке, развития производительных сил и производственных отношений, но и для увеличения экспорта автомобилей, а также наиболее эффективной безопасности страны. В ней учтён опыт стран, проводящих активную политику государством в области развития автомобильной промышленности.

Надо сказать, это не первый программный документ в данной области. В нём нашли отражение итоги реализации и основные положения Концепции развития автомобильной промышленности России до 2010 года (одобренной распоряжением РФ от 16 июля 2002 года № 978-р), Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2020 года, Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года (одобренной распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 года № 1734-р), Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р), итогов социально-экономического развития России в 2016 году (Минэкономразвития), прогноза социально-экономического развития России на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов, а также законодательных и иных нормативных правовых актов в области обороны и национальной безопасности РФ.

Основная **цель Концепции** — создать необходимые условия для интеграции автомобильной промышленности России в мировой рынок автомобилестроения. Для её достижения важно решить ряд **задач:** удовлетворить повышающиеся потребности внутреннего рынка современной автомобильной техникой, которая соответствует международным стандартам качества; развивать конкуренцию как на производстве

av0917.fm Page 2 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

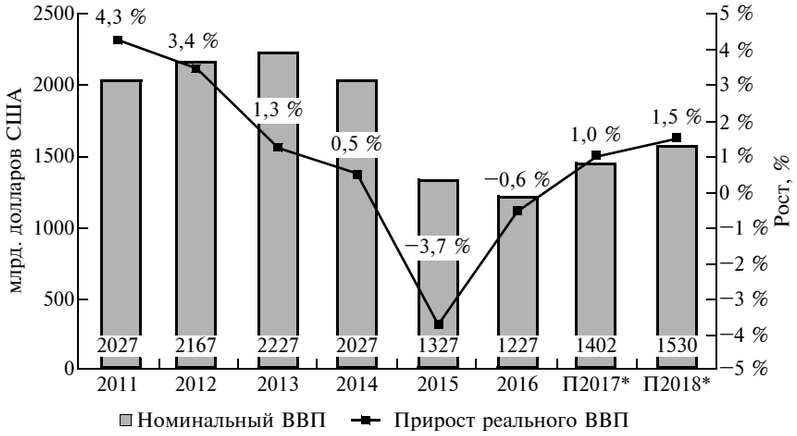


Рис. 1

Рис. 2

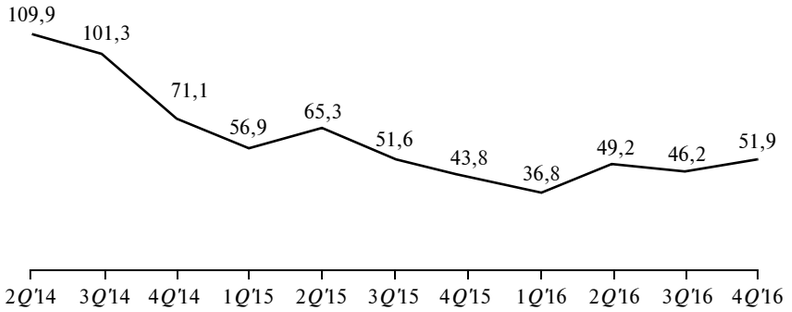


Рис. 3

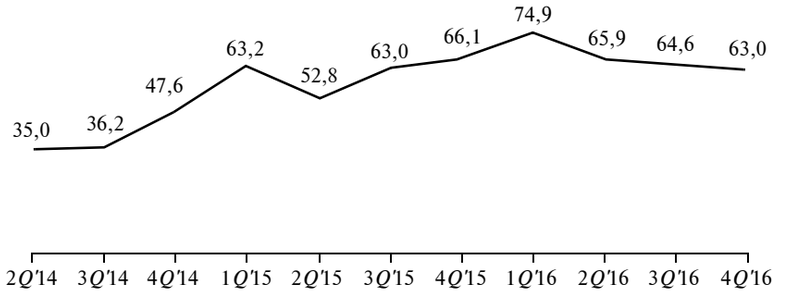


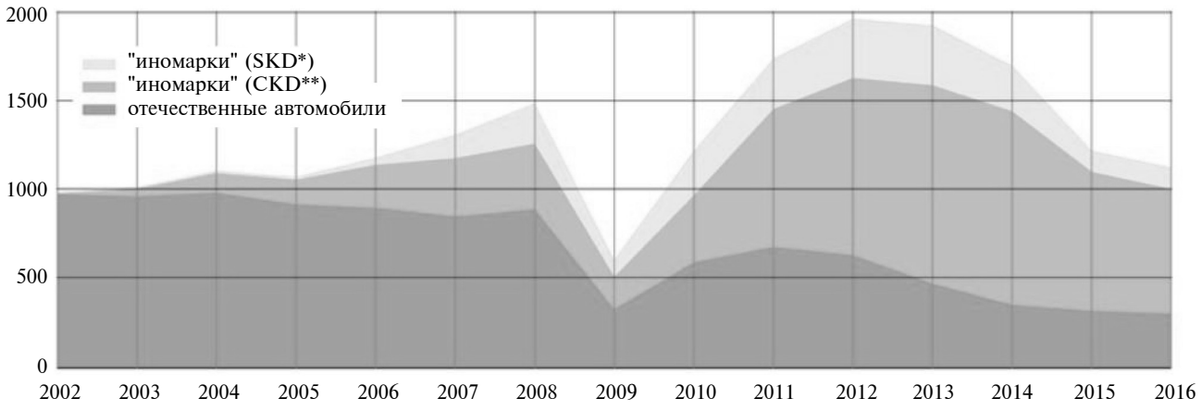
Рис. 4

автотехники, так и на автомобильном рынке; проводить максимально эффективную таможенно-тарифную политику в области ввоза/вывоза автотехники и автокомпонентов; привлечь иностранных и российских инвесторов для расширения и запуска производств по выпуску автомобилей и их комплектующих; разрабатывать и выпускать военную автомобильную технику для повышения уровня обороноспособности страны.

Современное состояние экономики России характеризуется, по данным Росстата уменьшением реального ВВП страны — в 2015 г. на 3,7 % — в результате введения экономических санкций и существенного уменьшения стоимости нефти (рис. 1). Причём совокупный комплекс внешних факторов оказал значимое влияние на все отрасли экономики. В результате индекс промышленного производства сократился на 4,5 %, покупательная способность населения снизилась. В 2016 г. сокращение ВВП замедлилось до 0,6 %. В 2017 г. ожидается восстановление экономики. Темпы прироста ВВП и потребительских цен показаны на рис. 2.

По данным "Эрнст энд Янг Внешаудит" значимое влияние на результаты развития экономики России оказали введённые санкции со стороны других стран, а также резкое снижение стоимости нефти на мировом рынке (рис. 3). В результате российский рубль кратно девальвировался, стоимость заимствования денежных средств выросла (рис. 4).

Однако всё это привело к росту привлекательности российских активов для стратегических инвесторов. По прогнозам Эрнст энд Янг Внешаудит ожидается существенный рост в течение нескольких лет объёма прямых иностранных инвестиций (табл. 1). При этом для обеспечения инвестиционной при-



SKD* — "отвёрточная" сборка из готовых автомобилей
CKD** — промышленная сборка со сваркой и окраской кузовов

Рис. 5

влекательности РФ в долгосрочной перспективе необходимо направить усилия на совершенствование законодательной базы и снижение роли государства в экономике, а также заняться внедрением передовых технологий в сфере производства и управления на предприятиях [16].

Анализ состояния отечественного автопрома показывает следующую картину. В настоящее время суммарная мощность заводов России и СНГ по производству легковых автомобилей составляет 4,6 млн ед. в год, в том числе российские — 3,7 млн ед. Указанные мощности рассчитаны только на активно растущий автомобильный рынок. Однако в настоящее время этого не наблюдается, а значит, автопроизводители пытаются доделать начатые проекты, стремясь свести к минимуму убытки от простоев незадействованных мощностей (рис. 5). По данным [2], в России в 2016 году произведено 1,3 млн легковых автомобилей, из которых 1,1 млн — легковые (табл. 2).

При этом сегодня мировым лидером по производству автомобилей по-прежнему остаётся Китай: его доля составляет почти 30 %, а прирост за год составил 14,5 %. Второе и третье места принадлежат США и Японии соответственно. Россия же занимает лишь 16-е место (чуть более 1 % от мировой производства) в мировой статистике, сократив объёмы производства на 5,4 %, и 14-е место по продажам автомобильной техники.

Тройка лидеров по производству легковых автомобилей выглядит так: 1 — Китай (24,4 млн ед.), 2 — Япония (7,9), 3 — Германия (5,7). Лидеры продаж автомобилей: Китай (28 млн ед.), США (17,9), Япония (4,97). Германия по продажам лишь на четвёртом месте (3,7). Доля Китая в мировом объёме продаж также составляет почти 30 %, а России — всего 1,5 %.

Положение на крупнейших авторынках мира в 2016 г. по данным "Автостата" показано на рис. 6. Лучший европейский рынок стабильно удерживает Германия (3,3 млн ед., +4,5 %), и её 4-е место в рейтинге. В пятёрку лидеров входит Индия (3 млн, +6,9 %). В первую десятку входят также: Великобритания

Таблица 1

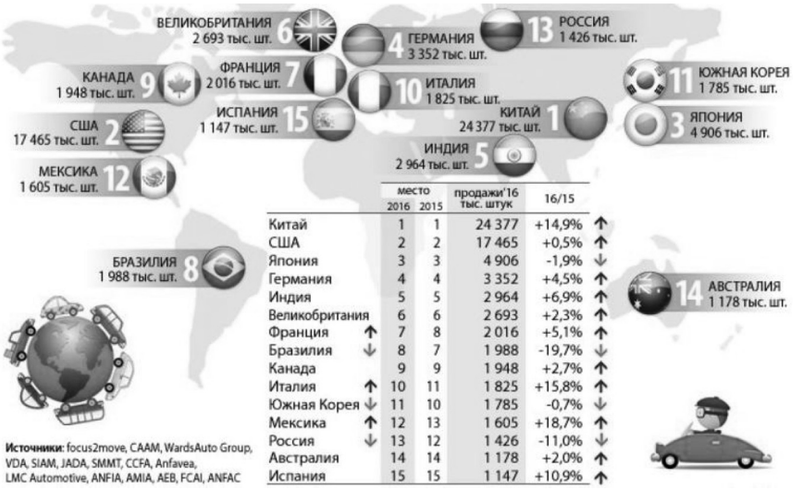
Ключевые макроэкономические показатели [16]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	П2017*	П2018*
Численность населения, млн	143,2	143,3	143,4	146,3	146,4	146,7	147,0	147,2
Прирост реального ВВП, %	4,3	3,4	1,3	0,5	−3,7	−0,6	1,0	1,5
ВВП на душу населения, долл. США	14 177	15 016	15 537	14 276	9279	8853	10 294	11 140
Инфляция, %	8,4	5,1	6,8	7,8	15,5	7,3	5,1	4,4
Индекс промышленного производства, %	5,0	3,4	0,4	1,7	−4,5	0,4	1,1	1,7
Цена сырой нефти марки Brent, долл. США за баррель	110,9	112,0	108,9	98,9	52,7	44,1	52,9	56,6
Уровень безработицы по отношению к экономически активному населению, % (средний за год)	6,5	5,5	5,5	5,2	5,6	5,9	5,9	5,8
Курс рубля к долл. США (средний за год)	29,4	30,8	31,8	38,4	60,9	66,8	62,5	63,1
Курс рубля к евро (средний за год)	40,9	39,6	42,3	51,0	67,5	74,1	66,1	66,9

av0917.fm Page 4 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

(2,7 млн шт.; +2,3 %); Франция (2,02 млн шт.; +5,1 %); Бразилия (1,99 млн шт.; −19,7 %); Канада (1,95 млн шт., +2,7 %); Италия (1,8 млн шт.; +15,8 %). За её пределами оказались Южная Корея (1,8 млн шт.; −0,7 %), Мексика (1,6 млн шт.; +18,7 %) и Россия (1,4 млн, −11 %).

На российском рынке первая тройка производителей включает "Автоваз—Рено—Ниссан" (0,5 млн ед., снижение на 7,9 %; 33,5 % от всего рынка РФ), "Хёндэ-Киа" (0,3 млн, −9,2 %; 20,7 %) и "Фольксваген Груп" (0,2 млн, −4,9 %; 11 %). Наибольший рост продаж зафиксирован у следующих производителей из первой десятки (см. рис. 7): Форд" (+10,2 %), ГАЗ (+9 %), УАЗ (+0,5 %), "Тойота" (+0,3 %), БМВ (+0,1 %). Максимальное снижение продаж по-прежнему у группы "Дженерал Моторс" (−53 %).

Модели-лидеры продаж в 2016 г.: "Хёндэ Солярис" (90 тыс.; −22 %), "Лада Гранта" (88 тыс.; −27 %) и "Киа Рио" (87,7 тыс.; 9,7 %). Максимальный рост продаж — в 20 раз — у модели "Лада Веста" (модель появилась в 2015 г., а в 2016 г. их продано более 55 тыс.). Положительный прирост также у следующих моделей: "Тойота RAV4" (+12,9 %), "Шкода Рапид" (+5,6 %), Фольксваген Поло" (+5,1 %), "Шкода Октавия" (+1,8 %); "Рено Дастер" (+0,2 %).



	место 2016	место 2015	продажи'16 тыс. штук	16/15
Китай	1	1	24 377	+14,9% ↑
США	2	2	17 465	+0,5% ↑
Япония	3	3	4 906	-1,9% ↓
Германия	4	4	3 352	+4,5% ↑
Индия	5	5	2 964	+6,9% ↑
Великобритания	6	6	2 693	+2,3% ↑
Франция ↑	7	8	2 016	+5,1% ↑
Бразилия ↓	8	7	1 988	-19,7% ↓
Канада	9	9	1 948	+2,7% ↑
Италия ↑	10	11	1 825	+15,8% ↑
Южная Корея ↓	11	10	1 785	-0,7% ↓
Мексика ↑	12	13	1 605	+18,7% ↑
Россия ↓	13	12	1 426	-11,0% ↓
Австралия	14	14	1 178	+2,0% ↑
Испания	15	15	1 147	+10,9% ↑

Рис. 6

В 2016 г. авторынок России занял пятое место среди европейских стран — после Германии, Великобритании, Франции и Италии. Однако **в долгосрочной перспективе** российский рынок по-прежнему представляет значительный интерес.

Основные предпосылки для его роста — низкая степень обеспеченности населения автомобилями (см. рис. 8); солидный возраст существующего автопарка. Так, число легковых автомобилей на 1 тыс. человек взрослого населения в 2016 г. в России составило 358 ед., что меньше на 42 %, чем в Западной Европе (615 единиц) и на 55 — чем в странах Северной Америки (776 единиц). Средний возраст легкового автопарка в России — 12 лет: отечественных автомобилей — 16 лет, "иномарок" — 10 лет. Таким образом, всё это указывает на необходимость замены морально устаревших и технически изношенных автотранспортных средств.

Потенциал восстановления рынка подтверждается продолжением реализации зарубежными компаниями планов по увеличению доли локальных мощностей, включая появление новых заводов, в том числе производство автомобильных компонентов. Пока значительный спад продаж приостановил выпуск ряда марок и моделей и спровоцировал сни-

Таблица 2

Страна	Производство автомобилей в 2016 г., шт.			
	Легковые	Грузовые	Всего	Отклонение, %
Всего в мире	72,105,435	22,871,134	94,976,569	4,5
Китай	24,420,744	3,698,050	28,118,794	14,5
США	3,934,357	8,263,780	12,198,137	0,8
Япония	7,873,886	1,330,704	9,204,590	−0,8
Германия	5,746,808	315,754	6,062,562	0,5
Индия	3,677,605	811,36	4,488,965	7,9
Южная Корея	3,859,991	368,518	4,228,509	−7,2
Мексика	1,993,168	1,604,294	3,597,462	0,9
Испания	2,354,117	531,805	2,885,922	5,6
Канада	802,057	1,568,214	2,370,271	3,8
Бразилия	1,778,464	377,892	2,156,356	−11,2
Франция	1,626,000	456	2,082,000	5,6
Тайланд	805,033	1,139,384	1,944,417	1,8
Великобритания	1,722,698	93,924	1,816,622	8,0
Турция	950,888	535,039	1,485,927	9,4
Греция	1,344,182	5,714	1,349,896	8,3
Россия	1,124,774	179,215	1,303,989	−5,4

av0917.fm Page 5 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

жение загрузки мощностей, однако компании не отказываются от планов по дальнейшему развитию бизнеса. Кроме концерна "Дженерал Моторс", который объявил о прекращении сборки "Шевроле" и "Опель", консервации завода в Санкт-Петербурге на неопределённый срок. Остальные продолжают реализовывать планы выхода на российский рынок (рис. 9). В стране работают 20 крупных локальных и международных производителей автомобилей; общие мощности автопрома свыше 3 млн ед. техники в год с возможностью увеличения к 2020 г.; присутствуют 100 глобальных и 600 местных поставщиков, 4 тыс. автомобильных дилеров.

Российские автоконцерны планируют активный рост **экспорта** в целях восстановления продаж. Также положительной динамике отечественного автопрома способствует государственная политика, направленная на создание и расширение производств и привлечение дополнительных инвестиций в автомобильную отрасль (рис. 10). Государство готово и дальше оказывать поддержку, усиливаются меры поддержки экспорта.

Объём экспорта легковых автомобилей по данным ФТС в 2014 г. составлял 133 тыс., в 2015-м снизился до 100 тыс., а в 2016-м упал до 66 тыс. ед. Причин сокращения экспорта две: снижение покупательной способности в странах СНГ и введение утилизационного сбора в Казахстане в 2016 г. Несмотря на это некоторые автоконцерны планируют строительство новых заводов. В частности "Хавал" — завода в Тульской области (мощностью 150 тыс. ед. в год к 2018 г.); "Лифан" — в Липецкой области (60 тыс. ед.); "Мерседес-Бенц" — нового завода в Московской области (в 2019 г., мощностью 25 тыс. ед.).

При этом автопроизводители по-прежнему придерживаются

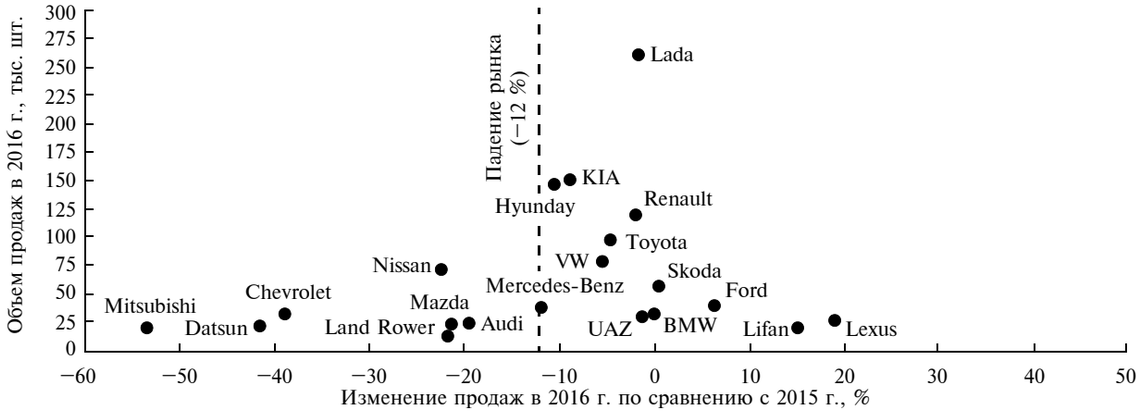


Рис. 7

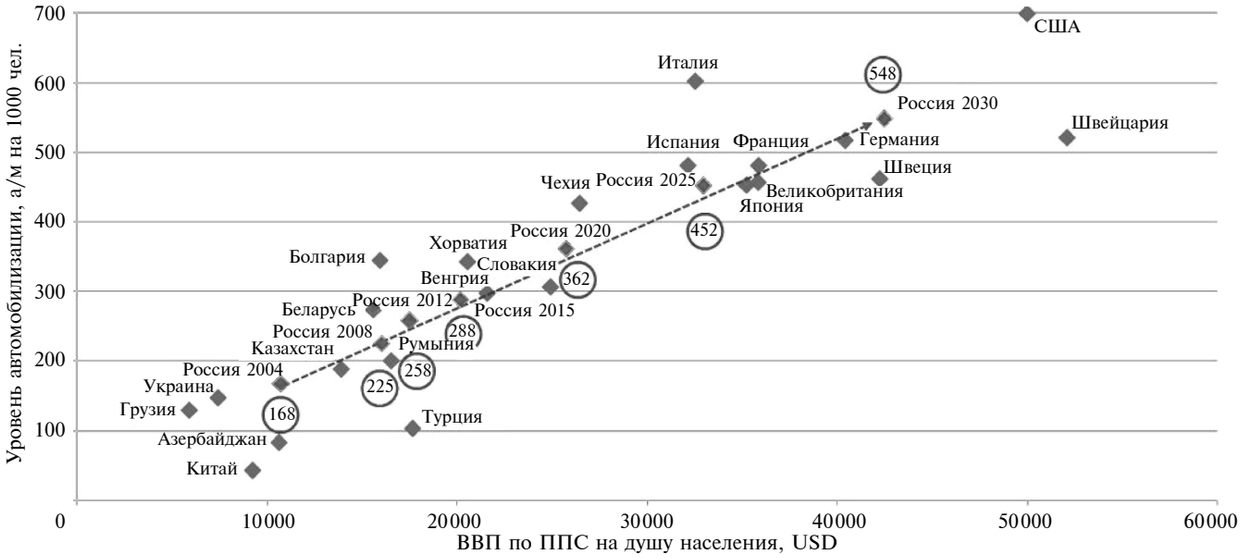


Рис. 8

av0917.fm Page 6 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

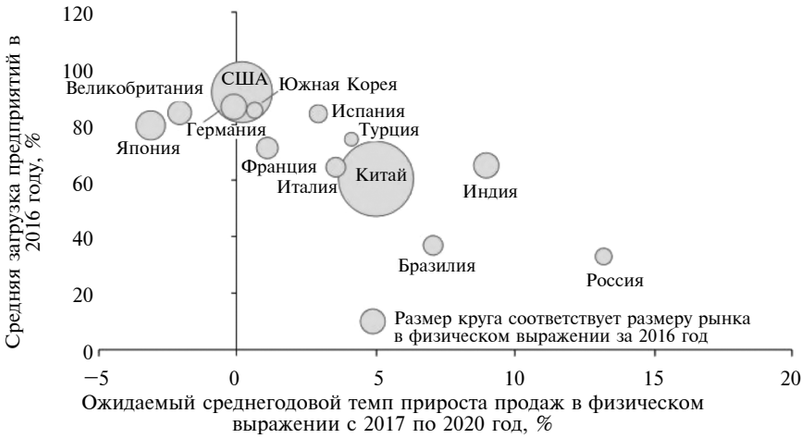


Рис. 9

Наименование мероприятия	Предельные объемы финансирования
Субсидии организациям на компенсацию части затрат в связи с производством колесных транспортных средств	17,5 млрд рублей
Субсидии организациям, ведущим деятельность в сфере автомобилестроения, на компенсацию части затрат по процентным расходам	7,4 млрд рублей
Программы «Первый автомобиль», «Семейный автомобиль», «Русский тягач», «Российский фермер», «Свое дело»; программы поддержки продаж газомоторной техники и городского общественного электротранспорта, закупки школьных автобусов и автомобилей скорой медицинской помощи	17,4 млрд рублей
Субсидирование процентных ставок по автомобильным кредитам	10 млрд рублей*
Субсидирование лизинга колесных транспортных средств	10 млрд рублей
Итого:	**62,3 млрд рублей**

Рис. 10

Рис. 11

стратегии глобализации, т.е. стремятся размещать производства ближе к рынку сбыта и источникам сырья. Россия совмещает в себе оба этих фактора: здесь можно работать на внутренний рынок, наращивать экспорт, и получать выгоду от близости к ресурсам и девальвации рубля.

Экспорт будут увеличивать и российские производители путём расширения сборочного производства и развития партнёрских отношений с дистрибьюторами за рубежом. По оценкам государственных ведомств, экспорт автомобилей из РФ к 2020 году может вырасти до 200—300 тыс. единиц в год [10]. Прогноз развития автопрома см. рис. 11.

Если говорить о перспективах развития рынка, то при реализации базового сценария возможно возобновление активности с 2017 года, что связано с общим восстановлением экономики. По прогнозам, основную долю рынка займут российские бренды и автомобили, которые производятся на территории РФ [4, 5, 10, 11].

Предпосылки будущего роста продаж автомобилей представляются следующими: рост курса рубля, цен на нефть и реально располагаемых доходов населения; доступность автокредитов; объёмы и эффективность мер господдержки; развитие транспортной инфраструктуры; сокращение стоимости владения автотранспортными средствами; темпы локализации производства автопроизводителями.

Прогнозы развития рынка, сделанные тремя независимыми компаниями, показаны на рис. 12—14. В рамках Стратегии [12] прогноз к 2020 г. выглядит следующим образом. Ожидается рост объёмов промышленного производства автомобильной техники: легковых автомобилей — до 3,1 млн шт., лёгких коммерческих автомобилей — до 0,2 млн, грузовых автомобилей — до

av0917.fm Page 7 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

Рис. 12

0,1 млн, автобусов — до 0,03 млн шт. Доля продукции российского производства в общем объёме потребления на внутреннем рынке составит: по легковым автомобилям — 76 %, по лёгким коммерческим — 75 %, по грузовым — 56 %, по автобусам — 71 %. Доля экспорта продукции российского автомобилестроения в общем объёме производства возрастёт по легковым автомобилям — на величину до 8 %, по лёгким коммерческим — до 17 %, по грузовым — до 17 %, по автобусам — до 16 %.

Однако планируемое субсидирование спроса не устранит фундаментальных недостатков индустрии. Поэтому планируется направить дополнительные усилия на наращивание экспорта, развитие базы поставщиков, стимулирование НИОКР и обеспечение технологической независимости [12]. Для развития автомобильной отрасли будут актуальны снижение налогов на автомобили, модернизация транспортной инфраструктуры, расширение мощностей по сбору и утилизации старого автопарка.

В целях повышения конкурентоспособности отечественного автомобилестроения предусматриваются снижение издержек и дифференциация товара. В частности для сокращения издержек в рамках действующей Стратегии [12] необходимо осуществить следующие мероприятия.

В части производства автокомпонентов: стимулировать создание общего унифицированного перечня требований производителей автомобилей; субсидировать ставки по потребительскому кредитованию; проводить аудит и разработку программы развития производителей автокомпонентов; внедрять программы оптимизации процессов производства и управления; субсидировать ставку по потребительскому кредитованию локальных производителей и поставщиков промышленной оснастки и их льготное налогообложение; поддерживать проведение НИОКР на территории Российской Федерации для нужд автопрома; исключить коды товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности компонентов, сырья и материалов; субсидировать проведение валидационных испытаний компонентов, материалов и сырья.

Стимулирование НИОКР автопроизводителей предполагается в виде финансирования: новых технологий альтернативных источников энергии; налоговых льгот для предприятий, поддерживающих НИОКР; создания транспортных средств с электроприводом, их компонентов и элементов инфраструктуры; производства локализованных автокомпонентов; новых материалов, используемых в автопроме; программ по выполнению экологических и технических требований безопасности по экспортируемым АТС; программ формирования и применения механизмов нетарифной защиты рынка колёсных транспортных средств и их компонентов; повышения активной и пассивной безопасности отечественных автомобилей; Национальной программы анализа дорожно-транспортных происшествий.

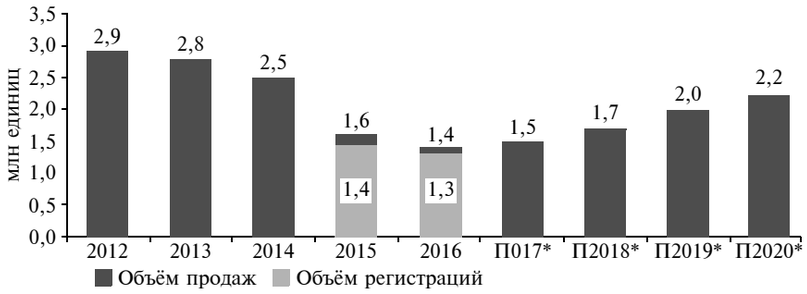


Рис. 13

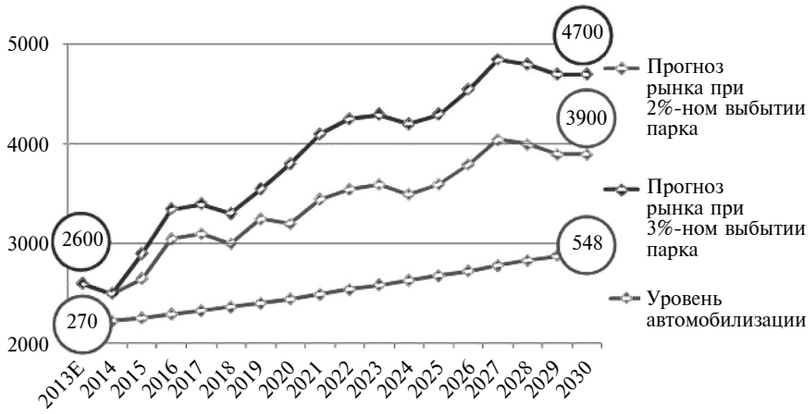


Рис. 14

В отношении кадрового обеспечения: усиление кадровой и образовательной политики; создание системы определения потребностей работодателей в актуальных компетенциях и их объёма; обеспечение прямого участия представителей автомобильного бизнеса в формировании государственных образовательных стандартов; увеличение доли региональной составляющей, продолжительности производственных практик, возможность получения рабочей профессии при обучении по программам высшего профессионального образования; создание системы сертификации специалистов; создание системы и инфраструктуры для допобразования и переподготовки кадров; субсидии на участие в программах повышения квалификации управленческих кадров; формирование требований к профессорско-преподавательскому составу прикладных кафедр в вузах.

Стимулирование экспорта подразумевает: упрощение процедур получения/признания сертификата происхождения; господдержку экспорта промышленной продукции; компенсацию затрат, субсидирование при проведении выставок; расширение в ФБ РФ статей затрат, направленных на продвижение продукции автопрома на внешние рынки; субсидирование создания совместных предприятий и дочерних структур российских компаний за рубежом; финансирование НИОКР; кредитование покупателей экспортной продукции российского производства; создание гибкой системы процентных ставок по экспортным кредитам; предоставление госгарантий автопрому для участия в международных тендерах; включение продукции российского автопрома в перечень продуктов, используемых при проведении конверсионных операций "долг в обмен на товары и (или) услуги", связанных с погашением и обслуживанием государственного внешнего долга Российской Федерации; расширение практики предоставления госкредитов в рамках иностранными государствами с применением товарной части кредитов.

Намечены этапы **интеграции отечественной** автомобильной промышленности в мировую индустрию. Это усиление конкуренции на авторынке России, повышение конкурентоспособности российского автопрома, упрощение экспорта российской автомобильной техники; повышение инвестиционной привлекательности российского автопрома; участие в мировой торговле на общепринятых и равных условиях.

Осуществление Концепции позволит модернизировать предприятия автопрома России, повысить их конкурентоспособность и увеличить долю страны на мировом рынке, создать и/или расширить предприятия в целях увеличения производственных мощностей для производства автомобильной техники и автокомпонентов, увеличить отчисления налогов в бюджеты разных уровней и внебюджетные фонды и, наконец, повысить обеспеченность граждан легковыми автомобилями.

Литература

1. Bloomberg URL: https://www.bloomberg.com (дата обращения: 31.05.2017).
2. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers URL: http://www.oica.net/ (дата обращения: 31.05.2017).
3. Авторевю URL: https://autoreview.ru/ (дата обращения: 31.05.2017).
4. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года // Информация для всех URL: http://www.ifap.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf (дата обращения: 31.05.2017).
5. О Концепции развития автомобильной промышленности России // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации URL: http://docs.cntd.ru/document/901822729 (дата обращения: 31.05.2017).
6. Об итогах социально-экономического развития России в 2016 году // Министерство экономического развития URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/9056bb04-390c-47f9-b47f-8e3b061bc7b8/monitor1-12.pdf?MOD=AJPERES (дата обращения: 31.05.2017).
7. Обзоры мировой экономики URL: ereport.ru (дата обращения: 31.05.2017).
8. ПрайсвотерхаусКуперс Аудит URL: http://www.pwc.ru/ (дата обращения: 31.05.2017).
9. Прогноз автомобильного рынка России до 2030 года // DocMe URL: http://www.docme.ru/doc/825926/prognoz-avtomobil._nogo-rynka-rossii-do-2030-goda (дата обращения: 31.05.2017).
10. Прогноз долгосрочного экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года // Правительство России URL: http://government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf (дата обращения: 31.05.2017).
11. Прогноз социально-экономического развития России на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов // Министерство экономического развития URL: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/9dd9931d-3960-454c-a8db-ec6fc1ab4bfc/prognoz_2017_2019.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=9dd9931d-3960-454c-a8db-ec6fc1ab4bfc (дата обращения: 31.05.2017).
12. Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2020 года // ФГУП НАМИ URL: http://nami.ru/uploads/docs/prognozirovanie_otrasli_docs/55a6238a3a686Strategy_auto_2020.pdf (дата обращения: 31.05.2017).
13. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации URL: http://docs.cntd.ru/document/902132678 (дата обращения: 31.05.2017).
14. Федеральная служба государственной статистики URL: http://www.gks.ru/ (дата обращения: 31.05.2017).
15. Центральный банк Российской Федерации URL: http://www.cbr.ru/ (дата обращения: 31.05.2017).
16. Эрнст энд Янг Внешаудит URL: http://www.ey.com/ (дата обращения: 31.05.2017).

av0917.fm Page 9 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

АВТОМОБИЛЬНЫЙ РЫНОК РОССИИ В ЯНВАРЕ—ИЮНЕ 2017 ГОДА

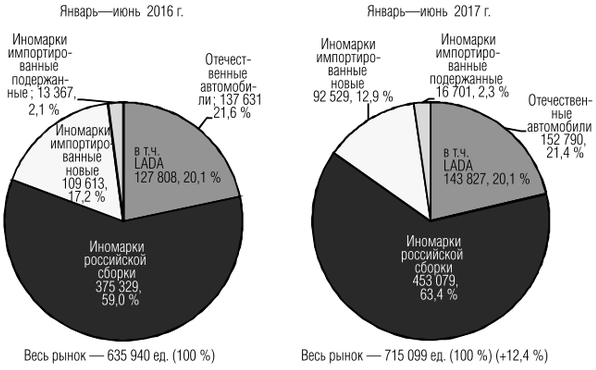
(по информации ОАО "АСМ-холдинг")

ЛЕГКОВЫЕ АВТОМОБИЛИ

Оптовые продажи легковых автомобилей в январе—июне 2017 года выросли на 12,4 % по отношению к январю—июню 2016 г. и составили 715,1 тыс. единиц. Сравнение структуры рынка легковых автомобилей по их происхождению в январе—июне 2017 и 2016 гг. выявляет рост абсолютных объёмов продаж почти во всех сегментах рынка, кроме импорта новых иномарок. В отношении занимаемых долей рынка можно отметить расширение доли в сегменте зарубежных моделей российской сборки с 59,0 до 63,4 % и импорте подержанных автомобилей при сужении рыночных долей в остальных сегментах.

Продажи отечественных автомобилей в январе—июне 2017 г. выросли на 11,0 %, до 152,8 тыс. ед., а их рыночная доля снизилась на 0,2 процентных пункта — до 21,4 %. Оптовые продажи автомобилей ВАЗ в январе—июне 2017 г. выросли на 12,5 %, а их доля составляет 20,1 %. Продажи зарубежных моделей российской сборки занимают доминирующее положение на рынке легковых автомобилей, их продажи выросли на 20,7 % до 453,1 тыс. ед. Совокупная доля продаж автомобилей, собранных в России (отечественных и зарубежных), увеличилась с 80,6 до 84,8 % в январе—июне 2017 г.

СТРУКТУРА РЫНКА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ МАШИН

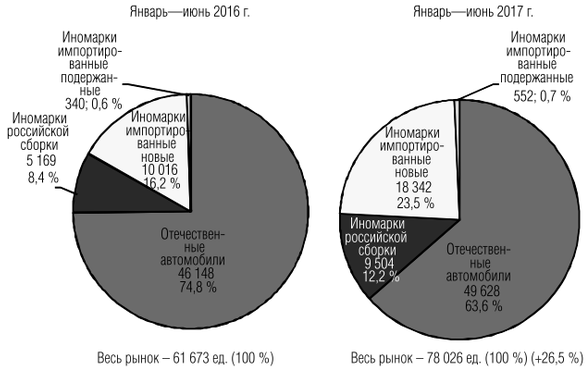


Импорт новых автомобилей сократился на 14,2 %, до 92,5 тыс. ед., а их доля на рынке убавилась с 17,2 % в январе—июне 2016 г. — до 12,9 % по итогам шести месяцев 2017 г.; ввоз подержанных автомобилей не играет сколько-нибудь заметной роли на рынке с учётом импорта по ГТД и ТПО.

По данным Ассоциации Европейского Бизнеса, совокупный объём дилерских продаж новых легковых и легких коммерческих автомобилей в России в январе—июне 2017 года составил 718 529 ед., что на 6,9 % больше, чем в январе—июне 2016 г. (672 050 ед.); импорт легковых автомобилей по ТПО (включен в расчет рынка), составил в январе—июне 2017 года 9234 ед. против 7256 ед. годом ранее (из них на подержанные автомобили пришлось 8606 и 6583 ед. соответственно).

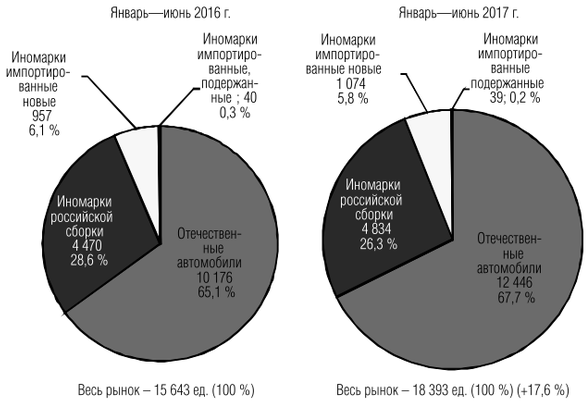
РЫНОК ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ (ВКЛЮЧАЯ МАЛОТОННАЖНЫЕ)

СТРУКТУРА РЫНКА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



АВТОБУСЫ И МИКРОАВТОБУСЫ

СТРУКТУРА РЫНКА АВТОБУСОВ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



av0917.fm Page 10 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.33.017

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ ПРОТИВ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук **ГАЕВСКИЙ В.В.**,
канд. техн. наук **ОДИНОКОВА И.В.**
МАДИ (vit-life@rambler.ru)

Рассматриваются преимущества и недостатки гибридных автомобилей и электромобилей. Обсуждается возможность использования гибридного привода в автомобиле совместно с рекуперацией энергии.

Ключевые слова: *гибридные автомобили, электромобили, рекуперация энергии, экологичность, экономичность автомобилей.*

Gaevskiy V.V., Odinokova I.V.

ELECTRIC MOTOR VERSUS HYBRID CAR

This article discusses the advantages and disadvantages of hybrid cars and electric vehicles. The possibility of using a hybrid drive in a car together with energy recovery.

Keywords: *hybrid cars, electric vehicles, energy recovery, ecological, economical cars.*

Любой автомобиль можно рассматривать как автономное транспортное средство, т.е. он должен иметь на борту: запас энергии; двигатель (устройство преобразования одного вида энергии в другой); трансмиссию (устройство передачи энергии от двигателя к колёсам); системы управления (рулевое, тормозное, движения и др.); колёса.

Реально используемых источников энергии для двигателя автомобиля не так уж много, основные их типы приведены на рис. 1. Экзотические виды энергии, например: солнечная, ядерная и др. не рассматриваются, так как они пока недостаточно эффективны либо малоперспективны именно для транспортных средств.

Развитие современных автомобилей происходит в сторону уменьшения расхода топлива и улучшения "экологичности" (качество чего-либо, отражающее его способность не наносить вреда окружающей природе). Способов же уменьшения расхода топлива существует множество. Рассмотрим самые перспективные, на наш взгляд, — электромобили и гибридные.

Электромобили. На первый взгляд, электромобиль кажется самым экономичным и экологичным способом решения проблемы. Однако на самом деле это далеко не так.

Во-первых, получение электрической энергии — сложный и далеко не "чистый" процесс. Если он происходит не на борту автомобиля, это вовсе не значит, что не вызывает загрязнения окружающей среды. Даже атомные электростанции, условно считающиеся сегодня наиболее чистыми, потенциально опасны и вредны. Что же касается тепловых электростанций, то каждая из них по сути тот же тепловой двигатель, только большой и стационарный, вырабатывающий энергию за счёт сжигания углеводородов. Не безупречны в экологическом смысле и ГЭС.

От электростанций энергия распределяется потребителям (лампочкам, утюгам... и электромобилям). Как известно из физики, ни один процесс преобразования энергии не протекает без потерь. Как это происходит в случае питания электромобиля?

Вначале электричество вырабатывается на электростанции, где наблюдаются первые потери: коэффициент полезного действия ГЭС достигает 90—93 %; ТЭС — не превышает 30—35 %; АЭС — не более 40—44 %. Затем электричество передается по проводам ЛЭП до распределительных подстанций и далее потребителям. КПД ЛЭП и распределителей составляет в лучшем случае 60—80 %. На транспортном средстве электроэнергия накапливается в аккумуляторах, также имеющих свой КПД — 80—90 %. И наконец, она

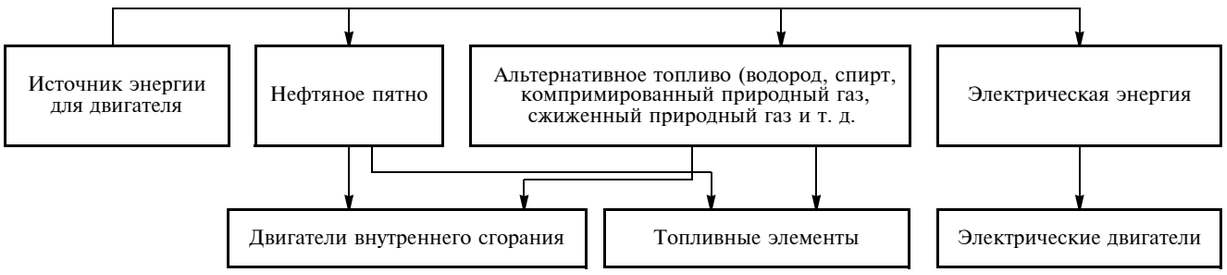


Рис. 1. Основные источники энергии для двигателя автомобиля

преобразуется в тяговых электродвигателях с КПД порядка 75—95 % в механическую энергию.

Суммарный КПД от начала преобразования энергии до колёс электромобиля составляет от 16 % (если источник АЭС) до 40 % (если источник ГЭС). В то время как КПД двигателя внутреннего сгорания варьируется от 20 % (худшие из бензиновых) до 40 % (лучшие из дизелей). То есть по энергетической эффективности электромобиль не выигрывает, а в случае использования энергии от АЭС, даже проигрывает обычным автомобилям с ДВС!

Во-вторых, аккумуляторные батареи, которые сегодня могут быть применены на электромобилях, всё ещё слишком далеки от совершенства: они дороги, а производство их весьма "грязное". Через определённое число циклов зарядки—разрядки они неизбежно теряют ёмкость, эффективность, работоспособность и требуют замены. При том, что их стоимость достигает половины от стоимости всего электромобиля!

В-третьих, при массовом производстве и эксплуатации, учитывая необходимость менять аккумуляторные батареи каждые 5 лет, настоящей проблемой может стать утилизация батарей. Особенно в экологическом аспекте.

Существуют у электромобиля и другие "недостатки": привязка к "розетке", малые пробеги, плохая инфраструктура и др. Они, конечно, преодолимы, инфраструктуру можно построить, а в багажнике разместить дополнительную "батареюканистру". Но всё это — новые издержки, которые снижают качества электромобиля.

Кстати, говоря об инфраструктуре, нельзя не упомянуть и ещё один важный момент. Зарядные станции придётся не только построить вдоль дорог, но и запитать от новых (дополнительных) электростанций по новым кабелям и ЛЭП, так как существующие сети и мощности окажутся совершенно недостаточными, чтобы взять на себя ещё и энергоснабжение автотранспорта. Всё это также добавит затрат и экологических потерь.

Гибридные автомобили по определению используют для привода ведущих колёс разнородную энергию. Здесь всегда есть первичный источник энергии и накопитель. Первичным источником, как правило, служит ДВС, а накопители могут быть механическими (инерционные, пневмоаккумуляторы, гидроаккумуляторы), либо электрическими (электрохимические аккумуляторы, суперконденсаторы).

Как известно, существует несколько типовых схем гибридных автомобилей.

При *параллельной* схеме двигатель и накопитель соединены с дифференциалом, который в свою очередь соединён с приводом колёс. Такая схема используется в автомобилях "Хонда" (*Integrated Motor Assist*). Она отличается простотой и низкой стоимостью.

При *последовательной* схеме двигатель соединён только с накопителем, который в свою очередь соединён с приводом колёс. КПД такой конструкции несколько ниже, поэтому пока в легковых автомобилях эта схема не используется. Однако близкий принцип используется в электрической трансмиссии, которая применяется в случаях, когда необходимо передать большой момент с ДВС на колёса, например, на железнодорожном транспорте и карьерных самосвалах.

Наконец, *последовательно-параллельная* система в зависимости от режима может работать как последовательно, так и параллельно. Это решение реализовано, например, на автомобилях "Тойота Приус".

Конструктивных схем гибридных автомобилей и алгоритмов управления их силовой установкой разными организациями и фирмами на данный момент разработано уже множество. Это разнообразие свидетельствует о том, что наиболее рациональные схемы пока не найдены, и поле деятельности здесь — огромно. Можно обоснованно предположить, что успех будет достигнут там, где конструкция и алгоритм управления ею разрабатываются и совершенствуются совместно, так как общеизвестно, что хороший водитель может великолепно управлять плохим автомобилем, а водитель посредственный и на хорошей машине далеко не уедет.

Экономичность гибридных транспортных средств обусловлена снижением объёма и мощности двигателя, работой его в оптимальном равномерном режиме (в гораздо меньшей зависимости от условий езды), исключением непроизводительной работы ДВС при выбеге и остановках, возможностью движения только на альтернативных источниках энергии, рекуперативным торможением с зарядкой энергоаккумулятора.

Не менее важно то, что уменьшение расхода топлива ведёт к снижению общего количества выбросов отработавших газов. Резерв накопителя позволяет манипулировать работой ДВС так, что в наиболее ответственных по экологическим соображениям местах он вообще глушится или работает в режиме минимальных выбросов вредных веществ в атмосферу.

Рассмотрим энергобаланс обычного (рис. 2) и гибридного (рис. 3) автомобилей, полученный расчётом согласно теории эксплуатационных свойств автомобиля [1]. Данные на схемах — усреднённые, но позволяют визуально оценить места потерь энергии, способы и направления её сбережения и максимальную достижимую выгоду от использования гибридной схемы привода.

av0917.fm Page 12 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

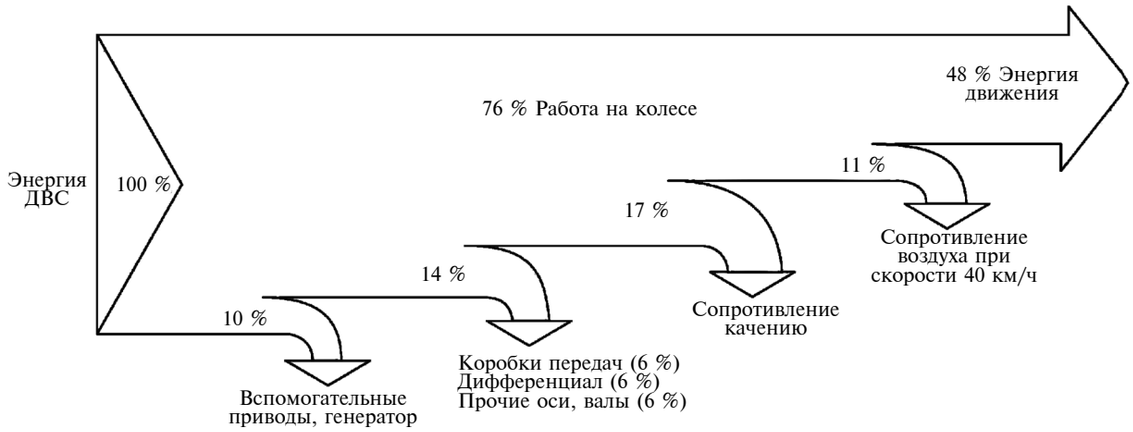


Рис. 2. Энергобаланс традиционного автомобиля с ДВС

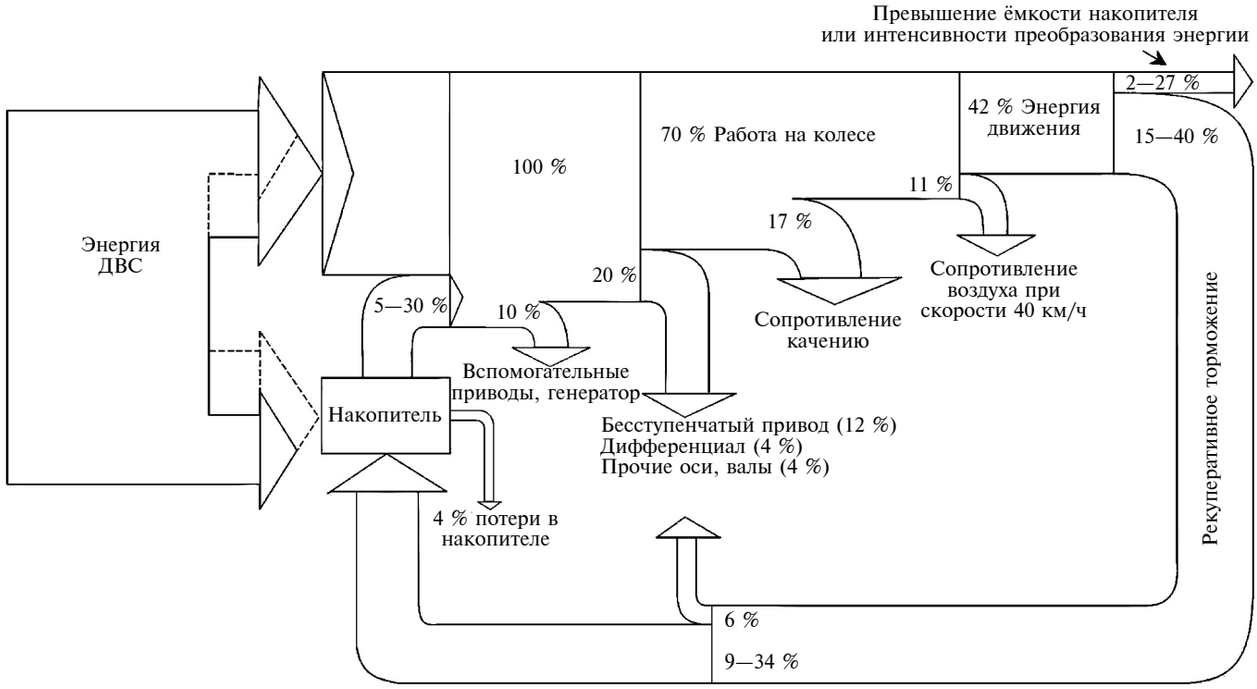


Рис. 3. Энергобаланс гибридного автомобиля с рекуперацией при торможении

Из рисунков видно, что наибольший резерв экономичности заключён в возможности возврата, запаса на некоторое время и повторного использования кинетической энергии движения (рекуперации). Для осуществления этого трансмиссию транспортного средства необходимо дополнить специальным агрегатом — регенеративным энергонакопителем (табл. 1) и бесступенчатым энергопреобразователем (табл. 2). То и другое может быть реализовано разными по конструкции и принципу действия способами, которые могут по-разному объединяться.

Каждый из названных вариантов имеет свои достоинства и недостатки, а наиболее прогрессивный, самый дешёвый и долговечный — механический — пока не имеет решения, которое можно применить широко и с успехом. Рекуперативное торможение с использованием механической

Таблица 1

Принцип накопления энергии	Регенеративный накопитель
Кинетический	Маховик
Потенциальный	Гидроаккумулятор, пружина, торсион и др.
Электрохимический	Аккумуляторная батарея
Электрический	Конденсатор
Термический	Накопитель (400—900 °С) + + стирлингмотор

Таблица 2

Принцип преобразования энергии	Бесступенчатый привод
Гидростатический	Насос-мотор
Механический	Преобразующая передача ("*Вариоматик*", "*Трансматик*")
	Фрикционный привод
	Дискретный ленточный вариатор [2]
	Дифференциальная связь и упругое звено [3]
Электрический	Генератор-мотор
Гидродинамический	Турбинный насос, гидротрансформатор

конструкции представляет собой интересную техническую задачу.

Как видим, использование в автомобиле гибридного привода с рекуперацией энергии наиболее перспективно и таит в себе огромный потенциал по экономии топлива и снижению выбросов в атмосферу, при сохранении и даже увеличении автономности автомобиля как транспортного средства.

Рассматривая электромобиль вкупе с электростанциями, вырабатывающими энергию, нельзя не отметить, что по сути он тоже является гибридным! Однако в цепи от источника до колеса энергия расходуется слишком "щедро", со всеми вытекающими последствиями. Поэтому чистые электромобили вряд ли получат широкое распространение. Развиваться же будут различные типы гибридов.

Литература

1. Иванов А.М. Автомобили: Теория эксплуатационных свойств: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.М. Иванов, А.Н. Нарбут, А.С. Паршин, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский; под ред. А.М. Иванова // М.: Издательский центр "Академия" (2-е издание). — 2014. — 176 с.
2. Гулиа Н.В. Инерционные аккумуляторы энергии. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1973. — 240 с.
3. Патент № 2017024. Рекуперативный тормоз / Гаевский В.В., Черноштанов А.Н. Опубл. 30.07.1994.

УДК 629.4.016:62-225.5

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА ОТКРЫТИЯ ФОРСУНКИ ДВИГАТЕЛЯ ОТ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ

Канд. техн. наук **АКУНОВ Б.У.**,
д-р техн. наук **ДАВЛЯТОВ У.Р.**
Кыргызский ГТУ имени И. Раззакова
(akunov1@yandex.ru)

Представлены результаты анализа зависимости скорости движения автомобиля, оборотов коленчатого вала двигателя, расхода воздуха, долговременной топливной коррекции и длительности импульса открытия форсунки от высоты над уровнем моря.

Ключевые слова: *распределённый впрыск, топливные форсунки, длительность импульса открытия форсунки, базовая длительность впрыскивания топлива, расход воздуха, обороты коленчатого вала двигателя, долговременная топливная коррекция, высота над уровнем моря, рельеф местности.*

Akunov B.U., Davlyatov U.R.

ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF THE PULSE DURATION OF OPENING THE INJECTOR OF THE ENGINE CONDITIONS OF THE VEHICLE

The results of the analysis of the dependence of the vehicle speed, rpm engine crankshaft, air flow, long-term fuel correction and a pulse duration of opening the injector height above the sea level.

Keywords: *injection, fuel injector pulse duration of opening the injector, the baseline duration of injection of fuel, air flow, rpm engine crankshaft, long-term fuel correction, altitude above sea level, the terrain.*

Большинство современных автомобильных двигателей, как известно, имеют систему распределённого впрыскивания топлива — так называемый многоточечный впрыск (*MPI — Multi Point Injection*). Такие системы могут работать в двух режимах: с обратной связью (замкнутый режим) и без неё (разомкнутый режим). Если двигатель оснащён системой с обратной связью, в системе выпуска устанавливается каталитический нейтрализатор отработавших газов и датчик, отслеживающий концентрацию кислорода в них (лямбда-зонд). По сигналам датчика электронный блок управления поддерживает состав топливно-воздушной смеси, обеспечивающий наиболее эффективную работу нейтрализатора. В системах, соответствующих нормам Евро-2, применяется один датчик концентрации кислорода, устанавливаемый до нейтрализатора. В системах, соответствующих нормам Евро-3 и выше, кислородных датчиков — два: до и после нейтрализатора.

Одним из основных параметров системы является длительность импульса впрыскивания топлива: от неё и зависит в основном расход топлива автомобиля.

В зависимости от режимов работы двигателя и условий эксплуатации автомобиля ЭБУ двигателя рассчитывает необходимое количество топлива для сгорания топливно-воздушной смеси в каждом рабочем цикле работы двигателя. Для подачи рассчитанного количества топлива в каждый из цилиндров двигателя, где будет происходить такт впуска, ЭБУ формирует электрический сигнал для топливной форсунки соответствующего ци-

линдра, определяющий момент её открытия и его продолжительность.

Известно, что при расчёте длительности импульса открытия форсунки ЭБУ использует информацию от датчика массового расхода воздуха (ДМРВ — *MAF — Mass Airflow Sensor*) о количестве воздуха, поступившего во впускной коллектор за один такт впуска, а также сигналы от датчиков, характеризующих режим работы двигателя.

Длительность импульса открытия форсунки определяется по формуле [2]:

$$\tau_{ИФ} = \tau_б \cdot K_д + \tau_з, \text{ мс},$$

где $\tau_б$ — базовая длительность впрыскивания топлива, которая зависит от массы воздуха, поступающего во впускной коллектор, и частоты вращения коленчатого вала двигателя, мс; $K_д$ — коэффициент для корректирования базовой длительности впрыскивания топлива, значение которого формируется по сигналам датчиков при работе двигателя в различных режимах; $\tau_з$ — время задержки срабатывания форсунки, так называемый lag time форсунки, мс. Понятно, что "чистое" время впрыскивания топлива рассчитывается, без учёта времени задержки срабатывания форсунки и определяет точную дозу впрыскиваемого топлива для образования соответствующей топливно-воздушной смеси.

Таким образом, базовой длительностью впрыскивания топлива называется время, при котором в каждый из цилиндров подаётся такое количество топлива, которое образуется с поступившим в цилиндр воздухом смесь стехиометрического состава, т.е. 14,7 кг воздуха на 1 кг топлива (или 14 700 г воздуха на 1000 г топлива).

Базовая длительность впрыскивания топлива для прогретого до рабочей температуры двигателя зависит только от двух переменных величин — массового расхода воздуха и частоты вращения коленчатого вала двигателя и одной постоянной величины, зависящей от количества тактов и цилиндров.

Автором проведён эксперимент на автомобиле "Тойота Королла Версо" с механической трансмиссией и двигателем модели 3ZZ-FE (Евро-4) рабочим объёмом 1,6 литра с топливной системой распределённого впрыскивания топлива.

Для проведения эксперимента выбрана международная автомобильная дорога Бишкек—Ош, которая соединяет северные регионы Кыргызской Республики с южными регионами, также соседними республиками — Узбекистаном и Таджикистаном. Также для неё характерны равнинные, горные и высокогорные условия эксплуатации автомобилей, тип дорожного покрытия — асфальтированный, удовлетворительного качества. При проведении эксперимента использовались программа *MotorData* и кабельный адаптер ELM 327 для соединения компьютера с *DLC*-разъёмом, т.е. с системой бортовой самодиагностики — *E-OBD (European On Board Diagnostics)* автомобиля, где снимались показания скорости движения автомобиля; обороты коленчатого вала двигателя; температуры охлаждающей жидкости двигателя и поступающего воздуха во впускном коллекторе; массовый расход воздуха; длительность импульса открытия форсунки; угол опережения зажигания; абсолютное положение дроссельной заслонки (в процентах); напряжения вырабатываемые датчиками кислорода до и после каталитического нейтрализатора; долговременная и кратковременная топливные коррекции, а также кратковременная топливная коррекция по первому датчику кислорода.

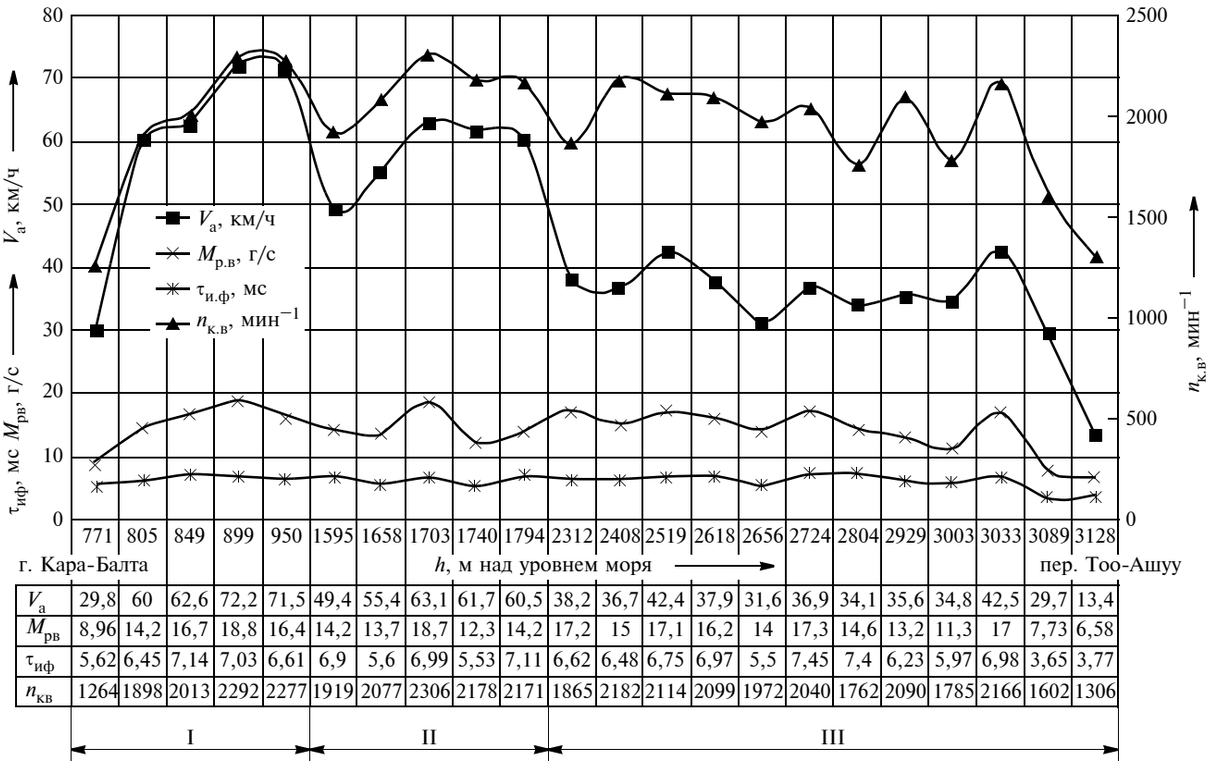
Согласно поставленной цели исследования и на основе полученных результатов замера вышеуказанных показателей элементов систем управления двигателя, в частности, в результате анализа зависимости скорости движения автомобиля, оборотов коленчатого вала двигателя, расхода воздуха и длительности импульса открытия форсунки от высоты над уровнем моря (рельефа местности) построен график (рис. 1).

Как видно из графика, на равнинном участке дороги обороты коленчатого вала двигателя и массовый расход воздуха достигают наибольших значений и, соответственно, скорость движения автомобиля составляет более 70 км/ч. Длительность импульса открытия форсунки практически остаётся как прямая линия.

На горном и высокогорном участках дороги скорость автомобиля заметно снижается (до 30 % по сравнению с равнинным участком дороги). Это связано со сложным рельефом местности и продольными наклонами дороги, которые составляют в пределах от 7 до 12 %, а также кривыми в плане дороги. Обороты коленчатого вала двигателя и массовый расход воздуха имеют неравномерные значения; на некоторых участках дороги снижаются, а некоторых — повышаются, тем самым, можно наблюдать на графике волнистые линии. Длительность импульса открытия форсунки, как видно из графика, практически остаётся неизменной (за исключением последних двух точек, так как автомобиль останавливается).

Объяснением этого может быть то, что при эксплуатации автомобиля в горных и высокогорных условиях снижаются мощностные и динамические показатели, повышается расход топлива, вредные выбросы в отработавших газах увеличиваются. Потому что на эти процессы, в основном, влияют понижение давления и плотности воздуха

av0917.fm Page 15 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM



h	771	805	849	899	950	1595	1658	1703	1740	1794	2312	2408	2519	2618	2656	2724	2804	2929	3003	3033	3089	3128
$V_а$	29,8	60	62,6	72,2	71,5	49,4	55,4	63,1	61,7	60,5	38,2	36,7	42,4	37,9	31,6	36,9	34,1	35,6	34,8	42,5	29,7	13,4
$M_{рв}$	8,96	14,2	16,7	18,8	16,4	14,2	13,7	18,7	12,3	14,2	17,2	15	17,1	16,2	14	17,3	14,6	13,2	11,3	17	7,73	6,58
$\tau_{иф}$	5,62	6,45	7,14	7,03	6,61	6,9	5,6	6,99	5,53	7,11	6,62	6,48	6,75	6,97	5,5	7,45	7,4	6,23	5,97	6,98	3,65	3,77
$n_{кв}$	1264	1898	2013	2292	2277	1919	2077	2306	2178	2171	1865	2182	2114	2099	1972	2040	1762	2090	1785	2166	1602	1306

Рис. 1. График зависимости скорости движения автомобиля $V_а$, частоты вращения коленчатого вала двигателя $n_{к.в}$, массового расхода воздуха $M_{р.в}$ и длительности импульса открытия форсунки $\tau_{и.ф}$ от высоты над уровнем моря h:

I — равнинный участок — 61—71 км автодороги Бишкек—Ош (участок Кара-Балта — пост "Сосновка"); II — горный участок — 97—106 км автодороги Бишкек—Ош (подъём в сторону перевала Тоо-Ашуу); III — высокогорный участок — 113—129 км автодороги Бишкек—Ош (подъём в сторону перевала Тоо-Ашуу)

с повышением рельефа местности, характеристики дороги, такие как продольные наклоны и спуски, кривые в плане дороги т.д. Кроме того, из-за сложности рельефа местности топливо в основном расходуется на преодоление сопротивления движению автомобиля, которое складывается из сопротивления качению колеса при движении автомобиля, сопротивления воздуха, сопротивления движения автомобиля на подъём и сопротивления инерционных сил самого автомобиля [3]. Чем выше частота вращения коленчатого вала двигателя и масса воздуха поступающего во впускной коллектор, т.е. чем больше нагрузка на двигатель, тем больше длительность импульса открытия форсунки и тем больше топлива впрыскивается форсункой для образования топливно-воздушной смеси. Поэтому при непрерывном движении автомобиля на подъём длительность импульса открытия форсунки практически остаётся неизменной.

Для более детального анализа зависимости длительности импульса открытия форсунки от высоты над уровнем моря рассмотрим следующее утверждение.

Как известно, в отработавших газах автомобиля всегда остаётся от 0,5 до 1,5 % остаточного кислорода, не участвовавшего в процессе сгорания топливно-воздушной смеси в цилиндрах двигателя. Датчик кислорода определяет массовую долю остаточного кислорода в отработавших газах и эту информацию в виде сигнала передаёт ЭБУ двигателя. На основании этой информации ЭБУ двигателя, как уже говорилось, даёт форсункам сигнал об уменьшении или увеличении подачи топлива во впускной коллектор, т.е. производит корректирование топливно-воздушного состава смеси. С другой стороны, с повышением высоты над уровнем моря снижаются давление и плотность воздуха, и количество воздуха, поступающего во впускной коллектор двигателя, должно снижаться по сравнению с нормальными равнинными условиями эксплуатации автомобиля. ЭБУ, получая информацию от датчика массового расхода воздуха о текущей массе и плотности воздуха, поступающего во впускной коллектор двигателя на данной высоте над уровнем моря, а также информацию от датчика кислорода об остаточном кислороде в отработавших газах, уменьшает длительность импульса открытия форсунки. То есть корректирует состав топливно-воздушной смеси, уменьшая подачу топлива форсункой и,

тем самым обеспечивает образование стехиометрического или близкого к стехиометрическому состава смеси для подачи в цилиндры двигателя. Этот процесс называется адаптацией (самообучением) ЭБУ к изменениям условий эксплуатации автомобиля при работе двигателя в различных режимах и является непрерывным процессом.

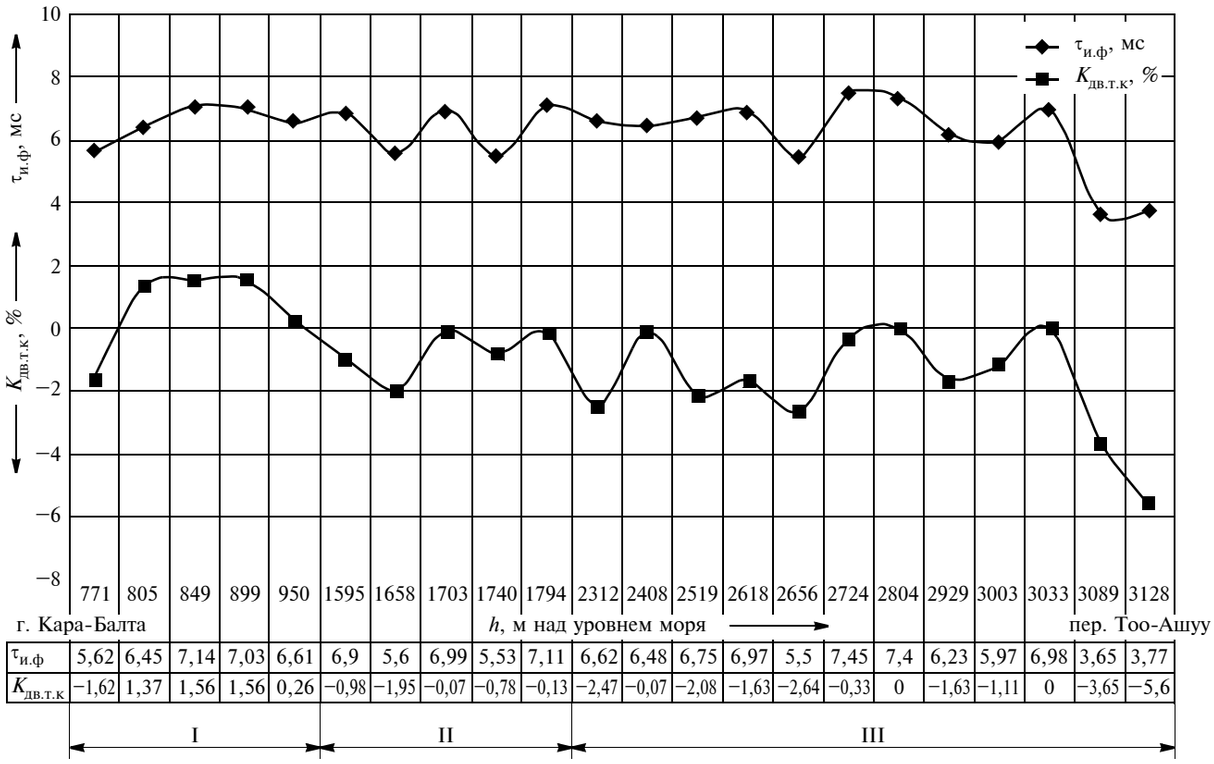
Одним из видов корректирования являются топливные коррекции или так называемый топливный баланс (*fuel trim*). Различают долговременные топливные коррекции (*long fuel trim — LFT*) и кратковременные топливные коррекции (*shot fuel trim — SFT*).

Долговременная топливная коррекция — характеризует величину изменения базового значения состава смеси, которое произведено для её оптимизации. Этот параметр — результат адаптации системы управления двигателя к его состоянию, его систем и компонентов, а также, особо следует подчеркнуть, к изменению условий эксплуатации автомобиля. Долговременная топливная коррекция остается в памяти и после выключения зажигания.

Кратковременная топливная коррекция — дополнительная и временная коррекция базового состава смеси, которая учитывает изменения напряжения датчика кислорода, т.е. "уточняет" состав смеси по остаточному кислороду в отработавших газах в текущий момент.

Следует заметить, что когда кратковременная топливная коррекция не приводит к обеспечению стехиометрического или близкого к нему состава смеси, то ЭБУ двигателя изменяет базовую длительность впрыска топлива в пределах допустимого и записывает в память новое значение этого параметра, т.е. происходит долговременная топливная коррекция.

На рис. 2 показана зависимость длительности импульса открытия форсунки и долговременной топливной коррекции от высоты над уровнем моря. Как видно из графика, на равнинном участке дороги показания долговременной топливной коррекции имеют положительные значения (за исключением начальной точки), что говорит о необходимости обогащения топливно-воздушной смеси. Так как происходит плавное увеличение оборотов коленчатого вала двигателя и массы воздуха, поступающего во впускной коллектор двигателя, автомобиль двигается со скоростью более 70 км/ч на ровном и прямом участке дороги. На горном и высокогорном участках дороги показания долговременной топливной коррекции име-



$\tau_{и.ф}$	5,62	6,45	7,14	7,03	6,61	6,9	5,6	6,99	5,53	7,11	6,62	6,48	6,75	6,97	5,5	7,45	7,4	6,23	5,97	6,98	3,65	3,77
$K_{дв.т.к}$	−1,62	1,37	1,56	1,56	0,26	−0,98	−1,95	−0,07	−0,78	−0,13	−2,47	−0,07	−2,08	−1,63	−2,64	−0,33	0	−1,63	−1,11	0	−3,65	−5,6

Рис. 2. График зависимости длительности импульса открытия форсунки $\tau_{и.ф}$ и долговременной топливной коррекции $K_{дв.т.к}$ от высоты над уровнем моря h:

I — равнинный участок — 61—71 км автодороги Бишкек—Ош (участок Кара-Балта — пост "Сосновка"); II — горный участок — 97—106 км автодороги Бишкек—Ош (подъём в сторону перевала Тоо-Ашуу); III — высокогорный участок — 113—129 км автодороги Бишкек—Ош (подъём в сторону перевала Тоо-Ашуу)

ют в основном отрицательные значения, за исключением некоторой точки, где показано нулевое значение. Это говорит о необходимости уменьшения подачи топлива форсункой, т.е. о необходимости обеднения топливно-воздушной смеси. То, что показывает об обеднении топливно-воздушной смеси связано с уменьшением плотности воздуха, поступающего в цилиндр двигателя, с увеличением высоты над уровнем моря и, соответственно, со снижением остаточного кислорода в составе отработавших газов при эксплуатации автомобиля в горных и высокогорных условиях.

Заметим, очертания линий длительности импульса открытия форсунки и долговременной топливной коррекции фактически идентичны: когда долговременная топливная коррекция имеет отрицательные значения, ЭБУ двигателя уменьшает длительность импульса открытия форсунки, тем самым уменьшая подачу топлива форсункой для образования необходимого топливно-воздушного состава смеси. И наоборот, это говорит о том, что датчики кислорода весьма надёжно обеспечивают обратную связь, т.е. "отслеживают" состав отработавших газов автомобиля и передают информацию ЭБУ, который затем обедняет или обогащает состав топливно-воздушной смеси в зависимости от режима работы двигателя и условий эксплуатации автомобиля, включая высоту над уровнем моря.

Литература

1. www.injectorservice.com.ua.
2. Bosch. Автомобильный справочник: Пер. с анг. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: ЗАО КЖИ "За рулём", 2004. — 992 с.
3. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. Учебник для вузов. — СПб. БХВ-Петербург, 2006. — 478 с.

УДК 629.113

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук **ТАРАСИК В.П.**
Белорусско-Российский университет (+375-222-253645)

Предложены математические модели, предназначенные для оценки тягово-скоростных свойств и проходимости автомобиля в различных дорожных условиях с учётом и без учёта буксования ведущих колёс. Показано, что тяговая сила ведущего колеса приложена к его оси и компенсирует силу сопротивления корпуса автомобиля. Для автомобиля как целостной системы вращающий момент ведущего колеса является тяговым моментом автомобиля, сообщающим ему энергию движения.

Ключевые слова: *тягово-скоростные свойства автомобиля, проходимость, тяговый момент автомобиля, сила тяги ведущего колеса, динамический фактор автомобиля, упругое и внешнее скольжение ведущего колеса.*

Tarasik V.P.

MATHEMATICAL MODELING OF THE AUTOMOBILE RECTILINEAR MOTION

The mathematical models for the estimation of traction-speed performance and automobile passability in various road conditions with and without consideration for slippage of the driving wheels are proposed. It is shown that the driving force of the driving wheel is applied to its axis and compensates the resistance force of the car body. For an automobile as a complete system, the driving wheel torque is the driving torque of the automobile, giving it the energy of motion.

Keywords: *automobile traction-speed performance, passability, driving torque of the automobile, driving force of the driving wheel, automobile dynamic factor, elastic and external sliding of the driving wheel.*

При проектировании автомобилей, проведении научно-исследовательских и поисковых работ по определению показателей тягово-скоростных и тормозных свойств, проходимости, топливной экономичности, оценке эффективности выполнения транспортных работ при заданных параметрах маршрутов движения в большинстве случаев используются математические модели прямолинейного движения автомобиля. Разработка новых моделей, адекватно описывающих процессы движения автомобиля в сложных дорожных условиях, позволит получить более полную и достоверную информацию о физических свойствах исследуемых автомобилей и осуществить поиск путей их совершенствования.

Движение автомобиля как единой системы, в которую входят все его механизмы, включая двигатель, трансмиссию, колёса и др., происходит под воздействием сил и моментов внешней среды. Силы взаимодействия механизмов автомобиля как элементов системы являются её внутренними взаимно уравновешивающимися силами и поэтому непосредственно на движение автомобиля влияния не оказывают. Их влияние опосредованно и проявляется лишь при взаимодействии автомобиля с опорной поверхностью дороги и воздушной средой. В модели прямолинейного движения предполагается, что центр масс автомобиля перемещается по прямой линии в продольной вертикальной плоскости. Все силы и моменты воздействий внешней среды на автомобиль расположены в этой плоскости.

При составлении модели системы внешних сил и моментов примем следующие допущения: левые и правые колёса одноимённых мостов имеют одинаковые нагрузки и размеры; опорная поверхность дороги представляется в виде прямой линии, наклонённой под углом α к горизонту; упру-

av0917.fm Page 18 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

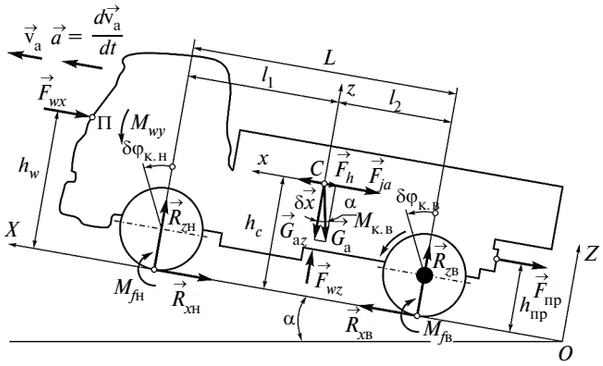


Рис. 1. Воздействия внешней среды на автомобиль при прямолинейном движении

гие свойства подвески не учитываются и колебания кузова не происходят.

Выберем две системы координат: неподвижную XOZ и подвижную xcZ, связанную с автомобилем. Начало подвижной системы координат находится в центре масс автомобиля C. Предположим, что автомобиль двухосный и заднеприводный.

Система внешних сил и моментов, действующих на автомобиль при принятых условиях, показана на рис. 1. В неё входят: $\vec{G}_а$ — сила тяжести автомобиля; $\vec{F}_w$ — аэродинамическая сила, состоящая из двух составляющих: лобовой силы сопротивления воздуха $\vec{F}_{wx}$ и подъёмной силы $\vec{F}_{wz}$; $\vec{M}_{wy}$ — аэродинамический момент, действующий относительно оси y; $\vec{F}_{пр}$ — сила сопротивления прицепа (может иметь угол наклона); $\vec{R}_{xн}$, $\vec{R}_{xв}$ — продольные реакции опорной поверхности дороги на колёса автомобиля; $\vec{R}_{zн}$, $\vec{R}_{zв}$ — нормальные реакции дороги.

Нормальная реакция $\vec{R}_{zi}$ вследствие гистерезисных потерь и окружных деформаций шины при качении колеса смещена вперёд по ходу автомобиля на некоторую величину $a_ш$ (рис. 2, *а*) и в совокупности с нормальной нагрузкой на шину $\vec{F}_{zi}$ составляет пару сил, момент которой создаёт сопротивление качению [1, 2]. Осуществим параллельный перенос силы $\vec{R}_{zi}$ так, чтобы она проходила через центр колеса O (рис. 2, *б*). В соответствии с *теоремой о параллельном переносе силы* [3, с. 58] получим эквивалентную систему воздействий на колесо, включающую силу $\vec{R}_{zi}$ и присоединённый момент $\vec{M}_{fi}$, представляющий собой момент сопротивления качению. Это преобразование учтено на рис. 1.

На параметры движения автомобиля (скорость и ускорение) также влияют сила инерции поступательно движущейся массы автомобиля $\vec{F}_{jа}$ и инерционные моменты колёс $\vec{M}_{jк.н}$, $\vec{M}_{jк.в}$, двигателя $\vec{M}_{jд}$ и трансмиссии $\vec{M}_{jтр}$ (на рис. 1 инерционные моменты не показаны). Их влияние можно заменить приведённой силой инерции $\vec{F}_{jа}$, приложенной в центре масс автомобиля. Воздействие этой силы должно быть эквивалентно силам инерции и инерционным моментам всех механизмов автомобиля при неустановившемся движении.

Силу $\vec{F}_{jа}$ будет создавать некоторая поступательно движущаяся масса $m_{а.пр}$, кинетическая энергия которой равна сумме кинетических энергий всех масс автомобиля в их действительных движениях (поступательных и вращательных).

Составим выражение суммарной кинетической энергии движения всех масс автомобиля:

$$m_{а.пр}\frac{\upsilon_а^2}{2} = m_а\frac{\upsilon_а^2}{2} + J_д\frac{\omega_д^2}{2} + \sum_{k=1}^{n} J_{тр.k}\frac{\omega_{трk}^2}{2} + J_{к.н}\frac{\omega_{к.н}^2}{2} + J_{к.в}\frac{\omega_{к.в}^2}{2},$$

где $m_{а.пр}$ — приведенная масса автомобиля, кинетическая энергия которой эквивалентна суммарной кинетической энергии всех подвижных масс автомобиля; $m_а$, $\upsilon_а$ — действительная масса и скорость автомобиля; $J_д$ — момент инерции двигателя, учитывающий все его подвижные элементы; $J_{к.н}$, $J_{к.в}$ — моменты инерции ведомых и ведущих колёс; $J_{трk}$ — момент инерции k-й вращающейся массы трансмиссии; n — количество учитываемых масс трансмиссии; $\omega_д$, $\omega_{трk}$, $\omega_{к.н}$, $\omega_{к.в}$ — угловые скорости соответствующих масс.

Учитывая известные соотношения между угловыми скоростями вращающихся масс и скоростью автомобиля, получаем следующее выражение для вычисления приведённой массы автомобиля [1]:

$$m_{а.пр} = m_а\left(1 + \frac{J_д u_{тр}^2 + J_{тр} + J_{к.в}}{r_к^2 m_а} + \frac{J_{к.н}}{r_{к0}^2 m_а}\right), \qquad (1)$$

где $r_{к0}$, $r_к$ — радиусы качения ведомого и ведущего колёс; $u_{тр}$ — передаточное число трансмиссии; $J_{тр}$ — приведённый суммарный момент инерции масс трансмиссии.

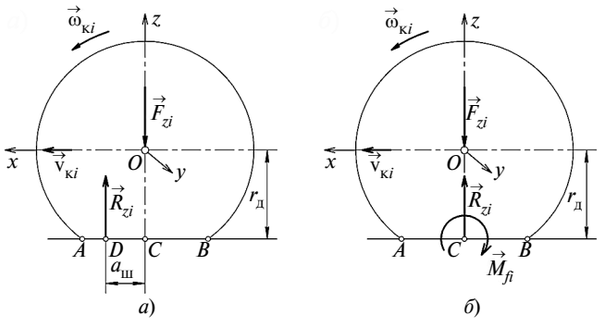


Рис. 2. Схема параллельного переноса нормальной реакции опорной поверхности на колесо

Приведённая сила инерции автомобиля $\vec{F}_{j\text{а}}$ вычисляется по формуле

$$\vec{F}_{j\text{а}} = -m_{\text{а.пр}}\frac{d\vec{v}_{\text{а}}}{dt} = -\delta_{\text{п.м}}m_{\text{а}}\frac{d\vec{v}_{\text{а}}}{dt}, \qquad (2)$$

где $\delta_{\text{п.м}}$ — коэффициент приведённой массы (соответствует выражению в скобках формулы (1)).

Воздействия внешней среды на автомобиль — силы и вращающие моменты — представляют собой векторные величины. Свойства векторов сил и моментов существенно различаются. Вектор силы характеризуется тремя факторами: модулем (численным значением), направлением и точкой приложения [3, с. 10]. Вращающий момент образуется парой сил, находящихся в плоскости действия момента, вектор момента направлен перпендикулярно этой плоскости, положительное направление момента — против часовой стрелки. Точки приложения вектор момента не имеет, поэтому его можно перемещать относительно плоскости действия [3, с. 33].

Воздействия внешней среды на автомобиль можно разделить на две категории: потребители и источники энергии. Принадлежность каждого воздействия к соответствующей категории можно определить по знаку выполняемой им работы или мощности.

Элементарная работа δW_F силы $\vec{F}$ на возможном перемещении точки её приложения $\delta\vec{x}$ равна скалярному произведению векторов $\vec{F}$ и $\delta\vec{x}$

$$\delta W_F = \vec{F}\delta\vec{x} = F\delta x\cos(\vec{F}, \delta\vec{x}), \qquad (3)$$

а работа δW_M момента $\vec{M}$ на возможном угловом перемещении твёрдого тела $\delta\vec{\varphi}$

$$\delta W_M = \vec{M}\delta\vec{\varphi} = M\delta\varphi\cos(\vec{M}, \delta\vec{\varphi}). \qquad (4)$$

Мощности P_F и P_M силы $\vec{F}$ и момента $\vec{M}$

$$P_F = \vec{F}\vec{v} = Fv\cos(\vec{F}, \vec{v});$$
$$P_M = \vec{M}\vec{\omega} = M\omega\cos(\vec{M}, \vec{\omega}), \qquad (5)$$

где $\vec{v}$ — скорость точки приложения силы $\vec{F}$; $\vec{\omega}$ — угловая скорость вращения твёрдого тела под действием момента $\vec{M}$.

Если δW_F, δW_M, P_F, P_M положительны, это означает, что данные воздействия являются источниками энергии, в противном случае они будут потребителями энергии.

Анализируя внешние воздействия на автомобиль, отображённые на рис. 1, нетрудно видеть, что все они являются потребителями энергии. Единственная сила — продольная реакция опорной поверхности на ведущие колёса $\vec{R}_{x\text{в}}$ — имеет направление, совпадающее с направлением вектора скорости автомобиля $\vec{v}_{\text{а}}$. Если колесо не проскальзывает относительно дороги, то эта сила приложена в неподвижной точке контакта колеса с дорогой, следовательно, её мощность равна нулю, и она не выполняет работы. Если же колесо пробуксовывает, то вектор скорости скольжения $\vec{v}_s$ направлен противоположно вектору $\vec{R}_{x\text{в}}$, а выполняемая работа и мощность его будут отрицательны. Таким образом, продольная реакция дороги на ведущие колёса $\vec{R}_{x\text{в}}$ не является источником энергии и движущей силой. Следовательно, должен быть какой-то другой источник энергии, обеспечивающий преодоление сопротивлений движению.

Источник энергии автомобиля — его двигатель. Однако двигатель является одним из внутренних механизмов системы. А факторы взаимодействия внутренних механизмов системы взаимно уравновешиваются и компенсируются. Поэтому возникает необходимость выяснения, каким образом используется энергия двигателя для сообщения кинетической энергии движения автомобиля.

Расчленим механическую систему автомобиля на два компонента: компонент, совершающий поступательное движение, и компонент, совершающий вращательное движение, выделив при этом из общей системы автомобиля ведущее колесо. К первому компоненту отнесём корпус автомобиля и все механизмы, находящиеся в корпусе, а также ведомые колёса. При этом примем во внимание, что колесо совершает сложное движение, в данном случае — плоское.

Плоское движение колеса можно представить состоящим из поступательного движения совместно с корпусом автомобиля и вращательного движения относительно корпуса. Массу колеса, совершающую поступательное движение, присоединим к массе корпуса. Тогда второй выделенный компонент будет отображать лишь вращательное движение ведущего колеса.

Используя *принцип освобождаемости от связей* [4, с. 491], представим взаимодействие выделенных компонентов соответствующими реакциями связей. Учитывая, что шина ведущего колеса обладает упругими свойствами, применим к ней *принцип отвердевания* [3, с. 14], т.е. не будем учитывать её деформацию.

Реакции связей выделенных компонентов представляют собой совокупность *главного вектора* и *главного момента*. Необходимо также учесть воздействия внешней среды на ведущее колесо, которые также выражаются главным вектором и главным моментом.

На рис. 3, *а* представлены реакции воздействий корпуса автомобиля и опорной поверхности дороги на ведущее колесо.

av0917.fm Page 20 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

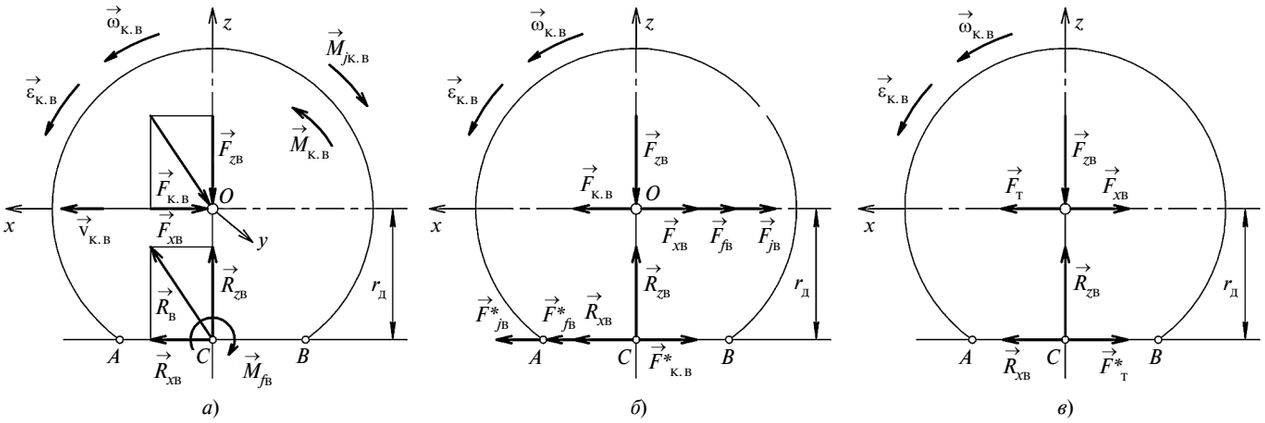


Рис. 3. Схема воздействий корпуса автомобиля и опорной поверхности дороги на ведущее колесо

Со стороны корпуса на ведущее колесо воздействует главный вектор $\vec{F}_{\text{к.в}}$ и главный момент $\vec{M}_{\text{к.в}}$. Каждый из них в общем случае может состоять из трёх компонентов, направленных вдоль координатных осей x, y, z: $\vec{F}_{\text{к.в}} = \vec{F}_{x\text{в}} + \vec{F}_{y\text{в}} + \vec{F}_{z\text{в}}$; $\vec{M}_{\text{к.в}} = \vec{M}_{x\text{в}} + \vec{M}_{y\text{в}} + \vec{M}_{z\text{в}}$. Так как колесо движется в плоскости xOz, то $\vec{F}_{y\text{в}} = 0$; $\vec{M}_{x\text{в}} = 0$; $\vec{M}_{z\text{в}} = 0$. Векторы $\vec{F}_{\text{к.в}}$, $\vec{F}_{x\text{в}}$, $\vec{F}_{z\text{в}}$ изображены на рис. 3, *а*.

Главный момент $\vec{M}_{\text{к.в}}$ в данном случае имеет лишь один компонент $\vec{M}_{y\text{в}}$ — это вращающий момент $\vec{M}_{\text{к.в}}$, подводимый к ведущему колесу и представляющий собой параметр потока энергии, передаваемой от двигателя через трансмиссию.

При неустановившемся движении вращающий момент $\vec{M}_{\text{к.в}}$ вычисляется с учётом инерционных моментов двигателя $\vec{M}_{j\text{д}}$ и трансмиссии $\vec{M}_{j\text{тр}}$ по формуле [1]

$$\vec{M}_{\text{к.в}} = \vec{M}_{\text{д}} u_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} - \frac{J_{\text{д}} u_{\text{тр}}^2 + J_{\text{тр}}}{r_{\text{к}}} \cdot \frac{d\vec{v}_{\text{а}}}{dt}, \qquad (6)$$

где $\vec{M}_{\text{д}}$ — вращающий момент двигателя; $\eta_{\text{тр}}$ — КПД трансмиссии.

Для вычисления значения момента $M_{\text{д}}$ в общем случае можно использовать выражение [1]

$$M_{\text{д}} = \left| \begin{array}{l} M_P(1 - k_{\text{в.о}}) \sum\limits_{n=0}^{N} b_n (n_{\text{д}}/n_P)^n \text{ при } n_{\text{д}} \le n_P; \\ M_P(1 - k_{\text{в.о}}) - k_P(n_{\text{д}} - n_P) \text{ при } n_{\text{д}} > n_P, \end{array} \right. \qquad (7)$$

где M_P, n_P — вращающий момент и частота вращения вала двигателя при максимальной мощности; $n_{\text{д}}$ — текущее значение частоты вращения; $k_{\text{в.о}}$ — коэффициент отбора мощности двигателя; b_n — коэффициент уравнения регрессии, используемой для описания внешней скоростной характеристики двигателя; N — степень полинома аппроксимации характеристики; k_P — коэффициент наклона регуляторной ветви характеристики двигателя.

Главный вектор реакции опорной поверхности на колесо $\vec{R} = \vec{R}_x + \vec{R}_y + \vec{R}_z$, а главный момент $\vec{M}_{\text{о.п}} = \vec{M}_{\text{о.п}x} + \vec{M}_{\text{о.п}y} + \vec{M}_{\text{о.п}z}$. В рассматриваемом случае $\vec{R}_y = 0$; $\vec{M}_{\text{о.п}x} = 0$; $\vec{M}_{\text{о.п}z} = 0$. В результате вектор $\vec{R}$ состоит из продольной $\vec{R}_{x\text{в}}$ и нормальной $\vec{R}_{z\text{в}}$ реакций, а главный момент — из $\vec{M}_{\text{о.п}y} = \vec{M}_{f\text{в}}$, где $\vec{M}_{f\text{в}}$ — момент сопротивления качению, действующий в плоскости вращения колеса xOz.

Колесо вращается с угловой скоростью $\vec{\omega}_{\text{к.в}}$ и угловым ускорением $\vec{\varepsilon}_{\text{к.в}}$. Так как вращение неравномерное, то возникает инерционный момент $\vec{M}_{j\text{к.в}} = -J_{\text{к.в}}\vec{\varepsilon}_{\text{к.в}}$, где $J_{\text{к.в}}$ — момент инерции колеса.

Рассмотрим подробнее реакции корпуса автомобиля на ведущее колесо. Реакция $\vec{F}_{z\text{в}}$ представляет собой нормальную нагрузку на колесо, а реакция $\vec{F}_{x\text{в}}$ — сопротивление движению корпуса автомобиля. Вращающий момент $\vec{M}_{\text{к.в}}$ можно выразить парой сил $\vec{F}_{\text{к.в}}\vec{F}^*_{\text{к.в}}$ с плечом $r_{\text{д}}$. Тогда модуль момента $M_{\text{к.в}}$ определим из выражения $M_{\text{к.в}} = F_{\text{к.в}} r_{\text{д}} = F^*_{\text{к.в}} r_{\text{д}}$, где $r_{\text{д}}$ — динамический радиус колеса. Силу $\vec{F}_{\text{к.в}}$, составляющую эту пару, приложим в центре колеса O, как показано на рис. 3, *б*, тогда сила $\vec{F}^*_{\text{к.в}}$ будет приложена в точке C. При этом $\vec{F}^*_{\text{к.в}} = -\vec{F}_{\text{к.в}}$. Сумма проекций этих сил на ось x равна нулю. Следовательно, замена момента $\vec{M}_{\text{к.в}}$ парой сил $\vec{F}_{\text{к.в}}$, $\vec{F}^*_{\text{к.в}}$ не изменила воздействия корпуса автомобиля на колесо.

Определим мощность вращающего момента $\vec{M}_{\text{к.в}}$:

$$P_{\text{к.в}} = \vec{M}_{\text{к.в}}\vec{\omega}_{\text{к.в}} = M_{\text{к.в}}\omega_{\text{к.в}}\cos(\vec{M}_{\text{к.в}}, \vec{\omega}_{\text{к.в}}).$$

Так как $\cos(\vec{M}_{\text{к.в}}, \vec{\omega}_{\text{к.в}}) = 1$, поскольку векторы $\vec{M}_{\text{к.в}}$ и $\vec{\omega}_{\text{к.в}}$ совпадают по направлению, то мощ-

ность $P_{\text{к.в}}$ положительна. Следовательно, момент $\vec{M}_{\text{к.в}}$ обеспечивает подвод энергии к ведущему колесу, т. е. является источником энергии вращательного движения ведущего колеса. В этой связи в [1] $\vec{M}_{\text{к.в}}$ называется *тяговым моментом автомобиля*.

Аналогично поступим с моментами $\vec{M}_{f\text{в}}$ и $\vec{M}_{j\text{к.в}}$. Заменим момент $\vec{M}_{f\text{в}}$ парой сил $\vec{F}_{f\text{в}}$, $\vec{F}^*_{f\text{в}}$ с плечом $r_{\text{д}}$. Силу $\vec{F}_{j\text{в}}$ приложим в точке O, а силу $\vec{F}^*_{f\text{в}}$ — в точке C. Инерционный момент $\vec{M}_{j\text{к.в}}$ представим парой сил $\vec{F}_{j\text{в}}$, $\vec{F}^*_{j\text{в}}$ с плечом $r_{\text{д}}$. Силу $\vec{F}_{j\text{в}}$ приложим в точке O, а силу $\vec{F}^*_{j\text{в}}$ — в точке C (см. рис. 3, *б*).

Запишем уравнения равновесия векторов, приложенных к ведущему колесу в точках O и C (см. рис. 3, *б*):

$$\vec{F}_{x\text{в}} + \vec{F}_{\text{к.в}} + \vec{F}_{f\text{в}} + \vec{F}_{j\text{в}} = 0;$$

$$\vec{R}_{x\text{в}} + \vec{F}^*_{\text{к.в}} + \vec{F}^*_{f\text{в}} + \vec{F}^*_{j\text{в}} = 0.$$

Введём обозначения:

$$\vec{F}_{\text{т}} = \vec{F}_{\text{к.в}} + \vec{F}_{f\text{в}} + \vec{F}_{j\text{в}}; \quad (8)$$

$$\vec{F}^*_{\text{т}} = \vec{F}^*_{\text{к.в}} + \vec{F}^*_{f\text{в}} + \vec{F}^*_{j\text{в}}. \quad (9)$$

В результате получаем следующие равенства:

$$\vec{F}_{\text{т}} = -\vec{F}_{x\text{в}}; \quad \vec{F}^*_{\text{т}} = -\vec{R}_{x\text{в}}. \quad (10)$$

На рис. 3, *в* представлена схема совокупности реакций корпуса автомобиля $\vec{F}_{x\text{в}}$, $\vec{F}_{z\text{в}}$, реакций опорной поверхности дороги $\vec{R}_{x\text{в}}$, $\vec{R}_{z\text{в}}$ и уравновешивающих эти реакции векторов воздействий, оказываемых ведущим колесом соответственно на корпус автомобиля $\vec{F}_{\text{т}}$ и на опорную поверхность дороги $\vec{F}^*_{\text{т}}$.

Вектор $\vec{F}_{\text{т}}$ представляет собой усилие, толкающее корпус автомобиля и сообщающее ему энергию движения. Следовательно, $\vec{F}_{\text{т}}$ — это *сила тяги ведущего колеса*. Совершенно очевидно, что *сила тяги ведущего колеса приложена к его оси* и уравновешивает силу сопротивления корпуса $\vec{F}_{x\text{в}}$. Мощность этого источника воздействия на корпус автомобиля

$$P_{\text{т}} = \vec{F}_{\text{т}}\vec{v}_{\text{к.в}} = F_{\text{т}}v_{\text{к.в}}\cos(\vec{F}_{\text{т}}, \vec{v}_{\text{к.в}}).$$

Так как направление вектора $\vec{F}_{\text{т}}$ совпадает с направлением скорости оси колеса $\vec{v}_{\text{к.в}}$ (следовательно, и скорости автомобиля $\vec{v}_{\text{а}}$, поскольку центр колеса O принадлежит одновременно корпусу автомобиля), то мощность силы тяги положительна. Это подтверждает тот факт, что сила $\vec{F}_{\text{т}}$ является источником энергии, покрывающим затраты на преодоление сопротивлений движению корпуса автомобиля.

Движение колеса можно также интерпретировать как элементарный поворот его под действием момента $M_{\text{т}} = F_{\text{т}}r_{\text{д}}$ на угол $\delta\varphi$ относительно неподвижной точки C. Работа момента при этом $\delta W = M_{\text{т}}\delta\varphi\cos(\vec{M}_{\text{т}}, \delta\vec{\varphi})$ положительна.

Модуль вектора $\vec{F}_{\text{т}}$ получим, проецируя на ось x все силы, приложенные к центру колеса O, исключая силу сопротивления корпуса $\vec{F}_{x\text{в}}$, и выражая их через соответствующие моменты, приложенные к ведущему колесу:

$$F_{\text{т}} = F_{\text{к.в}} - F_{f\text{в}} - F_{j\text{в}} = \frac{M_{\text{к.в}} - M_{f\text{в}} - M_{j\text{к.в}}}{r_{\text{д}}}. \quad (11)$$

Из выражения (11) видно, что часть энергии, подводимой от двигателя к ведущему колесу, затрачивается на преодоление сопротивления качению и разгон колеса.

Вектор $\vec{F}^*_{\text{т}}$ пары сил $\vec{F}_{\text{т}}$, $\vec{F}^*_{\text{т}}$ представляет собой продольную силу отталкивания ведущего колеса от опорной поверхности дороги. Действие силы $\vec{F}^*_{\text{т}}$ аналогично продольной составляющей силе отталкивания пешехода от опорной поверхности. Различие состоит лишь в том, что сила $\vec{F}^*_{\text{т}}$ колеса имеет непрерывный характер, а сила отталкивания пешехода — дискретный характер. Дискретный принцип отталкивания используется в шагающем движителе.

Рассмотрим пределы применимости схемы силовых воздействий на систему *корпус автомобиля — ведущее колесо — опорная поверхность дороги*, представленной на рис. 3, *в*. Эта схема соответствует как установившемуся, так и неустановившемуся режиму движения автомобиля, поскольку учитывает влияние инерционного момента колеса $\vec{M}_{j\text{к.в}}$. Взаимодействие реакций $\vec{F}_{z\text{в}}$ и $\vec{R}_{z\text{в}}$ не нуждается в пояснениях.

Проведём анализ особенностей продольных сил $\vec{F}_{x\text{в}}$, $\vec{F}_{\text{т}}$, $\vec{R}_{x\text{в}}$, $\vec{F}^*_{\text{т}}$. Модули всех этих сил (т. е. численные значения) одинаковы: $|F_{x\text{в}}| = |F_{\text{т}}| = |R_{x\text{в}}| = |F^*_{\text{т}}|$. Но продольная реакция дороги $R_{x\text{в}}$ ограничена по величине, поскольку её физической природой является сцепление (трение). Максимальное значение силы сцепления ограничено:

$$R_{x\text{в}} \le \varphi_x R_{z\text{в}}, \quad (12)$$

где φ_x — коэффициент сцепления.

Следовательно, ограничены значения и всех остальных взаимодействующих сил $F_{\text{т}}$, $F_{x\text{в}}$, $\vec{F}^*_{\text{т}}$, а при отсутствии контакта колеса с опорной поверхностью, когда $R_{z\text{в}} = 0$, все они также равны нулю. Условием реализации силы тяги ведущего колеса является наличие его контакта с опорной поверхностью. Можно также отметить, что при $R_{z\text{в}} = 0$ окажется $M_{f\text{в}} = 0$, в результате $\vec{M}_{\text{к.в}} = -\vec{M}_{j\text{к.в}}$, т. е. энергия двигателя будет затрачена на холостую

av0917.fm Page 22 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

раскрутку колеса до некоторой скорости, после достижения которой $\varepsilon_{к.в} = 0$ и $M_{к.в} = M_{jк.в} = 0$.

При скольжении колеса относительно опорной поверхности (буксование ведущего колеса, юз тормозящего колеса) параметр φ_x представляет собой коэффициент трения, величина которого снижается при возрастании относительной скорости.

Таким образом, при описании характеристики источника энергии плоского поступательного движения автомобиля можно использовать функцию вращающего момента ведущего колеса $M_{к.в}$, которую в данном случае будем называть *тяговым моментом автомобиля*.

(Продолжение в следующем номере.)

Литература

1. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 478 с.
2. Тарасик В.П., Бренч М.П. Теория автомобилей и двигателей: учебное пособие. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. — 448.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов. — М.: Высш. шк., 2002. — 416 с.
4. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Статика, кинематика, динамика: учебник для вузов. — М.: КНОРУС, 2010. — 608 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 621.278.019.8:629.3.023.153

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЛОМКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОЛУОСЕЙ ТРУБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ

Д-р техн. наук **КОВРИКОВ И.Т.**,
канд. техн. наук **ЮРШЕВ В.И.**, **ТАВТИЛОВ И.Ш.**,
ЗУБАКОВ В.А., **ЮРШЕВ И.В.**
Оренбургский ГУ (3532. 37-25-11)

Проанализированы причины выхода из строя автомобильных полуосей, нагрузки в процессе их эксплуатации, рассмотрены макро- и микроструктура материала полуоси трубчатого сечения, выявлена причина разрушения.

Ключевые слова: *полуось трубчатого сечения, среднеуглеродистая хромомолибденовая сталь, хрупкий излом, интеркристаллитный характер разрушения.*

Kovrikov I.T., Yurshev V.I., Tavtilov I.S., Zubakov V.A., Yurshev I.V.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF FAILURE OF AUTOMOBILE AXLE SHAFTS TUBULAR SECTION

Analyzed the causes of failure of automobile axle, the load in the process of exploiting them are considered macro- and microstructure of the material axle tubular section, identified the cause of the destruction.

Keywords: *axis of tubular section, medium carbon CR-mo steel, brittle fracture, intercrystalline character destruction.*

Полуоси ведущих мостов автомобилей передают крутящий момент от главной передачи и дифференциала к ведущим колёсам автомобиля и в процессе испытывают значительные нагрузки. Особенно при движении по грунту и дорогам с твёрдым покрытием в плохом состоянии. Поэтому изготовляют их с большим запасом прочности, и в большинстве моделей автомобилей полуось считается деталью достаточно надёжной. Обычно полуоси изготовляют из стали марок 30ХГС, 38ХГСФ, 40Х, 40Г, 35Х2ГСМА, 40ХМА, 40ХНМА и др. [1].

Однако поломки полуосей случаются, и тому есть ряд объективных причин.

Считается, что разгруженная полуось нагружается только крутящим моментом, передаваемым от дифференциала к ведущему колесу, но это не вполне соответствует действительности. При эксплуатации возможно возникновение изгиба разгруженной полуоси вследствие упругой деформации балки ведущего моста, технологической несоосности ступицы колеса и полуосевой шестерни дифференциала, а также неперпендикулярности плоскости фланца полуоси к ее оси. При этом напряжения изгиба разгруженной полуоси могут составлять 5...7 МПа.

В эксплуатации при чрезмерно больших динамических нагрузках могут возникнуть случаи, когда поломка деталей механизмов ведущего моста неизбежна. И в этом случае полуось, как легко и просто заменяемая деталь, должна быть наиболее слабым звеном в системе механизмов привода к ведущим колёсам автомобиля и первой выходить из строя, выполняя функцию предохранителя. Это достигается соответствующими конструктивными и технологическими мероприятиями, в ходе которых определяются размеры полуосей, материал, термообработка и др. (Расчёт полуосей выполняется для трёх нагрузочных режимов: прямолинейное движение автомобиля, занос автомобиля и переезд ведущих колёс через препятствие [2].) При "срабатывании предохранителя" крутящий момент не будет передаваться на колёса, и

автомобиль будет оставаться неподвижным, но рулевое управление и тормозная система останутся работоспособными, требования безопасности соблюдаются.

Причиной поломки полуоси могут быть и скрытые дефекты (раковины, микротрещины), не выявленные при установке полуоси на автомобиль или полученные при эксплуатации. Однако чаще всего причиной поломки полуосей становятся подшипники. Они ломаются из-за дефектов запорных колец, а также иногда заклиниваются вследствие попадания посторонних предметов или значительного износа.

Сами полуоси ломаются посередине, у шлицевой части или возле подшипника. В этом случае рассматривается вопрос о причинах поломки непосредственно полуоси. Если поломка эксплуатационная, то это "просто заменяемая деталь". Но если поломка совпадает во временном интервале с дорожно-транспортным происшествием, то возникает правомерный и сложный вопрос: когда произошло разрушение и что является его причиной?

В литературе большинство исследований по изломам приводится по валам и полуосям сплошного сечения, меньше информации по полуосям трубчатого сечения. Причины и характер излома трубчатых полуосей пока изучены недостаточно. В настоящей статье рассмотрена причина поломки правой полуоси автомобиля в средней части рис. 1, 2.

При изломе наблюдается некоторый изгиб (рис. 3, контроль линейкой). На рис. 4 показан внешний вид излома полуоси предположительно со следами внешнего воздействия. На рис. 5 — внешний вид излома полуоси трещиной и вторичным механическим воздействием, частично смявшим поверхность излома, — вероятно от соприкосновения со второй половиной полуоси во время взаимного перемещения. Стрелкой отмечены раскрытые трещины внутри полой полуоси, что предопределяет направление изгиба полуоси.

На правой половине рис. 5 отмечается характерный "язык", предположительно образовавшийся в результате изгиба (излома) с кручением. Поверхность излома и зерна металла не показывают потертости от взаимного перемещения, характерных для усталостного разрушения, не обнаруживается зона предварительного излома. Также не выявлены характерные линии развития усталостной трещины.

В ходе визуально-измерительного контроля разрушенной полуоси установлено при помощи металлической линейки, что полуось изогнута (см. рис. 3). Изгиб полуоси происходил относительно упора, отпечаток упора явным образом обнаруживаются рядом с поверхностью излома. В месте

Рис. 1. Внешний вид фрагментов полуоси

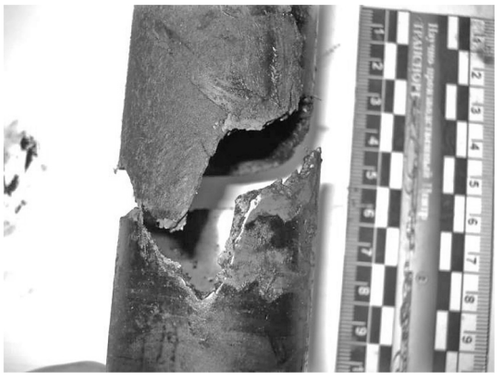


Рис. 2. Внешний вид полуоси при совмещении излома

Рис. 3. Внешний вид изгиба полуоси (правый излом)

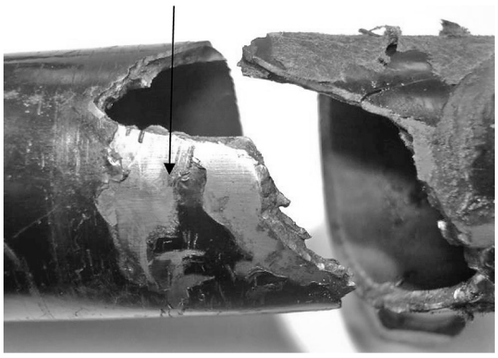


Рис. 4. Внешний вид излома полуоси со следами внешнего воздействия

av0917.fm Page 24 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

Рис. 5. Внешний вид излома полуоси со следами вторичной коррозии и трещиной

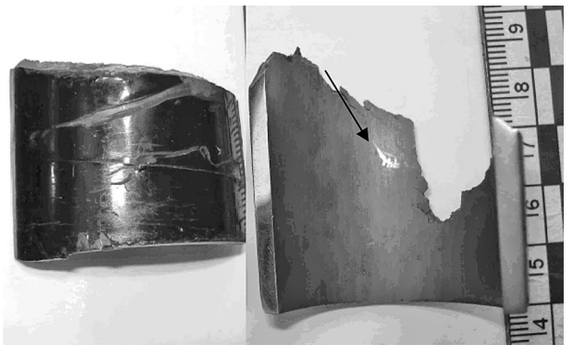


Рис. 6. Вырезанные образцы для микро и макроанализа (стрелкой указаны раскрытые трещины)

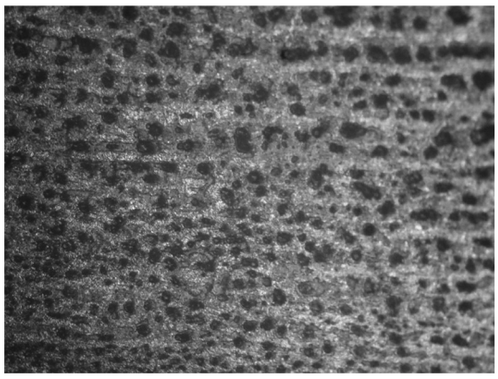


Рис. 7. Полосчатость, ×500

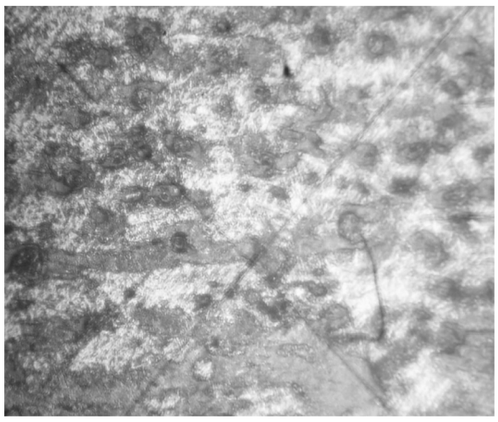


Рис. 8. Микроструктура, ×500

упора защитное покрытие отсутствует, и по покрытию наблюдаются указанные стрелкой следы скольжения от внешнего воздействия (см. рис. 4). Изгиб полуоси под внешним воздействием сопровождался некоторой пластической деформацией на длине 150...170 мм, при этом стрела в середине прогиба 0,8...1,2 мм.

Таким образом, можно утверждать, что характер излома имеет признаки хрупкого излома; металл имеет высокую прочность, характеризующуюся значительным сопротивлением развитию трещины; имеется некоторая утяжка и наличие рваных краёв, свидетельствующая об отсутствии пластической деформации, которая наблюдается при хрупком изломе, и твёрдость.

Для детального исследования с одной половины полуоси были вырезаны образцы из левой половины полуоси (по ходу автомобиля и по рисунку) (рис. 6). Изучение поверхности производилось до и после очистки поверхности излома при помощи растворителя № 646, ацетона и щётки, с помощью лупы с шестикратным увеличением, металлографического микроскопа и электронного растрового микроскопа. Спектральный анализ химического состава металла определялся на приборе "PMI-Мастер", результаты представлены в таблице.

По химическому составу это среднеуглеродистая хромомолибденовая сталь, аналог отечественной стали типа 45ХМА. Твёрдость металла измерялась на твердомере "ТК-2М". Среднеарифметическое значение твёрдости HRC 47. По источнику [3, 4] идентифицирована сталь № 169 с подробными микроструктурами, термообработкой и твёрдостью. Химический состав, значения твёрдости, термообработка, микроструктура металла полуоси хорошо коррелируются с известными характеристиками из литературных источников, как по зарубежным, так и по отечественным изданиям [3—7].

Микроструктура стали показывает, что даже после термообработки наблюдается полосчатость (рис. 7) в направлении интенсивного течения металла, что характерно для трубных заготовок на стадии производства. Микроструктура стали представляет бейнит, состоящий из широких игл феррита, между которыми располагается некоторое количество карбидов и множество мелких участков мартенсита. Только иногда встречаются более крупные участки мартенсита (рис. 8).

Химический состав металла, % (среднее из трёх замеров)										
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu	Mo	Ti
0,42—0,5	0,18	0,72	0,019	0,017	1,1	0,06	0,03	0,03	0,24	0,02

av0917.fm Page 25 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

Проверка поверхности микрошлифа рядом с изломом, на расстоянии 14 мм, выявила (визуально) значительную трещину (рис. 9 поз. I и рис. 10), а на наружной поверхности полуоси (металлографически) — меньшую трещину (рис. 9 поз. II и рис. 11) и поверхностный дефект (рис. 9 поз. III). Кроме того, найдена трещина на внутренней поверхности трубчатой полуоси (вероятно, результат кручения при изгибе) (рис. 9 поз. IV и рис. 12). Эпюра (рис. 9) подтверждает наличие растягивающих напряжений на внутренней стенке в исследуемом участке.

Для получения более полной картины о строении металла и излома образцы подвергнуты

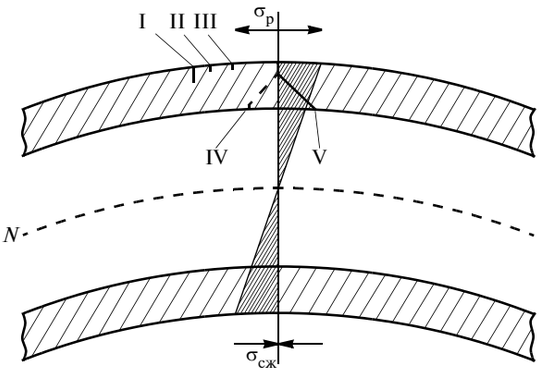


Рис. 9. Эпюра напряжений

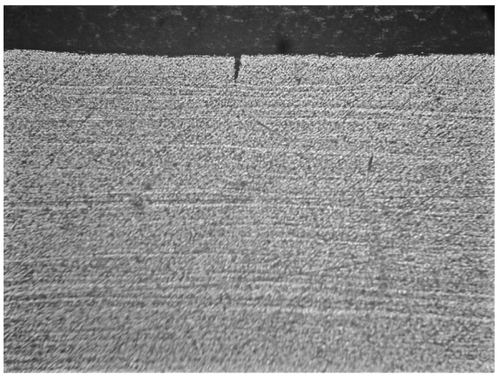


Рис. 12. Внутренняя микротрещина. ×500

Рис. 10. Трещина на наружной поверхности, ×200

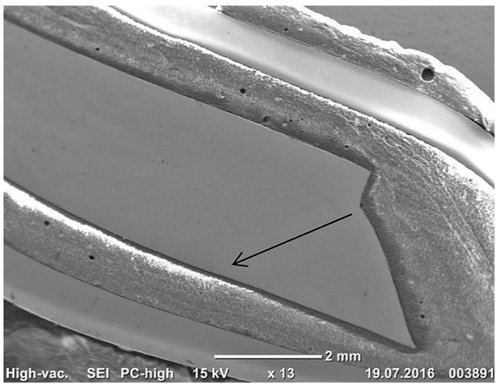


Рис. 13. Общий вид ступенчатого излома

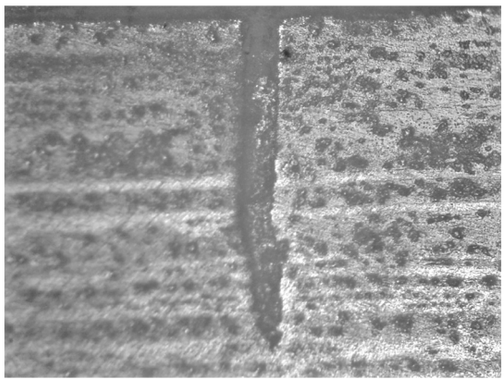


Рис. 11. Микротрещина, ×500

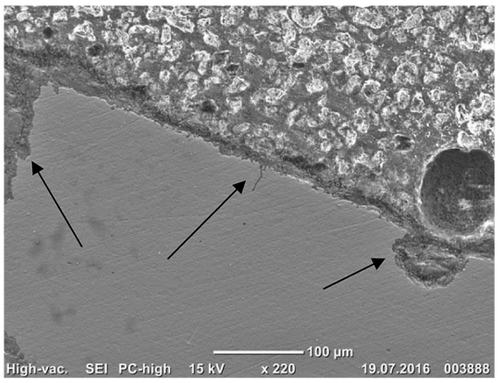


Рис. 14. Большая трещина (слева), малая трещина (в центре), поверхностный дефект (справа)

av0917.fm Page 26 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

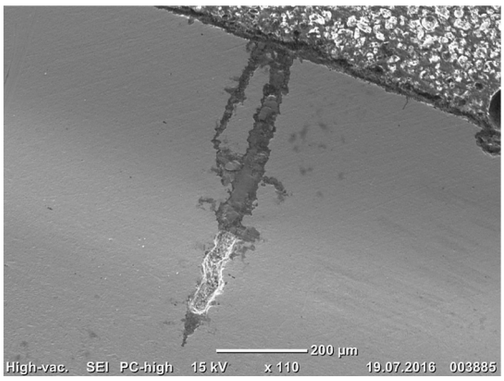


Рис. 15. Большая трещина

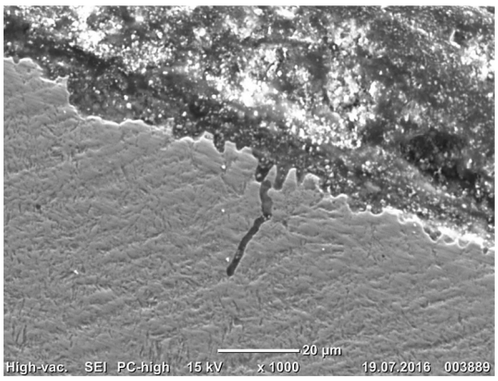


Рис. 16. Микротрещина (с рис. 14, увеличено)

анализу на электронном микроскопе. На микрошлифе рассмотрены общий вид ступенчатого излома (рис. 13), где стрелкой показано направление действия напряжений, и наружные трещины (рис. 14—16).

По периметру излома, где было наибольшее напряжение растяжения при изгибе, наблюдается ярко выраженное ступенчатое строение излома со скосом (см. рис. 13) — начало излома перпендикулярно поверхности, и через некоторое небольшое расстояние, преобладающие касательные напряжения продолжают разрушение под углом около 45° (рис. 9 поз. V). Скос на хрупком изломе указывает место непосредственного разрушения касательными напряжениями [6].

Поверхностный дефект большого размера справа (см. рис. 14), в виде полуокружности, не привёл к образованию трещины, так как он является радиусным (не явно выраженный концентратор, поверхностный допустимый дефект). Дефект в виде трещины слева, также мог привести к разрушению, находится на удалении от места разрушения. Вероятнее всего, трещина образована от явно выраженного концентратора напряжения в виде надреза, показанного в центре, значительно меньшего размера, имеющего пилообразное

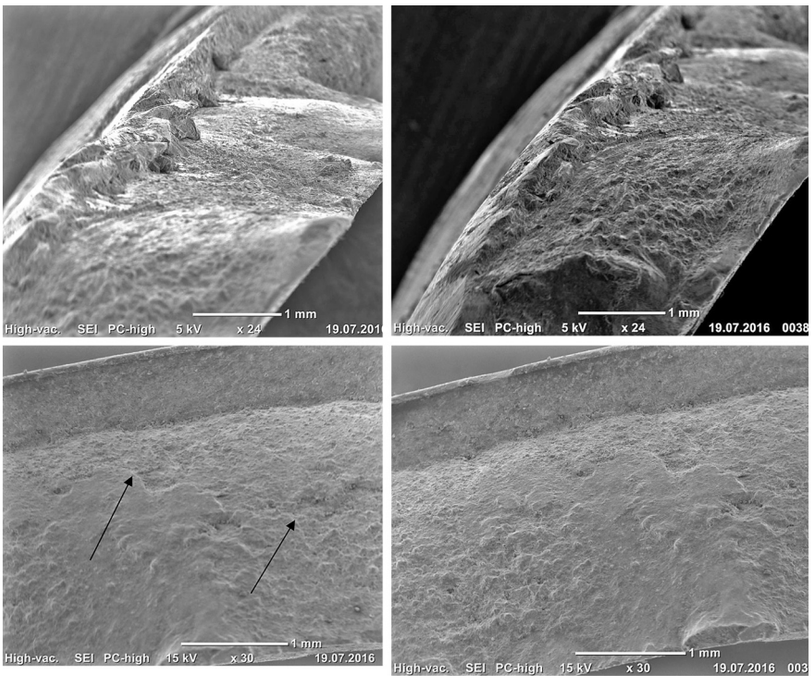


Рис. 17. Макроструктура поверхности излома

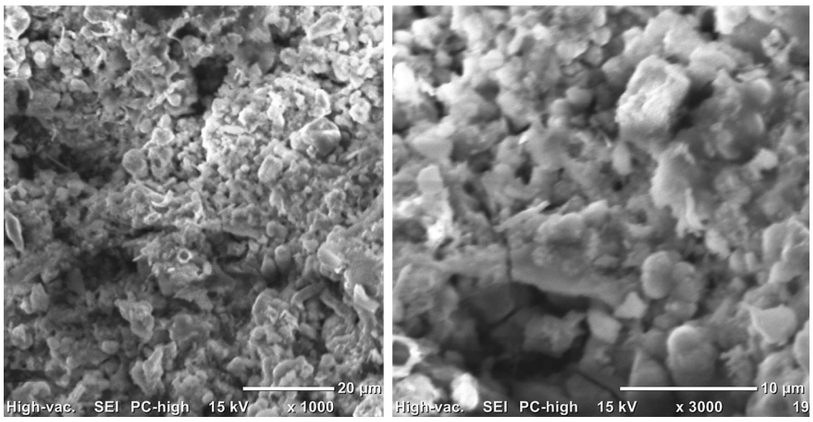


Рис. 18. Растровые увеличения поверхности излома

основание и форму. Форма, размеры трещины и действие напряжения разрушения хорошо наблюдаются на рис. 16.

Во время основного разрушения близлежащие участки также испытывали предельные нагрузки, что подтверждается обнаруженными трещинами (см. рис. 14, 15, 16).

Далее было произведено исследование микроструктуры при меньших увеличениях в целях визуализировать характер и качество скола для подтверждения наших исследований. Макроструктура имеет ярко выраженное ступенчатое строение со ступеньками скола по всей поверхности излома (показано стрелкой). Анализ микроструктуры позволяет говорить об интеркристаллитном хрупком характере разрушения [8] со ступеньками скола (рис. 17) [3—6].

Растровые увеличения поверхности излома (рис. 18) показывают поверхность разрушенных зёрен, их явно выраженное кристаллическое строение, и исключает вероятность усталостного излома. Взаимного многократного перемещения зёрен (заглаживаний, усталостных линий отдыха) не обнаружено. Излом является хрупким [3—4, 5, 8].

По результатам исследования разрушения полуоси переднего правого колеса автомобиля авторы пришли к выводу, что причиной разрушения в виде поперечного излома является изгиб с кручением, при столкновении с препятствием в результате дорожно-транспортного происшествия.

Литература

1. Масино М.А., Алексеев В.Н., Мотовилин Г.В. и др. Автомобильные материалы: Справочник инженера-механика. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1979. — 288 с.
2. ОАО "ПЕГАС" Режим доступа: http://pegasus-auto.com/vahlamov/2/konstruk31.htm
3. Металлография железа. Том 1. Основы металлографии (с атласом микрофотографий). Перев. с англ. М.: Металлургия, 1972, с. 240.
4. Металлография железа. Том 2. Структура сталей (с атласом микрофотографий). Перев. с англ. М.: Металлургия, 1972, с. 284.
5. Металлография сплавов железа. Справ. Изд. Пер. с нем. / Н. Лямбдер, Т. Греди, Л. Хабракен. М.: Металлургия, 1985, с. 248.
6. Фрактографии и атлас фрактограмм. Справ. Пер. с англ. Под ред. Дж. Фуллоуза. — М.: Металлургия, 1982.
7. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. — 3-изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
8. Консалтинговый проект "EAM". Режим доступа: http://eam.su/3-3-vidy-razrushenij-i-izlomov.html

УДК 656.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП

Канд. техн. наук **ЭНГЛЕЗИ И.П.**
Донецкая академия транспорта
(engirina5@gmail.com)

Определяется зависимость вероятности возникновения ДТП от интенсивности попутного, встречного и суммарного потоков транспортных средств.

Ключевые слова: *параметры транспортных потоков, интенсивность движения, вероятность возникновения ДТП, участок транспортной сети.*

Englesi I.P.

INFLUENCE PARAMETERS OF TRAFFIC FLOWS ON THE PROBABILITY OF OCCURRENCE OF THE TRAFFIC ACCIDENTS

The article determines the dependence of the probability of the occurrence of an accident on the intensity of wake, counter and total flow of vehicles.

Keywords: *Parameters of traffic flows, traffic volume, the probability of an traffic accident, field of transport network.*

Объёмы перевозок опасных грузов, как и число дорожно-транспортных происшествий при таких перевозках, непрестанно растут. Аварии эти отличаются особенно высокой тяжестью последствий, которые могут развиваться в течение продолжительного времени и охватывать значительные территории, что вызвано свойствами грузов. Поэтому единственный критерий при прокладывании маршрутов движения транспортных средств, перевозящих опасные грузы, — минимальная вероятность возникновения ДТП.

Основным методом определения уровня аварийности на участках дорог является метод линейных графиков коэффициентов аварийности, предложенный В.Ф. Бабковым [1]. По этому методу на каждом участке дороги определяются условия движения: интенсивность, ширина проезжей части, ширина обочины, продольный уклон, радиусы кривых в плане, видимость, длина прямых участков, состояние покрытия, наличие перекрестков и населённых пунктов. По исходным данным определяются значения частных коэффициентов аварийности k_i и рассчитывается итоговый коэффициент аварийности на каждом участке по формуле 1 (табл. 1).

Дорожно-транспортное происшествие — ситуация случайная, зависящая от многих факторов. В общем случае вероятность события определяется отношением (формула 2) числа появления отдельных случаев к общему числу проведённых

av0917.fm Page 28 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$K_{\text{итог}} = \prod_{i=1}^{n} k_i$	—
2	$P(\Omega) = \frac{n}{N}$	—
3	$P_{\text{ДТП}} = \frac{n_{\text{ДТП}}}{N}$	$n_{\text{ДТП}}$ — число транспортных средств, попавших в ДТП на рассматриваемом участке дороги; N — общее число транспортных средств, проехавших по рассматриваемому участку дороги
4	$\vec{P}^{\text{д}}_{\text{ДТП}} = \frac{\vec{N}_{\text{ДТП}}}{\vec{F}_{\tau}\tau}$	$\vec{N}_{\text{ДТП}}$ — число транспортных средств, попавших в ДТП по данному направлению на рассматриваемом участке дороги за период τ между ДТП, которые произошли при зафиксированных значениях интенсивности движения, ед.; τ — время, в течение которого имел место зафиксированный диапазон интенсивности движения за период между ДТП, ч; $\vec{F}_{\tau}$ — зафиксированный диапазон интенсивности движения за период времени τ между ДТП, авт./ч
5	$P_{\text{ДТП}} = f(k_a, l, \vec{F}, \overleftarrow{F}, H)$	k_a — итоговый коэффициент аварийности, рассчитанный по методу В.Ф. Бабкова; l — длина участка дороги (где k_a = const), км; $\vec{F}$, $\overleftarrow{F}$ — соответственно интенсивности движения попутного и встречного потоков транспортных средств, авт./ч; H — ширина проезжей части, м
6	$P_{\text{ДТП}} = 3\text{E} - 08 \cdot \overleftarrow{F} - 2\text{E} - 06$	Линейная модель
7	$P_{\text{ДТП}} = 4\text{E} - 08 \cdot \vec{F} - 6\text{E} - 06$	
8	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 08 \cdot (\overleftarrow{F} + \vec{F}) - 7\text{E} - 06$	
9	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 08 \cdot \overleftarrow{F}^{0,9907}$	Степенная модель
10	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 09 \cdot \vec{F}^{1,4189}$	
11	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 10 \cdot (\overleftarrow{F} + \vec{F})^{1,6076}$	
12	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 06 \cdot \text{e}^{0,0025\overleftarrow{F}}$	Экспоненциальная модель
13	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 06 \cdot \text{e}^{0,003\vec{F}}$	
14	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 06 \cdot \text{e}^{0,0017(\overleftarrow{F} + \vec{F})}$	
15	$P_{\text{ДТП}} = 1\text{E} - 05 \cdot \text{Ln}(\overleftarrow{F}) - 5\text{E} - 05$	Логарифмическая модель
16	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 05 \cdot \text{Ln}(\vec{F}) - 1\text{E} - 04$	
17	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 05 \cdot \text{Ln}(\overleftarrow{F} + \vec{F}) - 1\text{E} - 04$	
18	$P_{\text{ДТП}} = 4\text{E} - 11\overleftarrow{F}^2 - 8\text{E} - 09 \cdot \overleftarrow{F} + 5\text{E} - 06$	Полиномиальная модель второй степени
19	$P_{\text{ДТП}} = 2\text{E} - 12 \cdot \vec{F}^2 + 4\text{E} - 08\vec{F} - 6\text{E} - 06$	
20	$P_{\text{ДТП}} = 9\text{E} - 12 \cdot (\overleftarrow{F} + \vec{F}) + 6\text{E} - 10 \cdot (\overleftarrow{F} + \vec{F}) + 2\text{E} - 06$	
21	$P_{\text{ДТП}} = -6\text{E} - 14 \cdot \overleftarrow{F}^3 + 1\text{E} - 10 \cdot \overleftarrow{F}^2 - 5\text{E} - 08\overleftarrow{F} + 1\text{E} - 05$	Полиномиальная модель третьей степени
22	$P_{\text{ДТП}} = -3\text{E} - 13 \cdot \vec{F}^3 + 5\text{E} - 10 \cdot \vec{F}^2 - 2\text{E} - 07\vec{F} + 4\text{E} - 05$	
23	$P_{\text{ДТП}} = -1\text{E} - 14 \cdot (\overleftarrow{F} + \vec{F})^3 + 5\text{E} - 11 \cdot (\overleftarrow{F} + \vec{F})^2 - 4\text{E} - 08(\overleftarrow{F} + \vec{F}) + 1\text{E} - 05$	

av0917.fm Page 29 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

опытов [1—3, 5, 7, 8]. Данную зависимость можно применить для определения вероятности возникновения ДТП в виде формулы 3. Определённая таким образом вероятность имеет статистическое распределение, поскольку не учитывает период времени, на протяжении которого были совершены ДТП. Фактическую вероятность возникновения ДТП с транспортным средством — участником дорожного движения можно получить, используя статистические данные с места ДТП по зависимости 4.

Во многих задачах анализа аварийности нужно установить и оценить степень зависимости разных показателей между собой, что возможно путём использования корреляционного и регрессионного анализов, в частности с применением прикладных математических программ [3, 4, 6, 9]. Таким образом, необходимо определить факторы, которые будут влиять на вероятность возникновения ДТП с отдельным транспортным средством — участником дорожного движения, получить численные значения и построить функцию распределения. Полученную вероятность можно применить как критерий построения оптимального маршрута движения из пункта отправления в пункт назначения при перевозке опасных грузов.

Цель данного исследования — определить влияние интенсивности встречного, попутного и суммарного потоков на вероятность возникновения ДТП на участках транспортной сети.

При проведении факторного анализа выявлено, что на вероятность попадания транспортного средства в ДТП при проезде участка дороги влияют: характеристики транспортных потоков, дорожные условия и время нахождения транспортного средства на этом участке, которое определяется длиной этого участка. Таким образом, вероятность возникновения ДТП с транспортным средством — участником дорожного движения на участке транспортной сети является функцией ряда факторов, описываемой формулой 5.

Таблица 2

№ опыта	Интенсивность встречного потока $\overleftarrow{F}$, авт./ч	Интенсивность попутного потока $\vec{F}$, авт./ч	Вероятность возникновения ДТП $\vec{P}^{д}_{ДТП}$
1	190	390	0,0000010213
2	520	490	0,0000081054
3	320	250	0,0000077870
4	460	500	0,0000114398
⋮	⋮	⋮	⋮
38	560	330	0,0000087754
39	410	380	0,0000088588
40	500	730	0,0000156268

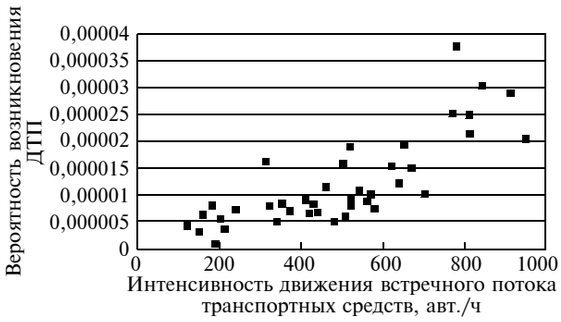


Рис. 1. Зависимость вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения встречного потока транспортных средств

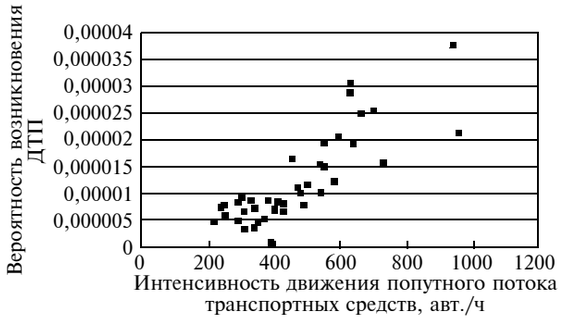


Рис. 2. Зависимость вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения попутного потока транспортных средств

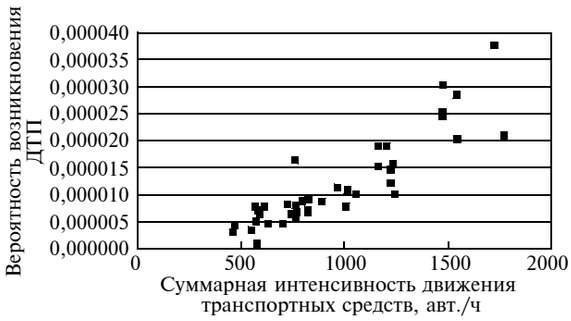


Рис. 3. Зависимость вероятности возникновения ДТП от суммарной интенсивности движения транспортных средств

Имея экспериментальные данные, полученные путём наблюдения и математической обработки, представляется возможным получить математические модели, в которых вероятность возникновения ДТП, как функция отклика, будет зависеть от ряда переменных. Основными характеристиками транспортных потоков, которые будут учитываться при определении значений вероятности,

av0917.fm Page 30 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

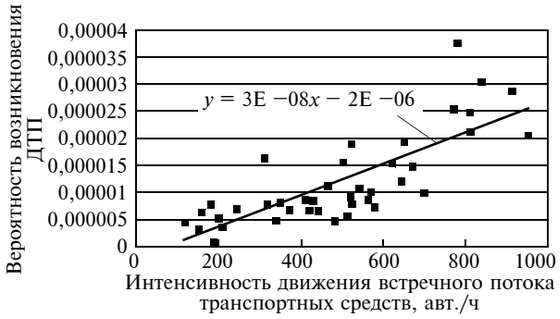


Рис. 4. Линейная аппроксимация зависимости вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения встречного потока транспортных средств

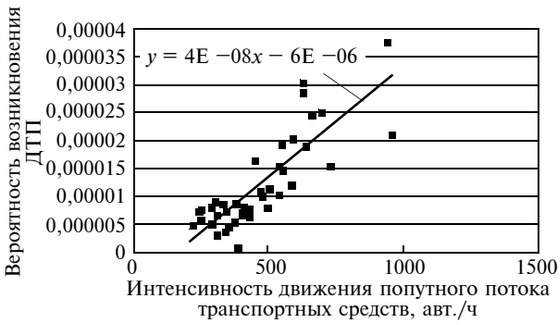


Рис. 5. Линейная аппроксимация зависимости вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения попутного потока транспортных средств

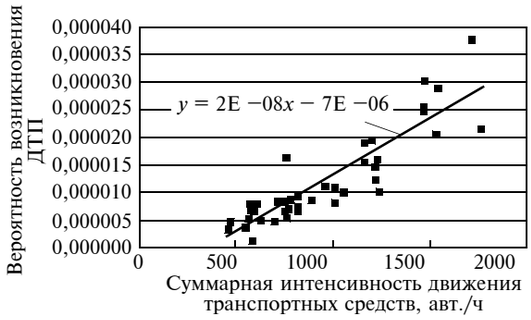


Рис. 6. Линейная аппроксимация зависимости вероятности возникновения ДТП от суммарной интенсивности движения транспортных средств

являются интенсивности в прямом и обратном направлениях (табл. 2).

Получить такую вероятность (формула 5, табл. 1) можно путём построения регрессионной модели, где в качестве переменной отклика необходимо выбрать фактическую вероятность ДТП при заданных условиях интенсивности потоков транспортных средств. Используя исходные данные табл. 1, построены графики зависимости вероятности возникновения ДТП от интенсивности встречного, попутного и суммарного потоков (рис. 1, 2, 3).

Для нахождения регрессионных моделей использован программный продукт "*MS Excel*". В результате регрессионного анализа получены линейная, степенная, экспоненциальная, логарифмическая, а также полиномиальная второй и третьей степеней модели. При определении коэффициентов модели в программе *"MS Excel"* использован метод наименьших квадратов. Результатом являются построенные линии регрессии (рис. 4, 5, 6) для моделей зависимости вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения встречного, попутного и суммарного потоков транспортных средств.

Таким образом, получены зависимости вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения встречного, попутного и суммарного потоков транспортных средств для вышеперечисленных моделей: линейной — формулы 6—8 (табл. 1) степенной — формулы 9—11, экспоненциальной — формулы 12—14, логарифмической — формулы 15—17, полиномиальной второй степени — формулы 18—20, полиномиальной третьей степени — формулы 21—23. Оценка адекватности полученных моделей выполнена по средней ошибке аппроксимации. Расчёты проводились в табличной форме. Результаты оценки адекватности приведены соответственно в табл. 3, 4, 5.

Таблица 3

Модель зависимости вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения *встречного* потока транспортных средств		Накопленная сумма отклонений $\sum_{i=1}^{n}\left\lvert\frac{P^{М}_{ДТП\,i}-P^{Ф}_{ДТП\,i}}{P^{Ф}_{ДТП\,i}}\right\rvert$	Средняя ошибка аппроксимации ε, %
Вид модели	Формула		
Линейная	$P_{ДТП} = 3E-08\cdot\tilde{F} - 2E-06$	18,71568	46,78919
Степенная	$P_{ДТП} = 2E-08\cdot\tilde{F}^{0,9907}$	14,51102	36,27754
Экспоненциальная	$P_{ДТП} = 2E-06\cdot e^{0,0025\tilde{F}}$	15,29951	38,24878
Логарифмическая	$P_{ДТП} = 1E-05\cdot Ln(\tilde{F}) - 5E-05$	18,70205	46,75514
Полиномиальная второй степени	$P_{ДТП} = 4E-11\cdot\tilde{F}^{2} - 8E-09\tilde{F} + 5E-06$	16,20531	40,51327
Полиномиальная третьей степени	$P_{ДТП} = -6E-14\cdot\tilde{F}^{3} + 1E-10\cdot\tilde{F}^{2} - 5E-08\tilde{F} + 1E-05$	27,82103	69,55258

Таблица 4

Модель зависимости вероятности возникновения ДТП от интенсивности движения *попутного* потока транспортных средств		Накопленная сумма отклонений $\sum_{i=1}^{n}\left\lvert\frac{P^{М}_{ДТП\,i}-P^{Ф}_{ДТП\,i}}{P^{Ф}_{ДТП\,i}}\right\rvert$	Средняя ошибка аппроксимации ε, %
Вид модели	Формула		
Линейная	$P_{ДТП} = 4E-08\cdot\vec{F}-6E-06$	22,13898	55,34744
Степенная	$P_{ДТП} = 2E-09\cdot\vec{F}^{1,4189}$	21,15027	52,87568
Экспоненциальная	$P_{ДТП} = 2E-06\cdot e^{0,003\vec{F}}$	16,59841	41,49601
Логарифмическая	$P_{ДТП} = 2E-05\cdot Ln(\vec{F})-1E-04$	62,05656	155,14139
Полиномиальная второй степени	$P_{ДТП} = 2E-12\cdot\vec{F}^{2}+4E-08\vec{F}-6E-06$	23,14509	57,86273
Полиномиальная третьей степени	$P_{ДТП} = -3E-13\cdot\vec{F}^{3}+5E-10\vec{F}^{2}-2E-07\vec{F}+4E-05$	78,62533	196,56332

Таблица 5

Модель зависимости вероятности возникновения ДТП от *суммарной* интенсивности движения транспортных средств		Накопленная сумма отклонений $\sum_{i=1}^{n}\left\lvert\frac{P^{М}_{ДТП\,i}-P^{Ф}_{ДТП\,i}}{P^{Ф}_{ДТП\,i}}\right\rvert$	Средняя ошибка аппроксимации ε, %
Вид модели	Формула		
Линейная	$P_{ДТП} = 2E-08\cdot(\bar{F}+\vec{F})-7E-06$	13,39732	33,4933
Степенная	$P_{ДТП} = 2E-10\cdot(\bar{F}+\vec{F})^{1,6076}$	14,22251	35,55627
Экспоненциальная	$P_{ДТП} = 2E-06\cdot e^{0,0017(\bar{F}+\vec{F})}$	12,18628	30,46571
Логарифмическая	$P_{ДТП} = 2E-05\cdot Ln(\bar{F}+\vec{F})-1E-04$	132,2089	330,52231
Полиномиальная второй степени	$P_{ДТП} = 9E-12\cdot(\bar{F}+\vec{F})^{2}+6E-10\cdot(\bar{F}+\vec{F})+2E-06$	12,48101	31,20253
Полиномиальная третьей степени	$P_{ДТП} = -1E-14\cdot(\bar{F}+\vec{F})^{3}+5E-$ $-11\cdot(\bar{F}+\vec{F})^{2}-4E-08\cdot(\bar{F}+\vec{F})+1E-05$	16,16263	40,40657

Полученные модели не могут быть использованы для оценки уровня аварийности в будущем, так как средняя ошибка аппроксимации больше общепринятого значения 15 %. Однако проведённые исследования определения вероятности возникновения ДТП на участках транспортной сети позволили установить общие закономерности влияния характеристик транспортных потоков: интенсивности движения попутного, встречного и суммарного (потоков) на эту вероятность. Для более достоверной оценки необходимо определить многофакторную зависимость вероятности возникновения ДТП как от параметров транспортных потоков, так и от дорожных условий.

Литература

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность дорожного движения. М.: Транспорт 1993. 271 с.
2. Аджеаважан С.А., Мхитарджан В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики: учебник для вузов. — М.: Юнити, 1998 г. — 535 с.
3. Бродский В.В. Введение в факторное планирование эксперимента. М.: Наука, 1976. — 224 с.
4. Веденяпин Г.М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М.: Колос, 1973. — 195 с.
5. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. — Киев: Вища школа, 1976. 232 с.
6. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник — СПб.: "Питер", 2002. — 448 с.
7. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. — 496 с.
8. Рябушкин Б.Т. Применение статистических методов в экономическом анализе и прогнозировании. — М.: Финансы и статистика, 1987. 75 с.
9. Халафян А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных. Учебник. 3-е изд. М.: ООО "Бином-Пресс", 2010. — 512 с.

av0917.fm Page 32 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 629.3.02

НОВЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ НА ЛЬДУ, ПРИГОДНЫЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ, ОСНАЩЁННЫХ ШИПОВАННЫМИ ШИНАМИ

Д-р техн. наук **ИВАНОВ А.М.**,
кандидаты техн. наук **КРИСТАЛЬНЫЙ С.Р.**
и **ПОПОВ Н.В.**, **ФОМИЧЁВ В.А.**
МАДИ (niko-popov@yandex.ru)

Предложен новый критерий оценки эффективности действия систем ЭКУ (ESP), пригодный для использования на опорных поверхностях с низким коэффициентом сцепления, а также на автомобилях, оснащённых шипованными шинами. Приведено его теоретическое обоснование.

Ключевые слова: *ЭКУ, ESP, шипованные шины, лёд, эффективность действия.*

Ivanov A.M., Kristalniy S.R., Popov N.V., Fomitchev V.A.
A NEW ASSESSMENT CRITERION FOR THE EFFICACY OF ELECTRONIC STABILITY PROGRAM SYSTEMS ON ICE, SUITABLE FOR CARS EQUIPPED WITH STUDDED TIRES

This article offers a new assessment criterion for the efficacy of ESP systems, suitable for use on low-friction bearing surfaces, as well as on vehicles equipped with studded tires. Its theoretical justification is given.

Keywords: *ESP, studded tires, ice, efficacy.*

На управляемость автомобиля влияет множество факторов, в том числе и эффективность действия электронных систем контроля устойчивости (ЭКУ, ESP) [1—6]. Поэтому при оценке эффективности действия этих систем необходим критерий, который позволит в большей степени оценить работу электронной системы, чем управляемость автомобиля [7].

В соответствии с действующим на территории РФ ТР ТС 018/2011 управляемость автомобиля должна удовлетворять требованиям Правил ЕЭК ООН № 13Н — 00, включающих некоторые требования к эффективности действия систем ЭКУ [8]. Более подробно вопросы эффективности действия систем ЭКУ рассмотрены в Глобальных технических правилах № 8 [9]. Согласно Правилам № 13Н и ГТП № 8 эффективность действия системы ЭКУ определяется по результатам выполнения маневра "усечённая синусоида" с применением рулевого робота. После выполнения испытательного маневра оцениваются скорости рыскания и боковое смещение автомобиля через определённые интервалы времени после завершения поворота рулевого колеса [8, 9]. Недостаток такого метода — узкая область применения. Метод, предложенный в Правилах № 13Н и ГТП № 8 [8, 9], разработан для испытаний автомобиля на опорной поверхности с высоким коэффициентом сцепления. Однако очевидно, что потеря устойчивости и управляемости автомобиля более вероятна на поверхностях с низким коэффициентом сцепления, таких как укатанный снег и лёд. Как видим, необходима разработка методики и критерия оценки эффективности действия ЭКУ, позволяющих проводить испытания на опорных поверхностях с разным коэффициентом сцепления.

Ошиповка протектора шины также может влиять на эффективность действия ЭКУ, так как изменяются характеристики продольного и поперечного проскальзывания колеса [10]. Учитывая тот факт, что большая часть легковых автомобилей в средней полосе России в зимний период эксплуатируется на зимних шипованных шинах, вопрос их влияния на эффективность действия систем ЭКУ очень актуален. Однако методика испытаний, изложенная в Правилах № 13Н и ГТП № 8, ответа на этот вопрос не даёт.

С учётом вышеизложенного в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России была поставлена задача по разработке соответствующего метода оценки эффективности действия ЭКУ.

Для оценки эффективности системы были сформулированы требования к разрабатываемому методу. В частности, это возможность оценивать эффективность опорных поверхностей с различным коэффициентом сцепления, в том числе с низким, и возможность определения необходимых параметров для расчёта критерия. В испытаниях должно быть использовано дорожное покрытие, позволяющее испытывать шипованные шины; испытания должны быть воспроизводимыми и обладать приемлемой повторяемостью результатов; индивидуальные особенности испытателя не должны оказывать влияния на результаты испытаний. Разрабатываемый метод оценки эффективности действия ЭКУ решено основывать на базе методики испытаний ЭКУ по Правилам № 13Н и ГТП № 8.

В качестве испытательного покрытия с низким коэффициентом сцепления предлагается исполь-

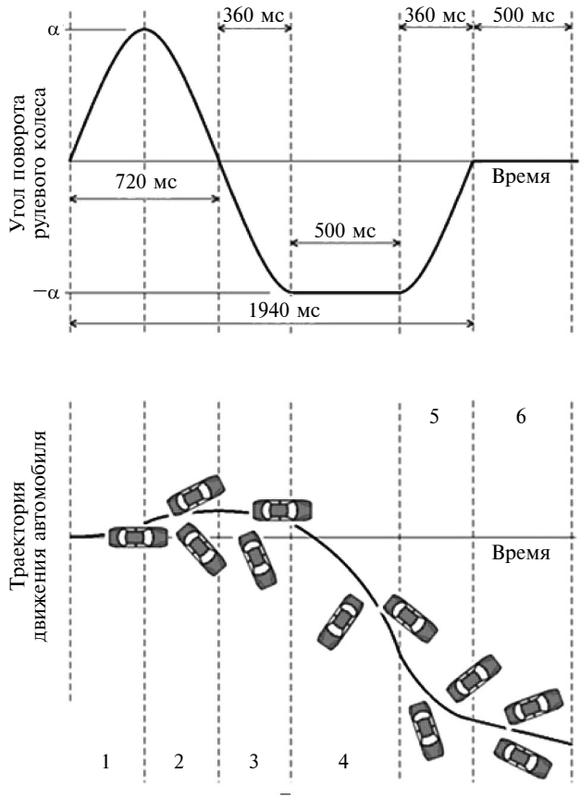
зовать ледяную поверхность, так как именно на льду обеспечиваются, во-первых, более сложные условия работы ЭКУ, а во-вторых, можно испытывать автомобиль с шипованными шинами. Несмотря на то, что лёд не является стабильным покрытием, возможно получение адекватных результатов испытаний, для чего следует, учитывая опыт подобных испытаний [10], тщательно отслеживать состояние ледяной опорной поверхности.

Эффективность действия системы ЭКУ предлагается оценивать с помощью маневра, аналогичного манёвру "усечённая синусоида", согласно Правилам № 13Н и ГТП № 8 (см. рисунок). Предложенный маневр практически идентичен маневру по Правилам № 13Н и ГТП № 8, однако испытательный автомобиль имеет меньшую скорость, а рулевой робот вращает рулевое колесо на меньшие углы.

В процессе проведения предварительных испытаний экспериментальным путём были получены оптимальные значения параметров движения автомобиля и настройки рулевого робота. Скорость выполнения маневра была снижена с 80 ± 2 км/ч до 45 ± 2 км/ч. Угол поворота рулевого колеса рулевым роботом определяется по следующей формуле: $\alpha' = 3{,}3A'$, где A' — угол поворота рулевого колеса при максимально возможном боковом ускорении при движении автомобиля без скольжения на скорости V'_a = 45 км/ч. Предельные границы скорости автомобиля и угла поворота рулевого колеса были определены экспериментально.

Рассматривая поведение испытательного автомобиля в процессе маневра "усечённая синусоида" на покрытии с высоким коэффициентом сцепления было замечено, что потеря устойчивости и управляемости более вероятна в завершающей фазе маневра. Именно на завершающей фазе измеряют показатель угловой скорости автомобиля относительно вертикальной оси (ω_z) по методике Правил № 13Н. В процессе же выполнения маневра "усечённая синусоида на льду" потеря устойчивости и управляемости может возникнуть в любой момент времени. Исходя из этого, было решено разбить маневр на 6 характерных участков и оценивать эффективность именно для этих участков. На первом участке более вероятен снос автомобиля, на втором и последующих — снос и занос автомобиля.

В качестве оценочного критерия в Правилах № 13Н и ГТП № 8 предписывает использовать угловую скорость автомобиля относительно вертикальной оси (ω_z). Однако в нашем случае это невозможно, так как на каждом последующем участке угловая скорость будет зависеть от срабатывания системы на предыдущих участках. Исходя из этого, решено использовать значение сред-



Примеры возможной потери устойчивости и управляемости автомобиля на участках при выполнении манёвра "усечённая синусоида"

него углового ускорения автомобиля относительно вертикальной оси ($\varepsilon_{z\ ср\ i}$) на участках заезда с рулевым роботом (формулы 1 и 2 в таблице).

Очевидно, что чем адекватнее и быстрее автомобиль реагирует на изменение угла поворота рулевого колеса, тем быстрее и адекватнее изменяется его угловая скорость относительно вертикальной оси (ω_z). Система ЭКУ, в свою очередь, может воздействовать на тормозные механизмы автомобиля и создавать разворачивающий момент, тем самым влияя на угловую скорость автомобиля относительно вертикальной оси (ω_z) и угловое ускорение относительно вертикальной оси (ε_z).

Для определения эффективности действия системы ЭКУ среднее значение углового ускорения автомобиля относительно вертикальной оси ($\varepsilon_{z\ ср}$) на участке заезда с рулевым роботом сравнивается с идеализированным значением ($\varepsilon_{z\ ид.ср}$). Чем ближе значение среднего реального и среднего идеализированного углового ускорения, тем эффективнее работа системы ЭКУ на участке маневра "усечённая синусоида".

Идеализированное угловое ускорение и идеализированная угловая скорость представляют собой идеализированные характеристики, которые

возможны при следующих условиях: автомобиль имеет абсолютно жёсткий кузов, подвеска заблокирована; автомобиль имеет идеальную рулевую трапецию, не имеет люфтов в рулевом механизме; автомобиль движется без явления увода эластичных колёс.

Значение идеализированного среднего углового ускорения автомобиля на *i*-м участке относительно вертикальной оси ($\varepsilon_{z\,\text{ср.ид}\,i}$) определяется по формулам 3 и 4, а идеализированная угловая скорость автомобиля ($\omega_{z\,\text{ид}}$) — по формуле 5.

Радиус траектории движения центра задней оси автомобиля определяется исходя из угла поворота рулевого колеса α в маневре "усечённая синусоида" по формуле 6, разность реальных и идеализированных ускорений на *i*-м участке манёвра ($\Delta_{\text{вкл}i}$ и $\Delta_{\text{откл}i}$) — по формулам 7 и 8, а эффективность действия ЭКУ на *i*-м участке заезда (K_i) — по формуле 9.

№	Формула	Примечания
1	$\varepsilon_{z\text{ср}i} = \dfrac{\int_0^{t_{\text{уч}}} \varepsilon_{zi}(t)\,dt}{t_{\text{уч}i}}$	ω_z — угловая скорость автомобиля относительно вертикальной оси, рад/с; ε_z — угловое ускорение автомобиля относительно вертикальной оси, рад/с^2; $\varepsilon_{z\,\text{ср}}$ — среднее угловое ускорение автомобиля относительно вертикальной оси, рад/с^2; $t_{\text{уч}}$ — время участка, с; *i* — порядковый номер участка (*i* от 1 до 6)
2	$\varepsilon_{zi} = \dfrac{d\omega_{zi}}{dt}$	
3	$\varepsilon_{z\text{ср ид}i} = \dfrac{\int_0^{t_{i\text{уч}}} \varepsilon_{z\,\text{ид}\,i}(t)\,dt}{t_{\text{уч}i}}$	—
4	$\varepsilon_{z\text{ид}i} = \dfrac{d\omega_{z\,\text{ид}\,i}}{dt}$	
5	$\omega_{z\,\text{ид}} = \dfrac{V_a}{R}$	$\omega_{z\,\text{ид}}$ — идеализированная угловая скорость автомобиля относительно вертикальной оси, рад/с; V_a — скорость автомобиля, м/с; R — радиус траектории движения центра задней оси автомобиля, м
6	$R = \dfrac{L}{\text{tg}\dfrac{\alpha}{U_{\text{ру}}}}$	L — база автомобиля, м; α — угол поворота рулевого колеса в маневре "Усеченная синусоида", град.; $U_{\text{ру}}$ — передаточное число рулевого управления
7	$\Delta_{\text{вкл}i} = \varepsilon_{z\text{ср ид}\,i} - \varepsilon_{z\text{ср}i\text{вкл}}$	При включенной системе ЭКУ
8	$\Delta_{\text{откл}i} = \varepsilon_{z\text{ср ид}\,i} - \varepsilon_{z\text{ср}i\text{откл}}$	При выключенной системе ЭКУ
9	$K_i = \left\lvert \dfrac{\Delta_{\text{вкл}i}}{\Delta_{\text{откл}i}} \right\rvert$	—

Действие ЭКУ считается эффективным, если $K_i \le 1$. В этом случае можно утверждать, что управляемость и устойчивость автомобиля с системой не хуже, чем без неё.

Предложенный новый критерий оценки эффективности действия систем ЭКУ пригоден для проведения испытаний автомобилей, оснащённых любыми шинами (летними, зимними шипованными и нешипованными). В основе критерия лежит анализ среднего углового ускорения автомобиля относительно вертикальной оси на 6 участках маневра "усеченная синусоида" и его сравнение с идеализированными значениями. Разработан метод определения предложенного критерия. Эффективность действия ЭКУ по этому критерию оценивается на опорной поверхности с низким коэффициентом сцепления. Экспериментальные исследования по оценке эффективности действия ЭКУ на базе разработанного критерия были проведены на ледяной площадке полигона Центра испытаний НАМИ.

Литература

1. Малиновский М.П. Эволюция систем управления АТС / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2014. — № 4 (39). — С. 22—31.
2. Малиновский М.П. Экспериментальное исследование характеристик систем управления транспортных средств / Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Транспортные средства специального назначения"; Московский автомобильно-дорожный гос. технический ун-т (МАДИ). Москва. — 2011. — 122 с.
3. Ютт В.В. Эксплуатация электронных систем автомобилей / В.Е. Ютт, А.М. Резник, В.В. Морозов, А.И. Попов // Учебное пособие: МАДИ. — Москва. — 2012. — 253 с.
4. Майборода О.В., Брагина И.В. К вопросу о нормировании свойств автомобиля, влияющих на активную безопасность. Журнал автомобильных инженеров. — 2012. — № 5 (76). — С. 18—22.
5. Немчинов М.В., Актанов С.К. Взаимодействие автомобильного колеса с дорожным покрытием. Журнал "Наука и техника в дорожной отрасли". — 2014. — № 2 (68). — С. 12—14.
6. Шадрин С.С. Методика расчётной оценки управляемости и устойчивости автомобиля на основе результатов полигонных испытаний: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Шадрин Сергей Сергеевич. — М., 2009. — 132 с.
7. Кристальный С.Р. Критерии оценки эффективности действия систем электронного контроля устойчивости автомобилей / С.Р. Кристальный, М.А. Топорков, Н.В. Попов, В.А. Фомичёв // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. — 2015 — № 2(4).
8. Правила ЕЭК ООН № 13Н Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения. — М.: Госстандарт России, 2011. — 116 с.
9. Глобальные технические правила № 8 Электронные системы контроля устойчивости — Введены в Глобальный регистр 26 июня 2008 года. — 116 с.
10. Кристальный С.Р. Легковой автомобиль — шинный тестер / С.Р. Кристальный, В.Н. Задворнов, Н.В. Попов, В.А. Фомичёв // Автомобильная промышленность. — 2014. — № 1. — С. 34—36.

av0917.fm Page 35 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

УДК 629.113

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Канд. техн. наук **БАЙБАКОВА А.А.**
Тихоокеанский ГУ (4212. 37-51-99)

Разработана конструкция и кинематическая схема стенда для комплексного испытания гидроусилителя рулевого управления и насоса. Стенд позволяет определить основные параметры гидроусилителя и насоса, построить силовые статические характеристики гидроусилителя и насоса.

Ключевые слова: *гидроусилитель, насосное устройство, рулевой механизм, рулевая сошка, силовая статическая характеристика, насосная характеристика.*

Baibakova A.A.

DEVELOPMENT OF TEST STAND FOR CAR STEERING BOOSTER

The construction and the kinematic scheme for the integrated testing of steering booster and pump were made. Stand let us determine main parameters of steering booster and pump, describe power static characteristics of steering booster and pump.

Keywords: *steering booster, pump device, steering gear, steering pitman arm, power static characteristics, pump characteristics.*

На отказы гидроусилителей, как показывает практика, от общего числа отказов систем и агрегатов автомобилей приходится ~3...5 %. Однако стоимость их ремонта или замены может составлять достаточно солидную величину, а значит в эксплуатации должна быть весьма актуальна диагностика этих систем. Между тем на автотранспортных предприятиях регионов и в частности Дальнего Востока, практически отсутствует оборудование, позволяющее исследовать и диагностировать элементы гидроусилителей и насоса.

В тихоокеанском ГУ разработан диагностический стенд (см. рисунок), состоящий из четырёх основных устройств: приводного, насосного, нагрузочного и блока управления. На пульт управления стендом выведены золотник распределителя блока управления *14*, дроссельный кран *15*, расходомер *16* и манометр *17* блока управления. Приводное устройство (*I*) включает электродвигатель *1* и вариатор *2*, приводящие в работу насос гидроусилителя *5*.

Насосное устройство (*II*) состоит из датчика частоты вращения вала насоса гидроусилителя *3*, тахометра *4*, насоса гидроусилителя *5*, бачка насоса *6*, сетчатого фильтра *7*, перепускного клапана *8* и крана *9*. Блок управления (*III*) включает трёхпозиционный золотник распределителя *14*, с помощью которого стенд приводится в один из трёх режимов работы; расходомер *16* для измерения расхода и утечек жидкости; датчик температуры *18* для измерения температуры масла в гидросистеме; манометр *17* и дроссельный кран *15*, необходимые для контроля давления в напорной магистрали стенда. Нагрузочное устройство (*V*) представляет собой тягу *25*, соединённую с сошками *24*.

В состав испытуемого гидроусилителя (*IV*) входят: золотник гидроусилителя *22*, силовой цилиндр гидроусилителя *23*, сошка *24* и тяга *25*, передающие усилие на нагрузочное устройство.

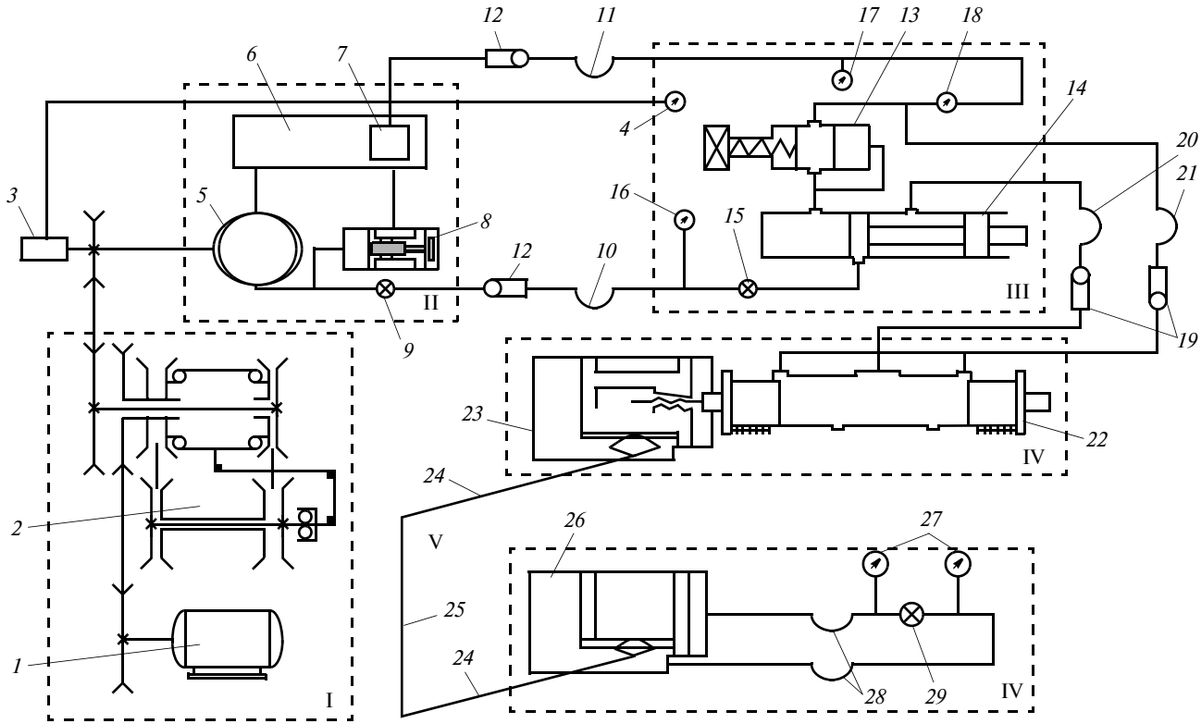
Масло от насоса *2* подаётся по шлангу *10* к блоку управления (*III*), где распределяется в зависимости от положения золотника распределителя *14*. При установке ручки управления в положение "Насос гидроусилителя" масло поступает через нагрузочный клапан *13*, счётчик расхода жидкости *16*, шланг низкого давления *11* в бачок насоса *6*. В этом режиме работы стенда замеряют производительность насоса при давлении, на которое отрегулирован нагрузочный клапан *13* стенда, и частоту вращения вала насоса. Нагрузочный клапан стенда отрегулирован на давление 5,5 МПа. Частота вращения насоса изменяется с помощью раздвижения шкивов вариатора.

Переводя ручку распределителя в положение "Напорная магистраль перекрыта", магистраль перекрывают (не более чем на 15 секунд!) и производят замер максимального давления, развиваемого насосом при определённой частоте вращения вала насоса.

Затем ручку управления распределителем *9* переводят в положение "Насос гидроусилителя", и масло поступает по шлангу высокого давления *20* в распределитель гидроусилителя *22*, в котором в зависимости от смещения золотника от центрального положения распределителя в соответствующую полость силового цилиндра *23* гидроусилителя. Масло из другой полости вытесняется через распределитель в сливную магистраль, которую образуют шланги низкого давления *21* и *11*, а также счётчик расхода жидкости *16*. По сливной магистрали масло возвращается в бачок масляного насоса *6*. Разность давления масла в полостях силового цилиндра нагрузочного устройства создаёт усилие на поршне силового цилиндра *26*, которое через зубчатую рейку и сектор передается на вал сошки *24* через тягу *25*.

При испытании насоса гидроусилителя необходимо с помощью вариатора *2* установить наименьшую частоту вращения вала насоса. Затем установить ручку распределителя в положение "Насос гидроусилителя" и обнулить показания счётчика расхода жидкости. После этого произвести замер производительности насоса по это-

av0917.fm Page 36 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM



Общая принципиальная схема стенда для испытания гидроусилителя:

1 — электродвигатель; *2* — вариатор; *3* — датчик вращения вала насоса гидроусилителя; *4* — тахометр; *5* — насос гидроусилителя; *6* — бачок насоса гидроусилителя; *7* — сетчатый фильтр; *8* — перепускной клапан насоса гидроусилителя; *9* — кран; *10* — магистраль высокого давления; *11* — магистраль низкого давления; *12* — обратные клапаны; *13* — нагрузочный клапан блока управления; *14* — золотник распределителя блока управления; *15* — дроссельный кран; *16* — расходомер; *17* — манометр блока управления; *18* — датчик температуры масла; *19* — обратные клапаны; *20* — магистраль высокого давления; *21* — магистраль низкого давления; *22* — золотник гидроусилителя; *23* — силовой цилиндр гидроусилителя; *24* — сошка; *25* — тяга; *26* — гидроусилитель; *27* — манометры; *28* — магистраль; *29* — кран

му счётчику в течение 20 с. Затем, переведя ручку управления в центральное положение "Напорная магистраль перекрыта", замерить максимальное давление, развиваемое насосом при нулевой подаче.

Испытание гидроусилителя проводится при постоянных производительности и давлении, развиваемых насосом, а значит и частота вращения вала насоса должна быть постоянной. Ручку управления необходимо перевести в правое положение "Работа гидроусилителя". Сошка гидроусилителя должна находиться в горизонтальном положении, что соответствует середине сектора её поворота.

Для снятия силовой характеристики необходимо сначала выполнить тарировку нагрузочного устройства, для чего, используя набор грузов, построить зависимость нагрузки P_c от показания индикатора динамометра P' и вычислить переводной коэффициент $\alpha = P_c/P'$. Затем следует поместить динамометр под тягу *25*. К одной из спиц рулевого колеса прикладывать различные нагрузки и при каждом значении производить замер показаний индикатора динамометра при включенном и выключенном стенде, что соответствует работе рулевого механизма с усилителем и без него.

Разработанная конструкция стенда позволяет комплексно исследовать параметры гидроусилителя и насоса, снимать силовую статическую характеристику гидроусилителя и насосную характеристику, а в конечном счете — повысить качество и безопасность работ по техническому обслуживанию, в том числе проверки на герметичность. Данный стенд может быть рекомендован для инженерно-технических работников АТП, а также для учебных целей вузов.

Литература

1. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф. Конструирование и расчёт автомобиля. М.: 1984. — 376 с.
2. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль. Анализ конструкции и элементы расчёта. — М.: 1989. — 89 с.
3. Вахламов В.К. Автомобили: Конструкция и элементы расчёта: учебник для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Издательский центр "Академия", 2006. — 480 с.

av0917.fm Page 37 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

ИНФОРМАЦИЯ

ОБРАЗОВАНИЕ — ЧЕРЕЗ НАУКУ

За последние два десятилетия наше автомобилестроение понесло немало потерь. Закрывались интересные проекты, исчезали небольшие предприятия и автогиганты, уходили люди... Понятно, что рано или поздно тренд должен измениться. Но если новые производственные корпуса сегодня можно довольно быстро построить, а оборудование и программное обеспечение закупить, как это уже не раз случалось, у зарубежных компаний, то как быть с кадрами? Формируется ли в стране новое поколение автомобильных инженеров? Побеседовать с руководителем автомобильной кафедры МГТУ имени Н.Э. Баумана Г.О. Котиевым редакция попросила члена редколлегии И.В. Балабина.

— Георгий Олегович, пользуясь случаем, хочу поздравить Вас как заведующего с недавно прошедшим торжественно отпразднованным замечательным 80-летним юбилеем кафедры "Колёсные машины" легендарного Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана и задать Вам несколько вопросов, касающихся истории становления кафедры и её сегодняшней деятельности в современных условиях в наше непростое, мягко говоря, время и перспектив развития на будущее. Для начала расскажите, пожалуйста, читателям журнала о зарождении идеи и причинах учреждения специальности "Колёсные машины" в стенах одного из старейших Высших учебных заведений, и насколько это оказалось оправданным в будущем?

— Еще раз огромное спасибо за поздравление с юбилеем кафедры, Игорь Венедиктович. Отвечая на первый вопрос, не могу не проинформировать читателей "АП", что и Вы сами принимаете активное участие в жизни кафедры и в целом МГТУ имени Н.Э. Баумана, более четверти века являясь профессором кафедры, членом Государственной экзаменационной комиссии по нашей специальности и бессменным членом диссертационных советов.

В начале прошлого века автомобилестроение стало бурно развиваться в России и за рубежом. В 1909 году в стенах Императорского московского технического училища (так тогда именовался наш Университет) П.К. Энгельмейером был организован автомобильный кружок. И прочитан факультативный курс по автомобилю. С этого всё и началось. Уже в 1912—1915 гг. по специальности "Автомобилестроение" было защищено 11 дипломных проектов под руководством Н.Р. Брилинга. В 1930-х годах специализация студентов по автомобилестроению в Училище (МВТУ имени Н.Э. Баумана) расширилась. В октябре 1936 года была создана наша кафедра "Автомобили", которая в 1960-х получила название "Колёсные машины". За время существования она подготовила для страны более двух тысяч инженеров, более 150 кандидатов наук и 10 докторов наук. Считаю, что организация кафедры в стенах старейшего технического Училища абсолютно оправдана.

— Если можно, ответьте хотя бы коротко, как развивалась кафедра, кто из учёных стоял у её истоков, кому была оказана честь продолжить дело развития кафедры, наконец, кто являлся Вашим предшественником, и его роль в научно-образовательном процессе.

— Первым заведующим кафедрой со дня основания по 1953 год был выпускник ИМТУ Евгений Алексеевич Чудаков — вице-президент АН СССР. Затем по 1973 год кафедрой руководил Андрей Александрович Липгарт — выпускник МВТУ, выдающийся конструктор автомобильной техники. Заведующие кафедрой Е.А. Чудаков и А.А. Липгарт увековечены в Университете как основатели научных школ. До 1988 года кафедру возглавлял известный учёный в области теории движения колёсных машин, выпускник МВТУ — Глеб Анатольевич Смирнов. Мой Учитель — Аркадий Авсеевич Полунгян, также выпускник МВТУ, возглавлял кафедру до 2003 года по должности, а фактически оставался её лидером, обучая меня премудростям руководства, до конца своих дней. А.А. Полунгян — учёный, педагог, идеолог современных образовательных стандартов по автомобилестроению, главный редактор многотомного учебника "Проектирование полноприводных колёсных машин"... Говорить об Аркадии Авсеевиче могу бесконечно, и не только я.

— Как поставлено дело пополнения кафедры молодыми учёными, деятельность научно-технических конференций и научных семинаров с участием преподавателей, студентов и магистрантов кафедры?

— Университет работает с девизом: "Образование через науку!". Учебно-педагогическая деятельность преподавателей сочетается с научной и опытно-конструкторской работой по заказу предприятий промышленности. Благодаря этому студенты обучаются в соответствии с требованиями сегодняшнего, а точнее, завтрашнего дня. Кроме того, многие студенты непосредственно с четвёртого курса работают инженерами вместе с преподавателями в одном творческом коллективе, выполняя НИОКР. Мы сами готовим себе смену молодых учёных, занимающих активную позицию в отрасли со студенческой скамьи, выступая на научных семинарах и конференциях на кафедре, в стране и за рубежом. Особенно хочу отметить научный семинар "Механика колеса", который Вы, уважаемый Игорь Венедиктович, ведёте на кафедре, где могут выступать молодые учёные всей страны.

— Расскажите, пожалуйста, как построен учебный процесс студентов и магистрантов кафедры "Колёсные машины" МГТУ им. Н.Э. Баумана. В чём отличие его от программы, по которой обучаются студенты родственной специальности в других вузах? Чем обоснован более

длительный образовательный процесс, измеряемый шестью годами против пяти лет в других вузах?

— Исторически сложилось так, что инженеров в Университете готовили больше пяти лет. Было даже семь лет по специальной программе. Обучение в Университете опирается на глубокую фундаментальную подготовку. Одной высшей математики в учебном плане более 900 часов. Мы анализируем тенденции развития мирового автомобилестроения, совершенствуем образовательные стандарты. МГТУ имени Н.Э. Баумана готовит магистров и специалистов по собственным образовательным стандартам, фактически отрабатывая перспективные ФГОС. Вот "три кита", на которых формируются компетенции выпускников кафедры: имитационное компьютерное математическое моделирование рабочих процессов колёсных машин, разработка конструкций в пакетах компьютерных программ твердотельного проектирования с выпуском рабочей конструкторской документации и прочностные расчёты конструкций с использованием компьютерных программ, используя метод конечных элементов. Вот здесь теория, конструкция и расчёт.

— Как известно, отечественная автомобильная промышленность, как и всё российское машиностроение, переживает не лучшие времена. Так сложилось, что в условиях наступившей несовершенной рыночной экономики многие научно-исследовательские организации по причине отсутствия финансирования свернули свою деятельность в этой сфере. Образно выражаясь, образовался вакуум, заполнить который волею судьбы предназначено университетам. Георгий Олегович, расскажите, как обстоит дело с научно-исследовательской работой на кафедре? В какой степени оказалось бы полезным учреждение в журнале "Автомобильная промышленность" специальной колонки для информации автомобильной общественности об успехах учёных и специалистов кафедры "Колёсные машины" ведущего вуза России МГТУ им. Н.Э. Баумана в научной среде, в том числе и особенно в развитии теоретических основ автомобильной науки, которая, как мне представляется, в настоящее время несколько замедлила темпы своего развития и не поспевает за последними достижениями мирового автопрома?

— Научно-исследовательская и опытно-конструкторская деятельность на кафедре развивается благодаря тесному сотрудничеству с ведущими предприятиями: ГНЦ РФ "НАМИ", ПАО "КамАЗ", Группой "ГАЗ" и др. Корни успешного сотрудничества в реализации современных учебных программ курсов на уровне, позволяющем быть полезным в отрасли. Мне кажется, что в центральном отраслевом журнале надо учредить раздел о достижениях всей вузовской науки, а не только МГТУ имени Н.Э. Баумана. Могу Вас заверить, что в России университетские научные школы в области автомобилестроения находятся на передовых позициях в мире.

— Уверен, Вы со мной согласитесь, что весь пакет образовательного процесса, в том числе и его венец — высшее техническое образование, наряду с общеобразовательными кондициями выпускников предполагает реализацию его в конкретных конструкциях машин, устройств и механизмов. Как с этой точки зрения обстоят дела на Вашей кафедре? Ваше участие в создании современных колёсных шасси, какими, как принято говорить, тактико-техническими характеристиками они обладают в сравнении со своими зарубежными аналогами?

— Этот вопрос достаточно сложный для меня. И вот почему. Хотелось бы, конечно, заниматься более свойственным для кафедры делом — выполнять научно-исследовательские работы, заканчивающиеся макетными образцами и формированием задания на ОКР. Но реалии таковы, что приходится участвовать в полноценных ОКР вместе с предприятиями и по отдельным заказам предприятий, в том числе и при финансовой поддержке Министерств РФ. Но есть и "плюсы" в этой "несвойственной" для вуза работе. Мы готовим выпускников на конкретных проектах. Вот лишь несколько примеров выполненных и продолжающихся работ по созданию опытных образцов колёсных машин с характеристиками на одном, либо превышающем уровне, в сравнении с мировыми аналогами: "Ансырь", "Витим", "БТР-ВВ", "Электробус", "Платформа", "Урал-Полярник", "КамАЗ-Арктика".

— Хотелось бы знать, какое примерно количество выпускников кафедры трудится в различных отраслях промышленности, НИИ и других организациях. Каковы успехи отдельных выпускников, за кого коллектив кафедры испытывает особую гордость, каков их творческий вклад? Кого бы Вы, Георгий Олегович, хотели бы назвать в качестве выдающихся выпускников?

— У нас всегда есть связь с выпускниками. Ещё ни один не пришёл и не сказал, что здесь не так и не тому учили. Все востребованы в экономике страны. За всю историю у кафедры много выдающихся выпускников: главных конструкторов заводов, руководителей НИИ и передовых предприятий отрасли, выпускников, награждённых орденами и медалями, лауреатов государственных премий. Мне кажется, об этом должен быть отдельный долгий рассказ.

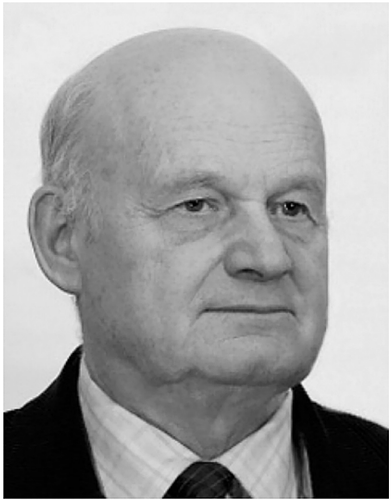
— Последний мой вопрос относится к пикантной теме и имеет одновременно и грустный, и оптимистический подтекст. Он касается наметившейся тенденции отъезда наших специалистов за рубеж, чего нельзя, разумеется, приветствовать, но одновременно это является знаком востребованности и признания высокого качества подготовки выпускников МГТУ им. Н.Э. Баумана. Скажите, какими цифрами по Вашим сведениям характеризуется этот поток, какова тенденция в нестоящее время и реакция на это руководства кафедры и университета?

— Уезжают за границу по разным причинам. Я знаю нескольких выпускников, уехавших на продолжение учёбы и для дальнейшей работы. Хорошо, что есть возможность выбора для самореализации. В МГТУ имени Н.Э. Баумана, прежде всего, учат учиться — учиться и развиваться всю жизнь. К нам тоже приезжают учиться в магистратуру и аспирантуру выпускники университетов из Сирии, Китая, Мьянмы и других стран.

Спасибо, Игорь Венедиктович, за возможность рассказать читателям о кафедре "Колёсные машины". Но это далеко не полный рассказ, и его следует продолжить.

av0917.fm Page 39 Thursday, September 7, 2017 10:19 AM

А.И. РЯБЧИНСКОМУ — 80 лет



Заслуженному деятелю науки Российской Федерации, доктору технических наук, профессору кафедры "Организация и безопасность движения" Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) Анатолию Иосифовичу Рябчинскому исполнилось 80 лет.

Научная деятельность его началась в 1963 г., после окончания Белорусского политехнического института. Началась в аспирантуре МАДИ, где он под руководством бывшего в то время ректором известного учёного и председателя Федерации автомобильного спорта СССР Л.Л. Афанасьева успешно защитил кандидатскую диссертацию. Затем, в 1967 г., пришёл на только что начавший функционировать Центральный научно-исследовательский автомобильный полигон НАМИ, который в дальнейшем стал его судьбой, создал ему, как теперь говорят, новый научный "имидж" одного из главных специалистов по пассивной безопасности автотранспортных средств. Примечательно, что в его становлении как учёного судьбоносную роль сыграли занятия автомобильным спортом: А.И. Рябчинский — мастер спорта СССР, вице-чемпион СССР и РФ, первый чемпион Прибалтики по авторалли. Хорошая инженерная подготовка и автоспорт способствовали правильному выбору, научному обоснованию и реализации эффективных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

На Автополигоне НАМИ очень ярко проявился его талант исследователя и организатора: за относительно короткое время при активном участии Анатолия Иосифовича впервые в стране была создана уникальная испытательная база, где выполнялись и выполняются исследования и разработки, обеспечивающие отечественную автомобильную промышленность средствами, резко повышающими уровень пассивной безопасности выпускаемой техники. Поэтому не случайно, что именно по результатам научных исследований, проведённых на автополигоне, А.И. Рябчинский в 1985 г. защитил докторскую диссертацию по теме "Пассивная безопасность комплекса "человек—автомобиль—дорога" и опубликовал монографию "Пассивная безопасность автомобиля".

Не случайно и то, что в 1988 г. он принял приглашение о переходе на преподавательскую работу в МАДИ, где в течение 25 лет возглавляет одну из ведущих кафедр "Организация и безопасность движения". Коллектив кафедры в эти годы объединил ведущих специалистов страны — профессоров В.А. Илларионова, Г.И. Клинковштейна, Ю.А. Кременца, В.Д. Кондратьева, А.Н. Романова, М.Б. Афанасьева, О.В. Майбороду, Т.А. Литвинову и др. Под руководством А.И. Рябчинского, при его непосредственном участии выполнялись разработки Государственных образовательных стандартов на подготовку дипломированных специалистов по безопасности дорожного движения для более чем пятидесяти вузов страны.

По сути практик, Анатолий Иосифович чрезвычайно быстро освоил тонкости преподавательской работы, читал студентам переданный ему по наследству курс лекций "Безопасность транспортных средств" и такие новые дисциплины, как "Основы сертификации", "Международная регламентация безопасности автотранспортных средств", для методического обеспечения которых готовит и издаёт более 20 учебников и учебных пособий. И как учёный-практик, тонко чувствующий запросы жизни, активно участвует в подготовке и аттестации научных кадров, являясь заместителем председателя докторского совета МАДИ.

Его авторитет признан во всем мире. С 1997 г. он достойно представляет Россию в международной группе по пассивной безопасности автомобилей (GRSP) при Всемирном форуме по конструкции транспортных средств (WP-29) КВТ ЕЭК ООН в г. Женеве, где известен как автор ряда предложений по совершенствованию требований и методов испытаний автомобилей на пассивную безопасность. Его разработки реализованы в новой редакции Правил ЕЭК ООН № 29 по безопасности кабин грузовых автомобилей и в дополнениях к более 10 Правил ООН, регламентирующих пассивную безопасность автотранспортных средств.

А.И. Рябчинский активно участвует в реализации федеральных целевых программ "Повышение безопасности дорожного движения", в выполнении совместных научно-исследовательских работ, конференциях и семинарах по проблеме безопасности дорожного движения. Достаточно сказать, что в России, странах СНГ и в других странах мира успешно работают более 2500 инженеров и научных сотрудников, подготовленных возглавляемой им кафедрой "Организация и безопасность движения".

Анатолий Иосифович известен в стране и как создатель крупной (под его руководством защищено 22 кандидатских и две докторские диссертации, направленные на развитие теории и практических вопросов повышения безопасности дорожного движения; на его счету более 250 научных публикаций, из них 23 учебника, учебных пособий и монографий, 24 авторских свидетельства на изобретения) научной школы по проблеме обеспечения пассивной безопасности комплекса "человек—автомобиль—дорога".

В преддверии своего 80-летия А.И. Рябчинский порадовал коллег новой монографией "Пассивная безопасность автотранспортных средств" и учебником для подготовки бакалавров "Безопасность автотранспортных средств", в которых изложил последние результаты своих многолетних исследований.

Редакция и редакционная коллегия журнала с удовольствием присоединяются к поздравлениям.
С юбилеем, Анатолий Иосифович!

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Подхалюзина В.А. — Концепция интеграции российского автомобилестроения 1

АСМ-факты 9

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Гаевский В.В., Одинокова И.В. — Электромобиль против гибридного автомобиля 10

Акунов Б.У., Давлятов У.Р. — Анализ зависимости длительности импульса открытия форсунки двигателя от условий эксплуатации автомобиля 13

Тарасик В.П. — Математическое моделирование прямолинейного движения автомобиля 17

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Ковриков И.Т., Юршев В.И., Тавтилов И.Ш., Зубаков В.А., Юршев И.В. — Анализ причин поломки автомобильных полуосей трубчатого сечения 22

Энглези И.П. — Исследование влияния параметров транспортных потоков на вероятность возникновения ДТП 27

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Иванов А.М., Кристальный С.Р., Попов Н.В., Фомичёв В.А. — Новый способ оценки эффективности действия систем электронного контроля устойчивости на льду, пригодный для автомобилей, оснащённых шипованными шинами 32

Байбакова А.А. — Разработка стенда для испытания гидроусилителей рулевого управления автомобиля 35

ИНФОРМАЦИЯ

Образование — через науку 37

Юбилеи 39

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Балабин И.В. — *д-р техн. наук, профессор Университета машиностроения (МАМИ)*
Бахмутов С.В. — *д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"*
Гируцкий О.И. — *д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ*
Гладков В.И. — *канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"*
Ковригин А.С. — *зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"*
Комаров В.В. — *канд. техн. наук, зам. генерального директора ОАО "НИИАТ" по научной работе*
Коровкин И.А. — *исполнительный директор НП "ОАР"*
Котиев Г.О. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана*
Круглов С.М. — *зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"*
Ксеневич Т.И. — *канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русаен"*
Мамити Г.И. — *д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)*
Марков В.А. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана*
Николаенко А.В. — *д-р экон. наук, ректор Университета машиностроения (МАМИ)*
Сорокин Н.Т. — *д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России*
Тер-Мкртичьян Г.Г. — *д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"*
Титков А.И. — *канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"*
Топалиди В.А. — *канд. техн. наук, ТАДИ*
Филимонов В.Н. — *ответственный секретарь "АП"*

Белорусский редакционный совет:

Альгин В.Б. — *д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси*
Егоров А.Н. — *генеральный конструктор — начальник НТЦ ПО "БелАЗ"*
Захарик А.М. — *канд. техн. наук, технический директор РУП "МАЗ"*
Кухаренок Г.М. — *д-р техн. наук, профессор БНТУ*
Мариев П.Л. — *д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси*
Николаев Ю.И. — *главный конструктор ОАО "МЗКТ"*
Сазонов И.С. — *д-р техн. наук, проф., ректор Болорусско-Российского университета (Могилёв)*
Харитончик С.В. — *д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)*

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 11.08.2017. Подписано в печать 05.09.2017.
Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.
Отпечатано в ООО "Канцлер".
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз".
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"
Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2
Телефоны: (915) 412-52-56 и (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)
E-mail: avtoprom-atd@mail.ru
www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № 77-7184
Цена свободная.
Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней, в базу данных *"CHEMICAL ABSTRACTS"*.

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.
Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.