



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 65

МЕНЕДЖМЕНТ РИСКОВ В СМК ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Д-р экон. наук **КАТАНАЕВА М.А., ЛАРЦЕВА Т.А.,
СТОЕВА Н.Н.**

Московский политехнический университет (МАМИ)

Представлена и подробно описана модель менеджмента рисков в системе управления качеством организации автомобильной промышленности.

Ключевые слова: система менеджмента качества, риск, менеджмент риска, процесс, риск-ориентированный подход.

Katanaeva M.A., Lartseva T.A., Stoeva N.N. **RISK MANAGEMENT IN QMS OF AUTOMOTIVE INDUSTRIES**

The model of risk management in the quality management system of the organization of the automotive industry is presented and described in detail.

Keywords: quality management system, risk, risk management, process, risk-oriented approach.

В современных рыночных условиях любая организация, в том числе занятая в сфере автомобильной промышленности, должна идентифицировать риски, осуществлять их анализ, а также определять степень их влияния на достижение поставленных целей. Это вынуждает предприятия на базе стандартов на системы менеджмента качества, стандартов по менеджменту рисков, в том числе с учётом специфики деятельности организаций, внедрять риск-ориентированный подход, создавая собственные механизмы менеджмента рисков.

Для предприятий отечественного автомобилестроения, активно разрабатывающих, внедряющих и постоянно улучшающих свои системы менеджмента качества, вопрос применения риск-ориентированного подхода в настоящее время крайне актуален. В условиях усиливающейся конкуренции они должны постоянно идентифицировать риски, анализировать их, определять степень их влияния на достижение поставленных

целей. Кроме того, при определении процессов СМК им необходимо учитывать риски и возможности [1], что логично, поскольку они являются неотъемлемой частью деятельности предприятия и его процессов, и влияют на их результативность. Следовательно, внедрение механизмов менеджмента рисков — это одно из эффективных направлений совершенствования СМК автомобильного предприятия, основные бизнес-процессы которого охватывают практически все стадии жизненного цикла продукции: маркетинг, НИОКР, проектирование и разработки, закупки, производство, сборка, испытания, послепродажное обслуживание и утилизация автомобилей.

Для успешной реализации риск-ориентированного подхода необходимо, прежде всего, чётко понимать основные этапы работ, сроки и методы, используемые на каждом этапе, а также правильно распределить ответственность. Вопросы теории рисков, риск-менеджмента получили широкое отражение в работах зарубежных и отечественных исследователей и представлены в трудах В.А. Акимова, А.П. Альгина, И.Т. Балабанова, И.А. Бланка, К.В. Балдина, С.Б. Богоявленского, О.Н. Гримашевич, Ф.Х. Найта, В.В. Платонова, М.А. Рогова, Л.Н. Тэпмана, В.Н. Уродовских, А.Н. Фомичева и др. [2]. При внедрении менеджмента риска в СМК организации необходимо использовать методы анализа среды и стратегического планирования, широко представленные в различных литературных источниках [3–5].

Управление рисками в СМК должно опираться на научно-практический подход к принятию решений, представляющий собой документированные, прозрачные и воспроизводимые методы для выполнения всех этапов процесса, основанные на текущих знаниях об оценке вероятности, тяжести и обнаруживаемости риска, и превратиться в систематический процесс определения ситуации, планирования, оценки, мониторинга, контроля и анализа на протяжении всего жизненного цикла объектов [6].



Рис. 1. Схема процесса менеджмента рисков в СКМ

Эффективный менеджмент риска требует соблюдать следующие принципы: интегрированность, структурированность и комплексность, адаптированность, вовлечённость, динамичность, базирование на наилучшей доступной информации, учёт поведенческих и культурных факторов, непрерывное улучшение [7]. Оценка риска может быть выполнена с различной степенью глубины и детализации с использованием одного или нескольких методов разного уровня сложности [8].

Основные этапы работ по менеджменту рисков в СКМ включают [9]: определение ситуации; оценку рисков и управление ими; анализ результативности/эффективности управления рисками. Блок-схема процесса менеджмента рисков представлена на рис. 1. Учёт рисков и возможностей должен быть осуществлён на каждом этапе процессов СКМ.

На рис. 2 представлена схема процесса № 1 "Определение ситуации". Цель процесса — выбор оптимальной группы методов управления рисками в СКМ конкретной организации с учётом степени реализации её квалификационных характеристик.

Состоит процесс № 1 из шести подпроцессов. Процесс № 1.1 "Анализ среды организации" предполагает анализ внешних (экономических, социальных, политических, научно-технических и т.д.) и внутренних факторов (показателей деятельности, производственных, ресурсных и др.), а также требований всех заинтересованных сторон (потребителей, поставщиков, работников, надзорных органов и др.), оказывающих влияние на деятельность предприятия и его СКМ. Процесс № 1.2 "Стратегическое планирование" предполагает построение эффективной стратегии развития предприятия, определяющей стратегические цели, на-

мерения, методы их достижения. Процесс № 1.3 "Разработка Политики, целей в области качества" предполагает на основании сформированной стратегии разработку Политики в области качества, а затем целей в области качества на соответствующих уровнях и для соответствующих процессов СКМ. Процесс № 1.4 "Определение процессов" предполагает идентификацию атрибутов процессов СКМ, таких как цели, входы, выходы, владелец, критерии результативности/эффективности и др., после чего должны быть описаны их последовательность и взаимодействие. Процесс № 1.5 "Оценка степени реализации классификационных характеристик" и процесс № 1.6 "Выбор группы методов управления рисками" предполагают выбор методов управления рисками, который зависит от особенностей конкретного предприятия, специфики его продукции, а также от характера рисков и их последствий.

Процесс № 2 "Оценка рисков в СКМ" (рис. 3) включает их идентификацию, анализ и оценивание, которые должны стать частью процесса принятия управленческих решений на разных уровнях управления предприятием. Цель процесса состоит в определении и оценке уровня рисков в СКМ.

Состоит процесс № 2 из четырёх подпроцессов. Процесс № 2.1 "Определение риск-аппетита" направлен на формирование уровня затрат на качество, которые готово понести предприятие для достижения стратегических целей и намерений в области качества, а именно уровней затрат на предупреждение дефектов и затрат, связанных с внутренними и внешними отказами, причём границы могут быть регулируемыми в соответствии с PAF-моделью анализа затрат на качество. Процесс № 2.2 "Идентификация рисков" вклю-

чает выявление и регистрацию всех возможных видов рисков по процессам СМК. Процесс № 2.3 "Анализ рисков" предполагает, что для каждого выявленного риска устанавливаются причины его возникновения

и возможные последствия в случае его реализации. Анализ проводят отдельно по каждому из идентифицированных рисков по процессам СМК. Процесс № 2.4 "Оценивание рисков" заключается в определе-

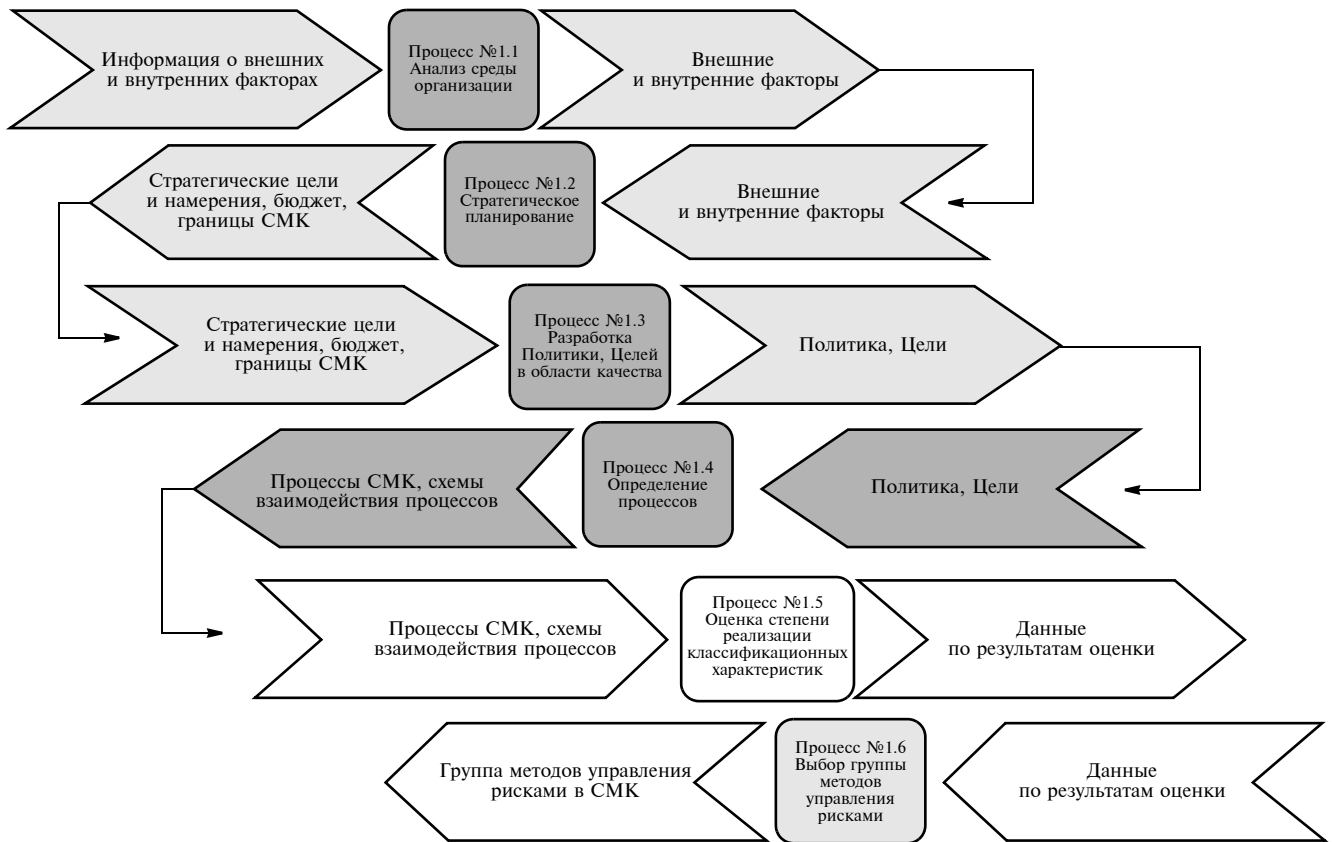


Рис. 2. Процесс № 1 "Определение ситуации"

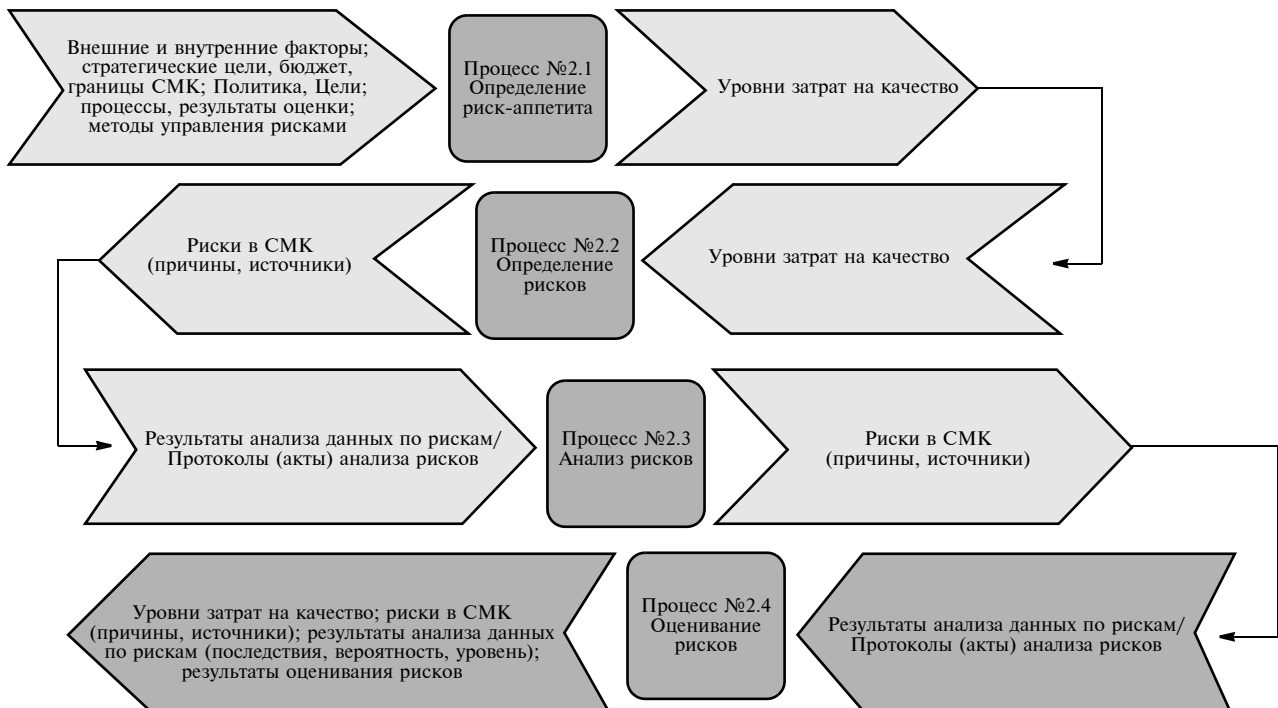


Рис. 3. Процесс № 2 "Оценка рисков в СМК"

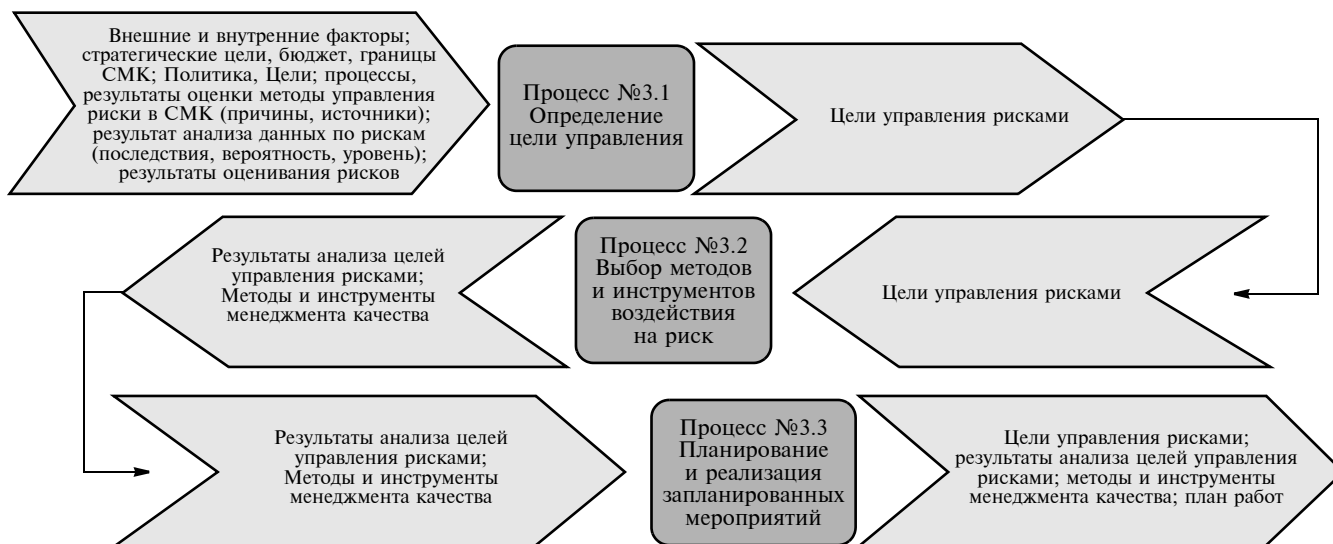


Рис. 4. Процесс № 3 "Управление рисками в СМК"

нии качественного или количественного выражения риска для последующего принятия решений на основе существенности риска. Методы оценки рисков наиболее полно представлены в стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011 [7], где также приводятся характеристики применимости данных методов, что может быть использовано при выборе наиболее оптимального.

На рис. 4 представлена схема процесса № 3 "Управление рисками в СМК", цель которого — выполнение предупреждающих действий посредством методов и инструментов менеджмента качества.

Состоит данный процесс из трёх подпроцессов. Процесс № 3.1 "Определение цели управления" предполагает установление целей, таких как: избежание риска, локализация риска (идентификация риска и контроль), диверсификация риска (минимизация возможных потерь), компенсация рисков (предупреждение риска). Процесс № 3.2 "Выбор методов и инструментов воздействия на риск" предполагает определение методов менеджмента качества, например, методов статистического контроля качества, методов бережливого производства либо набора мероприятий в области менеджмента качества. Процесс № 3.3 "Планирование и реализация запланированных мероприятий" предполагает с учётом цикла PDCA (планируй — действуй — проверяй — улучшай) разработку плана работ, его реализацию, мониторинг, измерение и анализ, а также, при необходимости, проведение корректирующих действий и/или предупреждающих действий.

Заключительный процесс № 4 "Анализ результативности/эффективности управления риском" предполагает оценку результативности и эффективности проведённых мероприятий по управлению рисками в СМК. Критерии результативности/эффективности следует связать с такими показателями, как: качество, сроки, затраты.

Таким образом, модель менеджмента риска в СМК представляет собой совокупность взаимосвязанных и/или взаимодействующих видов деятельности, использующих входы для получения намеченных результатов, может быть использована в качестве базовой предприятиями автомобильной промышленности независимо от видов выпускаемой ими продукции, оказываемых услуг, видов деятельности, структуры и т.д. Каждый компонент структуры может отличаться, но процесс в любом случае включает рассмотрение всех элементов на уровне детализации, соразмерном с конкретным риском.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 9001—2015 Системы менеджмента качества. Требования. [Текст]. — Введ. 2015-11-01. — Москва: Стандартинформ, 2015. 49 с.
2. Орлова О.Ю. Совершенствование системы менеджмента качества организации на основе развития риск-ориентированных моделей [Текст]: автореферат к диссертации на соискание учёной степени доктора экономических наук: 08.00.05: защищена 23.05.2018. — Санкт-Петербург, 2018. — 46 с.
3. Ансофф И. Стратегический менеджмент. Классическое издание. — СПб.: Питер, 2009. — 344 с.
4. Портер М. Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / Майкл Портер; Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. — 715 с.
5. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент. — 9 изд., испр., доп. — М.: Дело, 2008. — 448 с.
6. Katanaeva M.A., Lartseva T.A., Vyacheslavova O.F., Grozovsky G.I., Parfenyeva I.E. Risk-oriented thinking in the quality management system of an organization // ENERO-MARZO 2020, номер: VOLUMEN 7 NÚMERO 1. — P. 310—317
7. ГОСТ Р ИСО 31000—2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство [Электронный ресурс]. — Введ. 2020-03-01 // Техэксперт. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200170125>
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска [Электронный ресурс]. — Введ. 2012-12-01 // Техэксперт. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200090083>
9. Katanaeva M.A., Lartseva T.A., Vyacheslavova O.F., Grozovsky G.I., Bavykin O.B. The Process-based Model of Risk Management in the Quality Management System // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 12, 04-Special Issue, 2020.

ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА АВТОСБОРОЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Д-р техн. наук **В.Н. КОЗЛОВСКИЙ**, канд. техн. наук **Д.В. АЙДАРОВ**,
С.И. КЛЕЙМЕНОВ, **Л.Л. ШИХАРЕВ**
Самарский ГТУ (846 278-44-60)

Представлены результаты исследования проблемы обеспечения качества производства новых автомобилей с учётом трендов цифровизации.

Ключевые слова: качество, автомобильная промышленность, мониторинг качества.

Kozlovskiy V.N., Aydarov D.V., Kleimenov S.I., Shikharev L.L. QUALITY MANAGEMENT PROBLEM AT AUTOMOBILES IN MODERN CONDITIONS

The article presents the results of a study of the problem of ensuring the quality of production of new cars taking into account digitalization trends.

Keywords: quality, automotive industry, quality monitoring.

Сегодня даже в среде профессионалов бытует ошибочное мнение, что цифровое управление представляет собой долгожданный, универсальный и суперэффективный инструмент решения всех проблем. Действительно, современные вычислительные системы могут обрабатывать существенно больший объём электронных данных; появляются информационные системы, способные к интеллектуальной обработке данных и к самообучению. Однако на практике процессы и элементы цифрового управления в производстве и корпоративной службе используются уже достаточно давно. На рис. 1 представлены примеры использования систем цифрового управления качеством в таких предприятиях, как ПАО "АвтоВАЗ", ПАО "КамАЗ" и связанные с этим примеры работы в области логистики производственных процессов, а также оценки качества продукции в период эксплуатации.

Конечно, практически любая деятельность на современном предприятии связана с работой в специализированных информационных системах, которые, можно сказать, и являются элементами цифровой системы управления. Научно-технический прогресс сегодня даёт возможность развития информационных систем до уровня более глобальных информационных сред, интегрирующих в себе большие объёмы данных о параметрах деятельности предприятия по всем основным направ-

лениям работы. Эффективная обработка и использование этих данных обеспечивают повышение качества управления на предприятиях. При этом следует признать наличие вполне очевидной и существенной проблемы — неэффективного использования данных, накапливаемых в производственных системах с точки зрения обеспечения эффективности управления (рис. 2). Как любое другое значимое достижение в науке и технике, цифровое управление нуждается во внимании и активном использовании, чтобы избежать рисков отставания от лидеров отрасли.

Конечно, разработка и внедрение новшеств практически всегда встречает на своём пути сопротивление и непонимание. Общество обладает известной инертностью. Требуется

обеспечить создание некоторой критической массы профессионалов и экспертов, которые станут основными проводниками идей качественного цифрового управления, людей которые очень хорошо понимают значение системы менеджмента качества.

Глобальные вызовы, которые в значительной степени мешают развитию систем цифрового управления, включая цену вопроса, которой мы не касаемся, известны. Они вытекают из традиционных проблем, связанных с обеспечением лидерства руководства, а также с обеспечением командного духа в решении сложных задач. Время проходит, но упомянутая выше инерционность производственных коллективов негативно влияет на развитие улучшений. Нет, в известной степени, общего понимания важности решаемых задач, нет и прогресса (рис. 3).

Если нужно получить значительный эффект от внедрения новых цифровых технологий, то в первую очередь нужно обеспечить хорошее качество пояснений и обучения членов коллектива, тем самым достигая активного вовлечения в творческую работу на каждом уровне. Если нужно обеспечить высокий уровень эффективности, то потребуются создать предпосылки для появления новых идей и лидеров. В этом и заключается значительная часть идеи повышения качества управления. Так сказать, через повышение роли лидера и вовлечение всего коллектива мы достигаем синергии и возможности двигаться вперёд.

Роботрон как элемент цифрового управления. 1999 г. ОАО «АВТОВАЗ». Производственный отдел МСП. Организация и планирование производства.



ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ — РЕАЛЬНОЕ, ДАВНО ИЗВЕСТНОЕ ПОНЯТИЕ... И КОМПЛЕКС ИЗВЕСТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ...
в чём новшество? — в возможном более высоком уровне информатизации процессов и их интеллектуализации!!!



Центр удовлетворённости потребителей ПАО «АВТОВАЗ».
— аналитическая служба качества 2015 г.
1. Анализ качества автомобилей в гарантии.
2. Анализ удовлетворённости потребителей качеством продукции.

Рис. 1. Элементы цифровизации на автосборочном предприятии

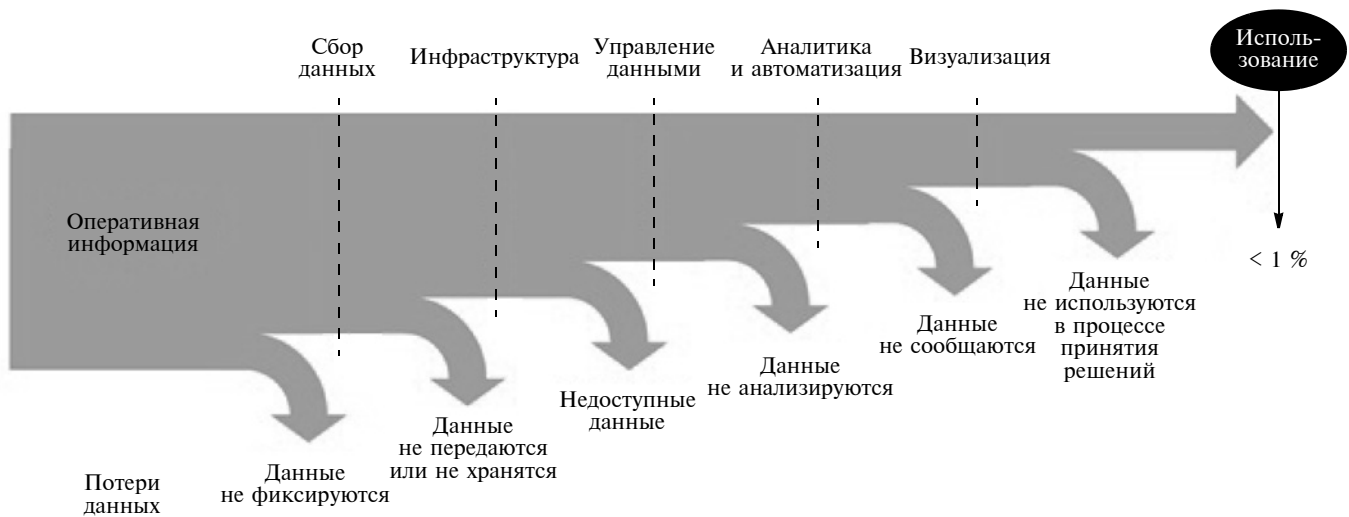


Рис. 2. Оценка использования данных, накапливаемых в производственной среде предприятия

Наверное, также не стоит сильно заострять внимание на том, какие проблемы возникают, когда требуется преодолеть межпроцессные проблемы, связанные с улучшением качества, и которые решаются на основе проектного межфункционального подхода, например с помощью методологии *FMEA*. Здесь есть необходимость сформулировать вопрос: "А есть ли смысл оциф-

ровывать в некоторых случаях не очень приглядную реальность?"

Наверно, более прогрессивный подход должен заключаться в создании новых или модернизированных моделей управления, имея в их основе результаты комплексного анализа передовой практики управления, здесь ключевое слово комплекс, не локальные идеи или методы, которые мы внедряем вновь и

вновь начиная с 90-х годов. Мы многие из них проходили, и в плане простого переноса методов в нашу практику они показали себя не всегда эффективными.

В этом плане, на наш взгляд, наступило время, когда прежде чем внедрять конкретные инструменты в области управления, первично требуется провести некоторую инвентаризацию задач, которые требуется решать на собственной почве в привязке с оценкой потенциальных текущих возможностей, перспектив и рисков развития рассматриваемой инструментальной базы. Здесь более правильный и прагматичный алгоритм работы заключается в определении собственного видения процессов управления, так сказать моделирование желаемой системы управления, через призму лучшего опыта. Это ещё и возможное решение задачи по импортозамещению.

К сожалению, необходимо отметить, что многим специалистам и управленцам философия статистического мышления по-прежнему непонятна. Именно эта философия обеспечила достижения японской и ряд других экономик. Интеграция в сознание каждого специалиста трёх компонентов философии — уже значимое достижение. И в принципе, наши дальнейшие исследования как раз и продиктованы этими соображениями. А именно — "Достижение некоторого баланса интересов в рамках границ изменчивости и возможности управления процессами" (рис. 3).

- Отсутствие фокуса на совместной деятельности, отсутствие общих целей.
- Нечётко сформулированы цели, задачи...
- Вклад команды меньше, чем суммарный вклад участников.
- Отсутствие интереса к целям.
- Сотрудники не хотят проявлять инициативу, принимать на себя риски

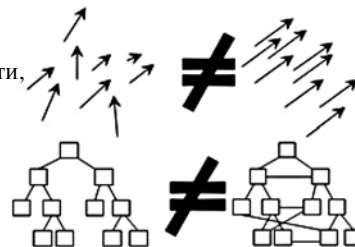


Рис. 3. Традиционные проблемы организации

Как ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ нового поколения помогут «ПОДТЯНУТЬ» КАЧЕСТВО УПРАВЛЕНИЯ?

Философия статистического мышления

1. Вся работа протекает в системе взаимосвязанных процессов.
2. Вариация присуща всем процессам.
3. Понимание и снижение вариации — ключи к успеху.

Из обзора материалов 55-го (2001 г.) конгресса Американского общества качества.
Ю.П. Адлер. Методы менеджмента качества. № 9. 2001.

Аналитика и Управление, Аналитика и Управление и ещё раз Аналитика и Управление!!!
или
ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ОСНОВАННЫХ НА ФАКТАХ НЕ НАОБОРОТ..., И НИКАК ИНАЧЕ...!!!

Рис. 4. Основные положения философии статистического мышления

Размер потенциального вложения на экономику

Прорывные технологии получают значительное влияние к 2025 г. (воздействие на экономику 12-ти наиболее значимых технологий, \$ трлн, ежегодно)

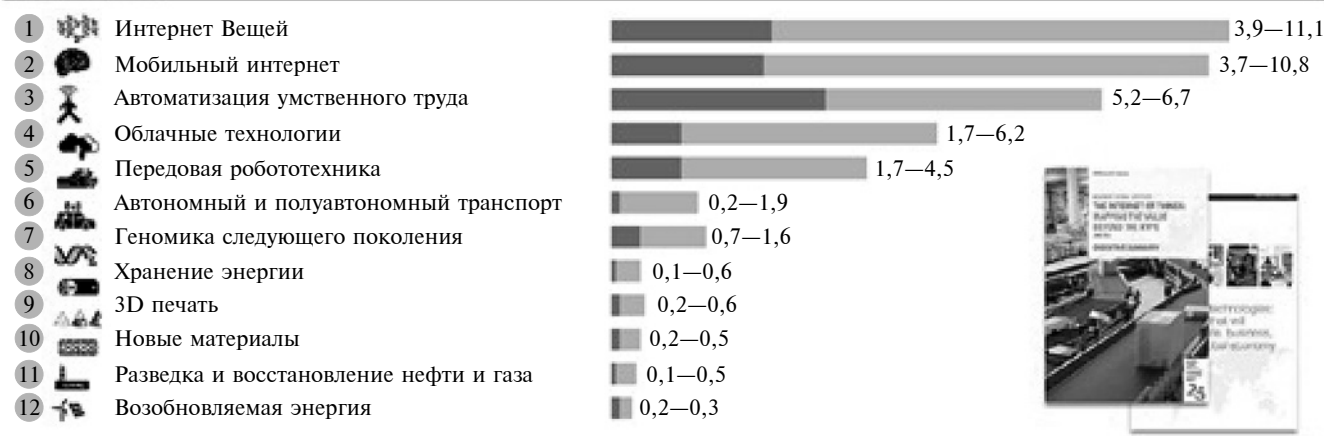


Рис. 5. Анализ потенциального роста инструментария цифровизации

Важной проблемой при разработке и реализации систем цифрового управления качеством является адекватность используемых в управлении данных, напрямую связанная с эффективностью существующей на предприятии системы измерения.

Нет сомнения, что полученные результаты измерений должны быть адекватны затрачиваемым ресурсам, используемой методологии и в полной мере отвечать на вопросы, стоящие в фундаменте исследований. Иными словами, в деле измерения чего-либо необходимо обеспечить эффективно действующий, очень тонко и правильно настроенный инструмент и методологию, которые в совокупности позволяют вскрывать коренные (наиболее значимые) причины поведения общества, если речь идёт о государственных или муниципальных программах работы с гражданами, или коренные причины поведения потребительского рынка, если речь идёт о коммерческой деятельности. И в первом и во втором случаях система глубокого анализа и воздействия на коренные причины позволяет наиболее эффективно решать проблемы качества.

Первый аспект рассматриваемой проблемы — выбор средств измерения. Использование "грубых" инструментов измерения даёт соответствующий результат. Он может быть приемлемым, но только там, где не

требуется высокий уровень качества и воспроизводимости процессов. И это, понятно, в первую очередь не должно относиться к аналитической деятельности, где цена ошибки чрезвычайно высока. Цель должна оправдывать средства. Либо необходимо проводить исследования на высоком качественном уровне, либо можно не проводить их вовсе, поскольку уровень достоверности результатов измерения может быть просто неприемлемым. Как следствие — неверные выводы и неправильные управленческие воздействия на объект измерения.

Второй аспект — проблема исследования и интерпретации данных. Второй вывод касается необходимости глубокого и вдумчивого исследования, аналитического обобщения получаемых материалов для того, чтобы формулировать объективные выводы. Выбор знаменателя для расчёта относительных показателей задача непростая и позволяет совершенно по-иному оценить результат.

Получаемые данные практически всегда требуют высокотехнологичной наукоёмкой обработки с использованием статистического аппарата и теории вероятности, инструментов логики, в том числе не линейной, а в настоящее время и цифровой интеллектуализации. А главное, это всё требует профессионального отношения к делу и творческого подхода для того, чтобы

извлечь максимальную пользу из полученных данных, лучше понять общество потребителей, чтобы прогнозировать его возможное поведение и по возможности влиять на это поведение.

В настоящее время научно-технический прогресс, в плане развития интеллектуальных и информационных технологий, электроники и микроэлектроники, систем датчиков, приводов самого различного качества и назначения и т.д. предопределил развитие и реализацию концепции четвёртой промышленной революции (*The Fourth Industrial Revolution*). Она рассматривается в экспертной среде как прогнозируемое событие массового внедрения киберфизических систем в производство (индустрия 4.0).

Ключевыми элементами концепции индустрии 4.0 являются: большие (цифровые) данные; интернет вещей; виртуальная и дополненная реальность; печатная электроника; квантовые вычисления; распределённые реестры. А основными проявлениями этих элементов является бурное развитие технологий автономных роботов, сельского хозяйства и цифровых двойников.

По прогнозам экспертов, потенциальное влияние цифровизации на развитие мировой экономики к 2025 г. вырастет с 4 до 11 трлн долл. США (рис. 5). Неоспоримым лидером роста инструментальной базы цифровизации является Интернет

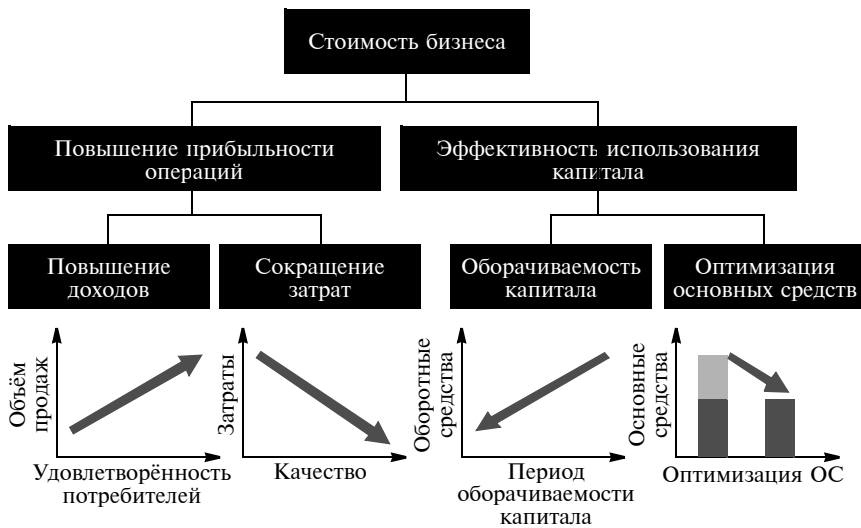


Рис. 6. Ключевые индексы успешности бизнеса



Рис. 7. Направления улучшений при цифровизации производства

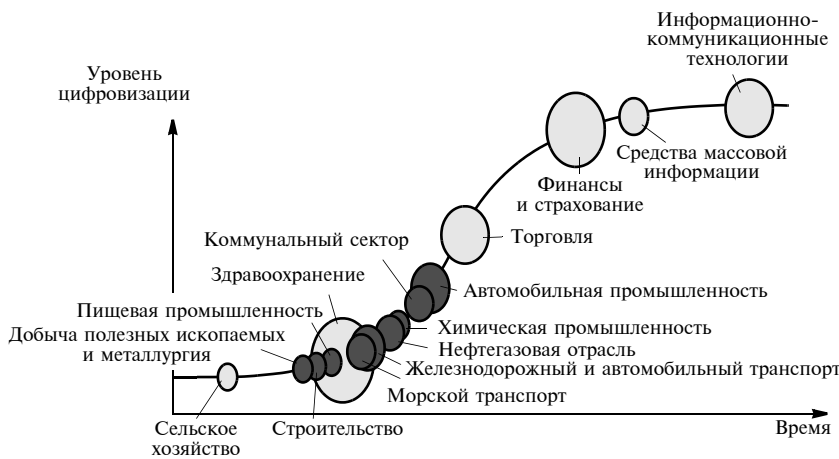


Рис. 8. Сегментация по уровню капитализации и технологическому развитию цифровизации по отраслям

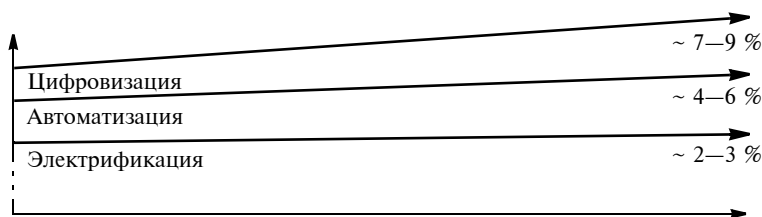


Рис. 9. Развитие рынков технологий цифровизации, автоматизации и электрификации производства

вещей (англ. *internet of things, IoT*) — концепция вычислительной сети физических предметов, оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей, как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаяющее из части действий и операций необходимость участия человека.

Далее (рис. 5) располагаются инструменты мобильного интернета, автоматизации умственного труда, облачные технологии, робототехника, автономный и полуавтономный транспорт и т.д. При этом в условиях постоянно ужесточающейся конкуренции, практически во всех отраслях, постоянный фокус бизнеса прикован к аспектам повышения доходов; сокращению затрат; улучшению оборачиваемости капитала и оптимизации основных средств (рис. 6). Из анализа рисунка нетрудно выделить ключевые тренды организации высокоэффективного производства, связанные с постоянным повышением удовлетворённости потребителей и улучшением качества продукции.

Именно цифровизация даёт адекватный ответ на обозначенные выше вызовы, связанные с необходимостью развития высокоэффективного производства продукции (рис. 7), поскольку её инструментальная база обеспечивает сокращение времени вывода на рынок новой продукции, повышает гибкость в условиях массового производства, способствует росту качества продукции, а также улучшает эффективность использования ресурсов.

Сегментация по уровню капитализации и технологическому развитию цифровизации по отраслям на текущий момент в развитых странах представлена на рис. 8. Из анализа рисунка можно сделать вывод, что автомобильная промышленность, входит в топ-5 отраслей по уровню развития инструментов цифровизации. С одной стороны, это подтверждает тезис о необходимости развития высокотехнологичного наукоёмкого производства в постоянно усложняющихся рыночных условиях. С другой стороны, это показывает, что цифровизация обеспе-

чивает дальнейшее технологическое развитие отрасли и обеспечивает переход к производству более сложных, новых типов автотранспортных средств (АТС), к числу которых относятся электромобили и автомобили с комбинированными энергоустановками.

По экспертным данным, именно развитие рынка цифровизации производства в настоящее время является определяющим фактором, который уже опережает развитие рынка автоматизации и повышение

энергоэффективности производства (рис. 9).

Таким образом, проведённые исследования показывают высокий уровень значимости процессов трансформации и развития современных автомобильных производств с учётом трендов цифровизации. Ключевые игроки мирового автопрома уже на протяжении как минимум последнего десятилетия активно развивают направления, составляющие основы цифрового производства. В отечественной практике авто-

мобилестроения только в последние годы лидеры отрасли стали активно интересоваться проблемами и аспектами внедрения цифровых инструментов. При этом в работе выделены наиболее проблемные стороны отечественной практики перехода от традиционных производственных систем к цифровым. Решение указанных проблем обеспечивает наиболее эффективный переход к новой методологии и инструментарию, определяющему развитию отрасли в эпоху цифровизации.

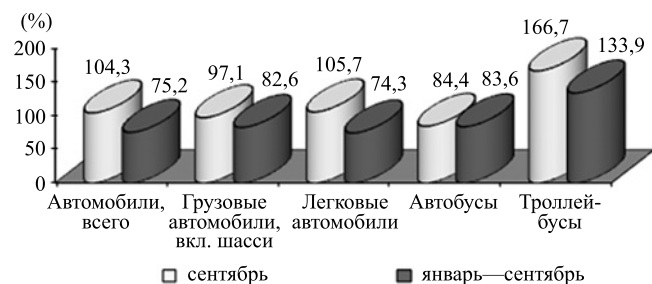


ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ РОССИИ В ЯНВАРЕ—СЕНТЯБРЕ 2020 г.

(по информации аналитической компании "Автосельхозмаш-холдинг")

По данным аналитической компании "АСМ-холдинг" в России за январь—сентябрь 2020 года было произведено 963 тыс. автотранспортных средств (грузовых, легковых автомобилей, автобусов), что на 24,8 % меньше, чем за январь—сентябрь 2019 года.

Динамика производства автомобильной техники в % к соответствующему периоду прошлого года



Производство **легковых автомобилей** за январь—сентябрь 2020 г. по отношению к январю—сентябрю 2019 г. уменьшилось на 25,7 %; изготовлено 850,4 тыс. шт. При этом выпуск легковых автомобилей отечественных брендов снизился на 22,1 % (до 242 тыс. шт.). Автомобилей УАЗ изготовлено на 17,5 % меньше, чем за соответствующий период прошлого года. Сокращение выпуска автомобилей "Лада" составило 22,3 %, в том числе: "АвтоВАЗ" —23,5 %, "Лада Ижевск" —27,1, "Лада Спорт" —13,0, "ЧеченАвто" —31,0 %.

Выпуск легковых автомобилей зарубежных брендов в январе—сентябре 2020 г. снизился на 27,0 % (до 608,4 тыс. шт.). Производство снизилось на всех предприятиях, кроме "Мерседес-Бенс Мануфэкчуринг Рус" (Московская обл.) и "Хавейл Мотор Мануфэкчуринг Рус" (Тульская обл.), которые в сумме выпустили 14 тыс. автомобилей. Доля иностранных брендов в общем выпуске легковых автомобилей в России в январе—сентябре 2020 г. составила 71,5 % (в январе—сентябре 2019 г. —72,8 %).

Предприятия-производители легковых автомобилей в январе—сентябре 2020 года отгрузили потребителям 848 тыс. шт., что на 23,4 % меньше, чем за январь—сентябрь 2019 г.

Объём выпуска **грузовых автомобилей**, включая грузовики категории N₁, за январь—сентябрь 2020 г. в целом снизился на 17,4 %; их изготовлено 90,1 тыс. шт. Производство отечественных грузовых автомобилей в январе—сентябре 2020 года сократилось на 15,5 % (до 74,3 тыс. шт.). Рост показали лишь три предприятия: КамАЗ (+7,5 %), РИАТ (+34,4 %), "Чайка-НН" (+4,6 %). На остальных производство снизилось.

Выпуск грузовых автомобилей зарубежных брендов в январе—сентябре 2020 г. сократился на 25,5 % (до 15,8 тыс. шт.). Увеличили выпуск следующие предприятия: "ПСМА Рус" (+1,7 %), ИВЕКО-АМТ (+6,9 %), "Автодом" (+63,4 %). На остальных предприятиях производство автомобилей также снизилось. Доля зарубежных брендов в общем выпуске грузовых автомобилей в России в январе—сентябре 2020 г. составила 17,5 % (против 19,4 % в январе—сентябре 2019 г.).

Предприятия-производители грузовых автомобилей в январе—сентябре 2020 г. отгрузили потребителям 88,5 тыс. шт., что на 16,0 % меньше, чем за аналогичный период прошлого года.

Выпуск **автобусов** (включая микроавтобусы, категории M₂), в январе—сентябре 2020 г. снизился на 16,4 %; изготовлено их 22,8 тыс. шт. Из общего количества произведённых автобусов выпуск машин отечественных брендов составил 17,9 тыс.шт. (-20,0 %), а автобусов зарубежных брендов — 4,9 тыс. шт. (-0,04 %).

В январе—сентябре 2020 года рост производства автобусов зафиксирован на следующих предприятиях: "Форд Соллерс Елабуга" (+70,9 %), ЛиАЗ (+46,8), НефАЗ (+74,6), АЗ "Урал" (+12,7), КамАЗ (+53,4), СИМАЗ (+11,3 %). Остальные предприятия производство автобусов снизили. Доля иностранных марок в общем выпуске автобусов в России в январе—сентябре 2020 года составила 21,6 % (в январе—сентябре 2019 года —18,1 %).

Предприятия-производители автобусов в январе—сентябре 2020 года отгрузили потребителям 21,7 тыс. шт., что на 17,0 % меньше, чем за январь—сентябрь 2019 года.

Объём выпуска **легких коммерческих автомобилей** в январе—сентябре 2020 г. снизился на 19,8 %. Их изготовлено 67,5 тыс. шт.

Динамика производства автомобилей следующая: АЗ "ГАЗ" —19,9 %, УАЗ —31,2, "Форд Соллерс Елабуга" —1,9, "АвтоВАЗ" —1,7, ПКФ "Луидор" —41,1, ПСА "ВИС-авто" —50,2, "Исудзу-Рус" —58,9, "Автодом" —39,5, "ПСМА Рус" +1,7, СТ "Нижегородец" +59,0 %.

Автомобили	Сентябрь 2020 г.			Январь—сентябрь 2020 г., % к январю—сентябрю 2019 г.	Сентябрь 2019 г.		Январь—сентябрь 2019 г., % к январю—сентябрю 2018 г.
	шт.	% к сентябрю 2019 г.	% к августу 2020 г.		% к сентябрю 2018 г.	% к августу 2019 г.	
Легковые	142 094	105,7	173,3	74,3	99,3	114,3	101,0
Грузовые	14 031	97,1	113,6	82,6	106,0	112,9	100,1
Автобусы	3618	84,4	161,8	83,6	95,1	138,4	90,9
Троллейбусы	30	166,7	115,4	133,9	100,0	105,9	45,5

Общая численность персонала на предприятиях автомобилестроения в августе 2020 г. снизилась по сравнению с августом 2019 года на 4,3 %, а средняя зарплата — на 5,8 % и составила 40 003 руб.

В сентябре 2020 г. наметился рост производства по легковым и грузовым автомобилям, автобусам и троллейбусам. В частности, отмечено увеличение его по сравнению с августом с.г. (см. таблицу).



КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.43.03

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В XXI ВЕКЕ

Кандидаты техн. наук **ДУБРОВИН Е.Р., ДУБРОВИН И.Р.**
НИИ ВА МТО имени генерала армии А.В. Хрулёва

Предложена единая воздушно-топливная система для автомобильного ДВС, которая позволит реализовать перспективные требования к экономичности и экологичности автотранспортных средств.

Ключевые слова: двигатель, автомобиль, система, топливо, горючая смесь, экономичность, многотопливность, экологичность.

Dubrovin E.R., Dubrovin I.R. THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE IN THE XXI CENTURY

A unified air-fuel system for an automobile internal combustion engine is proposed. It will make it possible to implement the promising requirements for the efficiency and environmental friendliness of vehicles.

Keywords: engine, car, system, fuel, gas mixture, profitability, combustion of many fuels, ecological purity.

Сегодня многим специалистам кажется, что в автомобиле за долгие годы эволюции сделано практически всё возможное для повышения экологической чистоты и энергоэффективности, и его дальнейшая модернизация не представляется возможной; что автомобильные двигатели, как мобильные топливосжигающие установки, достигли своего технического и технологического предела. Однако, по мнению авторов, это не совсем так: жидкотопливные и газовые силовые установки автомобилей по-прежнему имеют перспективу дальнейшего совершенствования.

XXI век будет не только веком экономии и рационального использования ресурсов, в том числе энергетических, включая все виды углеводородных топлив,

но и веком значительного повышения экологической чистоты автомобильного транспорта с целью снижения техногенной/антропогенной нагрузки на окружающую природную среду.

К современным автомобилям и их двигателям сегодня предъявляется целый ряд жёстких требований. Но наиболее актуальными в ближайшем будущем будут *максимальная экономичность, высокая экологическая безопасность и многотопливность*. Иначе говоря, способность надёжно и экономно функционировать на углеводородных топливах многих видов, при минимальном загрязнении окружающей природной среды.

Рассмотрим более подробно каждое из этих свойств.

Экологичность [1] автомобилей, как любого продукта общественного труда, проявляется в способности минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, человека, флору и фауну на всех этапах жизненного цикла: при изготовлении, использовании (эксплуатации, ремонтах, модернизациях), консервации и утилизации. Очевидно, что наибольшее негативное воздействие автомобили оказывают в период непосредственного использования по прямому назначению, то есть в процессе работы силовой установки, которая потребляет ресурсы: атмосферный воздух, углеводородное топливо, масла и технические жидкости (антифриз, тормозную жидкость и т.д.). В тоже время хорошо известно, что ресурсы, не использованные по прямому назначению или их избыток, не участвующих в технологических процессах, рано или поздно становятся отходами и также загрязняют окружающую среду. Более рациональное использование ресурсов повышает экологичность (экологическую чистоту) функционирующей силовой установки автомобиля и одновременно повышает экономичность работы АТС, т.е. экологичность автомобиля непосредственно связана с его экономичностью, они являются "двумя сторонами одной медали".

Важная роль в обеспечении экологической чистоты автомобиля принадлежит организации сгорания углеводородного топлива в цилиндрах его двигателя. При этом экологическая чистота автомобильного двигателя определяется не только видом сжигаемого топлива и технологией подготовки этого топлива к процессу горения, но и конструктивным исполнением топливоподающей и воздухоподающей систем автомобильной силовой установки, обеспечивающим качественно-количественные характеристики компонентов и их соотношение в подаваемой на горение горючей топливной смеси, степень равномерного распределения топлива по объёму воздуха и, в конечном итоге, полноту и качество процесса сгорания топлива.

Экономичность применительно к автомобилям следует рассматривать как одно из важных эксплуатационных свойств их двигателей, проявляющееся в способности вырабатывать заданный вид энергии, обладающей требуемыми количественно-качественными параметрами, затрачивая наиболее близкие к оптимальным, приближенные к теоретическим, количества необходимых ресурсов (топлива, воздуха, масла, жидкостей и т. п.). В качестве показателей экономичности автомобилей в настоящее время используется в основном расход топлива на горение для получения единицы энергии и отнесённого ко времени или к количеству выработанной энергии. Расход другого важного ресурса на горение — атмосферного воздуха — в автомобильных двигателях сегодня, к сожалению, не оценивается.

Непоследнюю роль в экономичности, а значит и в экологичности, автомобиля играет значение давления топлива перед камерой сгорания. Очевидно, что вероятность протечек нефтепродуктов при высоком давлении (сегодня перед камерой сгорания спортивных автомобилей максимальное давление достигает до 2000 кгс/см^2) топлива в системе намного выше, чем при малых давлениях топлива.

Необходимо добавить, что достижению наибольшей экономичности современным автомобилям сегодня мешает наличие "мёртвого" и "неснижаемого" запасов топлива в элементах топливной системы его двигателей. *Мёртвый* запас топлива — это его остаток в баке, который не может быть забран топливным насосом ввиду расположения всасывающего патрубка. У большинства автомобилей минимальный мёртвый запас топлива составляет около 2 % вместимости топливного бака [4]. Сегодня мёртвый запас в топливном баке автомобилей известных брендов (например, "Вольво") уже минимизирован, но всё же присутствует. *Неснижаемый* запас топлива — это минимальное количество нерасходуемого топлива, которое необходимо иметь в элементах топливной системы с целью недопущения попадания в них воздуха. Минимальный неснижаемый запас составляет один часовой расход топлива на двигатель [4]. В используемой сегодня топливной системе автомобиля эти запасы постоянно находятся в её элементах и из-за их конструктивных особенностей не могут быть израсходованы, а удаляются (сливаются) в период ремонта топливной системы.

Повышение экономичности автомобилей, в основном достигается и за счёт внедрения совершенство-

ванных технологий подготовки основных ресурсов (топлива и воздуха) к сжиганию, их более рационального использования, высокой технической культуры обслуживающего персонала (например, водителей и автомехаников), своевременного устранения возникающих в процессе эксплуатации замечаний и т.п.

Таким образом, свойства "экологичность" и "экономичность" автомобилей можно улучшить, например, путём совершенствования топливоподающей и воздухоподающей систем их двигателей, снижения давления топлива; на основе реализации новых технологических процессов подготовки воздуха, топлива, приготовления горючей смеси и её подачи в цилиндры на сжигание; и активизации эргатического (человеческого) фактора.

Многотопливность [2] — эксплуатационное свойство топливосжигающей установки, проявляющееся в способности получать требуемый вид энергии за счёт сжигания широкого диапазона различных видов углеводородных топлив. Сегодня свойство "многотопливность" любой энергетической установки обеспечивается её оборудованием несколькими топливными системами, каждая из которых подаёт только один вид горючего, на котором должна работать силовая установка. Большинство современных автомобильных двигателей, как известно, работают только на одном виде топлива и, соответственно, имеют одну топливную систему, поэтому говорить о свойстве "многотопливность" автомобилей в настоящее время не представляется возможным.

Обслуживающие автомобильный двигатель системы — воздухоподающая и топливоподающая — конструктивно приспособлены для приготовления и сжигания всего лишь одного вида углеводородного топлива с определённой теплотворной способностью (теплотой сгорания или калорийностью).

Автомобильное топливо каждого вида (бензины, дизтопливо и газомоторное топливо), как известно, обладает своей теплотой сгорания, поэтому каждой марке автомобиля завод-изготовитель рекомендует своё конкретное топливо для использования в его двигателе, что, по мнению авторов, является одним из основных недостатков всех без исключения эксплуатируемых сегодня автомобилей.

Вот уже более 100 лет в двигателях внутреннего сгорания сжигается *топливовоздушная горючая смесь*, которая практически без изменений прошла за указанное время путь от нефтевоздушной (на нефтяном двигателе дизеля) через бензиновоздушную (на бензиновом двигателе) и дизтопливно-воздушную (на современном дизеле) до газозвушной (на газовых моторах).

Основными недостатками топливовоздушной горючей смеси являются первичность топлива и вторичность воздуха при её приготовлении, а также невозможность получения оптимального соотношения горючего и окислителя в ней. Это значит, что основой топливовоздушной горючей смеси является топливо, давлением (расходом) которого изменяется (увеличивается или уменьшается) режим работы двигателя, а воздух при этом выполняет вторичную роль. Топливно-воздушная смесь в настоящее время готовится непосред-

редственно перед цилиндрами (зоной горения), что неизменно приводит к приготовлению обогащённой горючей смеси на холостом режиме и при переходе с более низкого режима на более высокий режим работы двигателя (увеличение скорости автомобиля) и, как следствие, в атмосферу в составе дымовых уходящих газов выбрасываются продукты пиролиза (бескислородного горения топлива), которые загрязняют окружающую природную среду сажей и продуктами неполного сгорания топлива. При переходе с более высокого на более низкий режим работы двигателя (уменьшение скорости автомобиля) готовится обеднённая топливовоздушная смесь, в результате чего наблюдается перерасход топлива на мгновенный нагрев и перегрев избытков воздуха и, как следствие, загрязнение окружающей природной среды горячими газами, оксидами, диоксидами и свободным кислородом.

Так, при сжигании обеднённой (с преобладанием воздуха) топливовоздушной горючей смеси атмосферный воздух, доставленный в цилиндры двигателя сверх нормы, мгновенно нагревается и перегревается, на что затрачивается дополнительное топливо, являющееся в данном случае "лишним", количество которого может достигать до 15 % от расхода топлива на двигатель. Очевидно, что избытки воздуха и "лишнее" топливо — это взаимосвязанный между собой прямой перерасход потребляемых ресурсов: большему стехиометрическому коэффициенту (α) соответствует больший перерасход топлива.

И наоборот — значительный расход горючего на двигатель требует повышенного расхода воздуха, необходимого для полного окисления топлива, но в обогащённой (с преобладанием топлива) горючей смеси такого количества воздуха нет, поэтому её сжигание сопровождается нехваткой атмосферного воздуха, что приводит к разложению углеводов топлива без кислорода при высокой температуре и, как следствие, к выбросу горячих продуктов пиролиза (термически преобразованных углеводов) в атмосферу. Очевидно, что наличие в выхлопных газах автомобиля пусть термически преобразованных, но все же углеводов также можно смело отнести к перерасходу исходного топлива.

Таким образом, *в любом случае работа автомобильного двигателя на топливовоздушной горючей смеси всегда сопровождается перерасходом топлива и загрязнением природной среды, а это значит, что экологическая чистота (безопасность) автомобиля в целом сегодня обеспечена недостаточно.*

Очевидно, что формирование свойства "многотопливность" автомобилей за счёт оснащения их двигателями несколькими отдельными топливоподающими системами со своими механизмами и устройствами не только значительно усложняет и удорожает конструкцию всей силовой установки автомобиля, но и затрудняет процесс эксплуатации и технического обслуживания данного транспортного средства в целом, поэтому такое оснащение не реально и экономически нецелесообразно.

Известно, что в процессе приготовления используемой в настоящее время горючей смеси задействованы

две системы (топливоподающая и воздухоподающая) двигателя внутреннего сгорания, конструкции которых способны приготовить сегодня исключительно топливовоздушную горючую смесь.

Авторы, основываясь на результатах своих многочисленных работ, убеждены, что для одновременного улучшения экологической чистоты, повышения экономичности и обеспечения многотопливности автомобилей в целом необходимо готовить и сжигать воздушно-топливную горючую смесь *оптимального состава* (11 кг воздуха : 1 кг топлива). В качестве топливного компонента воздушно-топливной горючей смеси должны быть светлые (бензины, дизтопливо, биотопливо), газообразные (сжатый и сжиженный природный газ, сжиженный нефтяной газ) углеводородные горючие, топливные смеси, эмульсии и некондиционные (например, обводнённое) автомобильные топлива.

К сожалению, традиционные топливоподающая и воздухоподающая системы, используемые в настоящее время на автомобильных двигателях не способны приготовить воздушно-топливную горючую смесь. Это значит, что на эксплуатируемых сегодня автомобилях практически невозможно достичь максимальной экономичности, высокой экологической чистоты и многотопливности.

Что же делать? Решением этой проблемы, по мнению авторов, является замена двух систем — топливоподающей и воздухоподающей — автомобильного двигателя на *единую воздушно-топливную систему*, функционирующую на других физических принципах. Очевидно, что замена двух систем автомобильного двигателя внутреннего сгорания (топливной и воздухоподающей) на одну (единую воздушно-топливную) систему упростит конструкцию автомобиля в целом, а значит, процесс его эксплуатации и технического обслуживания.

Единая топливно-воздушная система автомобильного двигателя (рис. 1) включает вентилятор (при сжигании природного газа) или компрессор (при сжигании жидкого топлива), трубопровод подачи воздуха, самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель, топливный расходный бак, всасывающий трубопровод с приёмным фильтром (воздушный компрессор/вентилятор, топливная ёмкость и приёмный топливный фильтр на рисунке не показаны).

Из традиционной топливной системы двигателя внутреннего сгорания в новую систему перешли только всасывающий трубопровод с приёмным фильтром и топливный бак, остальные элементы новые. Кроме того, в единой воздушно-топливной системе отсутствует традиционная топливная аппаратура (насосы, форсунки дизеля, карбюратор или инжектор бензинового двигателя и газотопливная аппаратура — самые дорогостоящие и капризные элементы топливной системы).

Функции топливного насоса в единой (воздушно-топливной) системе выполняет самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель, который работает на перепаде давлений воздуха, подаваемого от вентилятора (например, в газодизеле) или компрессора (в жидкостных ДВС), и готовится воздушно-

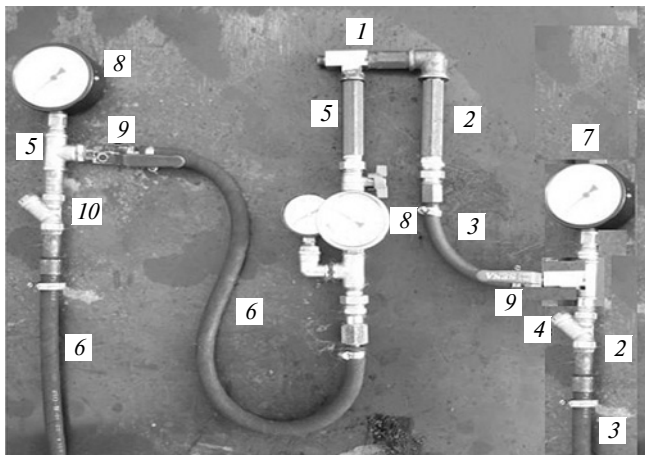


Рис. 1. Единая воздушно-топливная система для рядного автомобильного двигателя внутреннего сгорания:

1 — самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель (системообразующий элемент системы); 2 — трубопровод рабочего воздуха; 3 — гибкий шланг рабочего воздуха; 4 — воздушный фильтр на трубопроводе подачи сжатого воздуха; 5 — всасывающий топливный трубопровод; 6 — гибкий всасывающий топливный шланг; 7 — воздушный манометр; 8 — топливные мановакуумметры; 9 — запорная арматура; 10 — топливный фильтр на всасывающем топливном трубопроводе

топливную горючую смесь. Приготовление горючей смеси происходит перед впускным (всасывающим или воздушным) коллектором, на входе которого устанавливается самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель.

Самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель не имеет ни механического привода от двигателя, ни вращающихся и движущихся частей, поэтому не требует смазки и охлаждения, связан с компрессором (вентилятором) только по воздуху, а с двигателем — по приготавливаемой воздушно-топливной горючей смеси.

Компрессор (или вентилятор) может приводиться во вращение от автономного привода или от коленчатого вала двигателя, он всасывает из атмосферы воздух, который сжимается и по трубопроводу нагнетается во внутреннюю полость насоса-распылителя. Сжатый воздух с требуемыми рабочими параметрами (расходом и давлением) проходит через насос-распылитель, в приёмной полости которого создаётся разрежение, достаточное для самовсасывания из расходного бака (баллона) необходимого количества топлива для приготовления горючей смеси. Далее приготовленная горючая смесь через выходной патрубок (насоса-распылителя), распыливается во впускной коллектор двигателя, в котором в виде мелкодисперсной струи через воздушные клапана всасывается поршнями на такте всасывания воздуха и оказывается внутри цилиндров, где и сгорает.

Двигатель, оборудованный единой системой, функционирует следующим образом (рис. 2) [3]. (Воздушный компрессор/вентилятор, топливный бак/газовый баллон и приёмный топливный фильтр на рисунке не показаны.)

После включения компрессора (или вентилятора) — при сжигании природного газа) воздух из него подаётся во самовсасывающий воздушно-топливный насос-

распылитель, из которого через впускной коллектор поступает на вентиляцию цилиндров. При увеличении оборотов компрессора (вентилятора) повышаются расход и давление воздуха, поступающего в воздушно-топливный насос-распылитель. По достижении рабочих характеристик (давления и расхода воздуха) перед самовсасывающим воздушно-топливным насосом-распылителем начинается всасывание топлива (газа) из расходной топливной ёмкости (топливного бака или газового баллона) и приготовление воздушно-топливной горючей смеси, которая распыливается во впускной коллектор двигателя, и далее при такте всасывания поступает в цилиндры на сжигание.

Во время работы двигателя количество всасываемого из топливного бака (газового баллона) топлива регулируется изменением давления воздуха на насос-распылитель. Переход работы двигателя с одного режима работы на другой производится изменением (повышением или снижением) параметров рабочего воздуха перед насосом-распылителем.

Вывод двигателя из действия осуществляется путём стравливания воздуха перед насосом-распылителем. В этом случае количество подаваемого в двигатель топлива сначала снижается, а затем, при падении ниже рабочих значений, вообще прекращается. В процессе снижения давления воздуха перед насосом-распылителем с рабочего значения до нуля происходит вентиляция цилиндров двигателя воздухом.

Единая воздушно-топливная система способна приготавливать горючую смесь на основе всех жидких автомобильных топлив без замены насоса-распылителя. Замена насоса-распылителя потребует только при сжигании в двигателе природного газа. Это значит, что одна воздушно-топливная система в состоянии заменить несколько топливных систем, предназначенных для подачи и подготовки разных видов горючих.

Основным преимуществом воздушно-топливной системы перед традиционными топливными системами, используемыми сегодня, является отсутствие в единой системе "мёртвого" и "неснижаемого" запасов топлива, а также наличие у насоса-распылителя "сухого" всасывания. ("Сухое" всасывание — способность струйного насоса всасывать газообразную среду, напри-

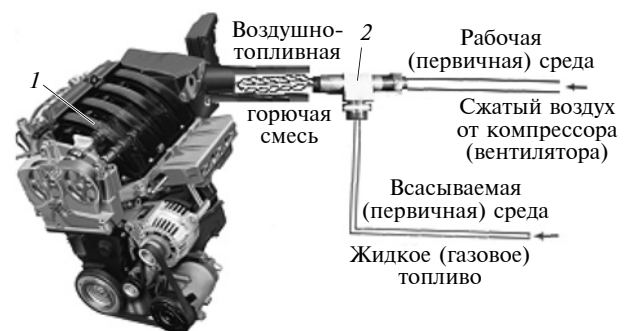


Рис. 2. Единая воздушно-топливная система рядного автомобильного двигателя с самовсасывающим воздушно-топливным насосом-распылителем:

1 — впускной (воздушный) коллектор двигателя; 2 — самовсасывающий воздушно-топливный насос-распылитель единой воздушно-топливной системы

мер, воздух из топливного бака после удаления полного запаса жидкой среды, например, бензина.) Это значит, что при оборотовании автомобильных двигателей воздушно-топливной системой будет расходоваться весь запас (100 %) топлива из топливного бака, в результате чего также повысится экологичность автомобиля за счёт отсутствия необходимости слива остатков топлива из бака при ремонтах автомобиля.

На сегодняшний день авторами разработана схема, выбран состав элементов и рассчитаны технические показатели единой системы с самовсасывающим воздушно-топливным насосом-распылителем для двигателя внутреннего сгорания, определены оптимальные соотношения воздуха и топлива на различных режимах работы двигателя, выявлено необходимое давление воздуха для приготовления воздушно-топливной

Показатель	Бензиновый двигатель		Дизель		Газовый двигатель	
	с традиционной топливной системой	с объединённой воздушно-топливной системой	с традиционной топливной системой	с объединённой воздушно-топливной системой	с традиционной топливной системой	с объединённой воздушно-топливной системой
Используемое топливо	Только топлива, указанные заводом-изготовителем	Любые виды жидкого топлива, нефть, нефтяные и топливные отходы, дистилляты и некондиционные	Только топлива, указанные заводом-изготовителем	Любые виды жидкого топлива, нефть, нефтяные и топливные отходы, дистилляты и некондиционные	Только указанные заводом-изготовителем газообразные топлива	Любые газообразные топлива, в том числе некондиционные горючие газы
Допустимая влажность топлива	Согласно ГОСТ вода отсутствует	До 7%	Согласно ГОСТ следы воды	До 10%	Согласно ГОСТ вода отсутствует	До 5%
Тонкость распыла	Не менее 20 мкм	5...10 мкм	Не менее 20 мкм	5...10 мкм	Не менее 10 мкм	5...10 мкм
Состояние топлива в смеси	В виде молекул различного строения	В виде осколков, свободных радикалов	В виде молекул различного строения	В виде осколков, свободных радикалов	В виде молекул различного строения	В виде осколков, свободных радикалов
Схема подачи топлива и воздуха в цилиндры двигателя	Раздельная (в виде отдельных компонентов)	Совместная (в виде горючей смеси)	Раздельная (в виде отдельных компонентов)	Совместная (в виде горючей смеси)	Раздельная (в виде отдельных компонентов)	Совместная (в виде горючей смеси)
Основной компонент для приготовления горючей смеси и для повышения мощности ДВС	Топливо	Воздух	Топливо	Воздух	Топливо	Воздух
Уровень подготовки топлива	Минимальный	Максимальный	Минимальный	Максимальный	Минимальный	Максимальный
Приготовление горючей смеси	В цилиндрах (внутреннее)	Во впускном коллекторе (внешнее)	В цилиндрах (внутреннее)	Во впускном коллекторе (внешнее)	В цилиндрах (внутреннее)	Во впускном коллекторе (внешнее)
Вид горючей смеси	Топливо-воздушная	Воздушно-топливная	Топливо-воздушная	Воздушно-топливная	Топливо-воздушная	Воздушно-топливная
Значение коэффициента избытка воздуха (α)	На атмосферном ДВС не менее 0,85...1,15; с турбонаддувом — не менее 40...50	1,1	На атмосферном ДВС не менее 1,3...5,0; с турбонаддувом — не менее 40...50	1,1	1,15—1,2	1,1
Смещение топлива с воздухом	Неравномерное	Равномерное	Неравномерное	Равномерное	Неравномерное	Равномерное
Химический недожог	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует
Механический недожог	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует	Наблюдается	Отсутствует
Наличие излишков воздуха	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть	Нет
Перерасход топлива на нагрев излишков воздуха	На атмосферном ДВС 6,0 % и более, с турбонаддувом — не менее 15 %	Отсутствует	На атмосферном ДВС 6,0 % и более, с турбонаддувом — не менее 15 %	Отсутствует	2,0...3,0 %	Отсутствует
Экономия топлива	Отсутствует	6,0...15 %	Отсутствует	6,0...15 %	Отсутствует	2,0...3,0 %
Сокращение вредных выбросов в атмосферу	0 %	Минимум на 6,0...15 %	0 %	Минимум на 6,0...15 %	0 %	Минимум на 2,0...3,0 %

горючей смеси оптимального состава. После расчёта системы и её элементов проведены натурные испытания предлагаемой технологии, в которой в качестве рабочей среды использовался сжатый воздух, а подсасываемой средой служила пресная вода. Результаты испытаний подтвердили практическую реализуемость, работоспособность предлагаемой технологии и правильность расчётов единой воздушно-топливной системы.

В 2007 году единая (воздушно-топливная) система прошла стендовые испытания и показала снижение расхода жидкого топлива на 15 %, такая экономия получилась за счет приготовления и сжигания воздушно-топливной горючей смеси оптимального состава без избытка воздуха и перерасхода топлива. После стендовых испытаний единая система в течение года прошла опытную эксплуатацию на топливосжигающей установке одного из предприятий Якутии, а с 2008 года по настоящее время находится в постоянной эксплуатации.

Необходимо отметить, что воздушно-топливная система после доработки некоторых элементов может быть использована не только на двигателях внутреннего сгорания, но и практически на всех существующих сегодня топливосжигающих установках: котлах, газовых турбинах, печах и т.п.

Сравнение рабочих показателей традиционных топливной и воздушной систем и единой воздушно-топливной системы ДВС представлено в таблице.

В заключение отметим, что перевод работы автомобильных двигателей на сжигание воздушно-топливной

горючей смеси оптимального состава позволит снизить загрязнение атмосферы на ~15 % и на столько же повысить экономичность работы автомобилей. Если принять этот факт, то экономия, например, бензина в мировом масштабе составит ~22 950 литров в минуту, а снижение количественного загрязнения атмосферы продуктами его сгорания на ~275—872 тонн/мин, т.е. также не менее чем на 15 %. Очевидно, что в реальных условиях (т.е. при оборудовании системой всех транспортных средств) экономия топлива и снижение количества вредных выбросов в атмосферу будут больше.

Безусловно, разработка и внедрение новых технологий повышения экологической чистоты и экономичности работы автомобильных двигателей — довольно затратное и трудоёмкое дело, тем не менее развитие автомобильной техники должно продолжаться.

Литература

1. Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. Снизить загрязнение атмосферы поможет... воздух // газета Энергетика и промышленность России. — 2009. — № 10 (126). С. 42—43.
2. Дубровин И.Р., Дубровин Е.Р. Несколько распространённых заблуждений насчёт традиционных топливных систем // газета Энергетика и промышленность России. — 2016. — № 22 (306). — С. 54—55.
3. Дубровин И.Р., Дубровин Е.Р. Прощай форсунка // газета Энергетика и промышленность России. — 2009. — № 22 (138). — С. 58—59.
4. Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. Зачем нужны новые топливные системы // газета Энергетика и промышленность России. — 2008. — № 17 (109). С. 58—59: Производство и энергетика.

УДК 001.891.572; 629.032; 629.366

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ СИДЕНЬЯ ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГОСРЕДСТВА

Д-ра техн. наук ГОДЖАЕВ З.А., ПРЯДКИН В.И.; КОЛЯДИН П.А., АРТЁМОВ А.В., ГОДЖАЕВ Т.З.

Федеральный научный агроинженерный центр "ВИМ", Воронежский ГЛТУ имени Г.Ф. Морозова (fic51@mail.ru)

Рассмотрен вопрос обеспечения плавности хода мобильного средства химизации, оборудованного широкопрофильными шинами сверхнизкого давления. Объект исследования — мобильное энергетическое средство на шинах сверхнизкого давления МЭС-400, разработанное при участии сотрудников кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова. Для оценки воздействия различных упругих элементов подвески на плавность хода мобильного средства составлена математическая программа, в которой был произведён эксперимент с применением упругих элементов с линейной, прогрессивной и регрессивной характеристиками. Получены значения амплитуды, скорости и ускорения различных элементов средства химизации для каждой из характеристик. Произведено сравнение полученных результатов, сделан вывод об изменении рабочей скорости движения данного мобильного средства.

Ключевые слова: шины сверхнизкого давления, моделирование, плавность хода, нелинейная характеристика, компьютерный эксперимент.

Godzhaev Z.A., Pryadkin V.I., Koljadin P.A., Artyomov A.V., Godzhaev Z.A. STUDY OF VIBRATION LOAD ON THE OPERATOR'S SEAT OF MOBILE POWER EQUIPMENT

The paper considers the issue of ensuring the smooth running of a mobile chemicalization facility equipped with wide-profile ultra-low pressure tires. As an object of study, a mobile power tool on ultra-low pressure tires MES-400 was developed, developed with the participation of employees of the Department of Automobiles and Service of the Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova. To assess the impact of various elastic suspension elements on the smooth running of a mobile device, a mathematical program was compiled in which an experiment was performed using elastic elements with linear, progressive and regressive characteristics. As a result, the values of the amplitude, velocity, and acceleration of various elements of the chemicalization agent were obtained for each of the characteristics. A comparison of the results was made and a conclusion was drawn about a change in the working speed of the given mobile vehicle.

Keywords: ultra-low pressure tires, modeling, smoothness, non-linear characteristic, computer experiment.

В последнее время всё большее распространение в сельском хозяйстве получают мобильные энергосредства (МЭС) химизации, оборудованные экологически безопасным движителем. Данный тип движителей оказывает меньшее разрушающее воздействие на почву, обеспечивает работу на влажной почве в ранний ве-

сенний период. Изучением данных движителей занимались Годжаев З.А., Гончаренко С.В., Зайцев С.Д., Клысак Г.А., Русанов А.В., результаты их исследований приведены в работах [3, 10, 18, 21]. В настоящее время повышение рабочих скоростей мобильных средств составляет общую техническую основу увеличения её производительности и интенсификации использования, способствует успешному развитию механизации сельскохозяйственного производства, повышает эффективность материально-технической базы. Необходимо отметить, что повышение рабочих скоростей движения не противоречит, а способствует получению наиболее полного эффекта от реализации известных направлений увеличения производительности при выполнении работ [7, 17, 20, 22, 23]. Но, вместе с этим, при увеличении рабочих скоростей технических средств увеличивается и их вибронегруженность, отрицательно влияющая на различные элементы конструкции мобильных средств, в том числе и на оператора (водителя). Механические колебания, возникающие при движении транспортного средства, являются причиной различного рода вибраций, приводящих к усталостным разрушениям деталей кузова, подвески, установленного технологического оборудования. Кроме того, вибрация отрицательно воздействует на здоровье и состояние оператора в кабине технологического аппарата.

Уровень вибрации, воздействующей на водителя, является основным показателем комфортабельности транспортного средства и определяет утомляемость водителя, следовательно, влияет на безопасность движения. Высокие уровни вибрации ограничивают скорость движения автомобиля, что сказывается на его производительности. При высоком уровне вибронегруженности на сиденье оператор сознательно снижает скорость движения мобильного средства. Исследованием плавности хода за рубежом занимались Damien Maher В.Е., Evers W.J.E., Grott M., Hamed M., Hammood H. в работах [1, 2, 4–6], в России — Годжаев З.А., Камитов М.С., Никонов В.О., Посметьев В.В., Посметьев В.И., Прядкин В.И. [9, 11, 16, 19].

Нелинейные упругие элементы подвески используются для повышения плавности хода автомобилей [8, 15]. Нелинейные упругие элементы позволяют устранить резонансные колебания корпуса МЭС, особенно при движении по неровностям поверхности, имеющим определённую периодичность. Для обоснования типа и параметров подвески с нелинейными характеристиками целесообразно использовать математическое моделирование колебательного процесса. Математическое моделирование позволяет провести большое количество компьютерных экспериментов для поиска оптимальных конструкторско-компоновочных решений и оптимизации конструктивных параметров элементов колебательной системы.

Целью данной работы являлось изучение влияния воздействия различных по своей характеристике упругих элементов подвески на вибрационную нагруженность на сиденье оператора, вынесенного далеко вперёд за ось передних колёс мобильного энергетического средства на шинах сверхнизкого давления. В качестве



Рис. 1. Мобильное средство химизации на шинах сверхнизкого давления МЭС-400

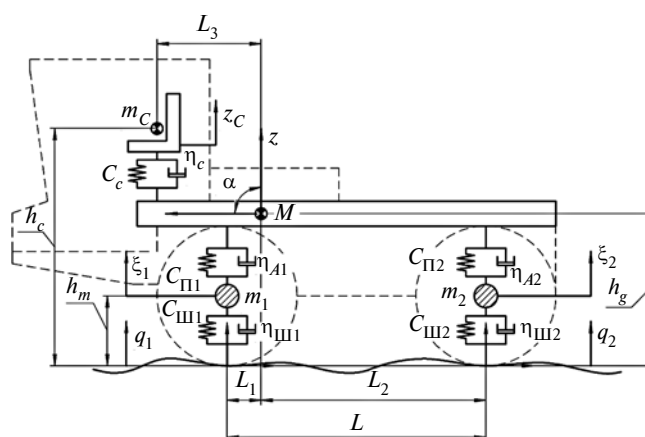


Рис. 2. Динамическая модель МЭС

объекта исследований было выбрано мобильное средство химизации МЭС-400 (рис. 1). На данном транспортном средстве установлены шины сверхнизкого давления, позволяющие добиться снижения воздействия движителя на почву и растительного покрова при выполнении различных работ по химизации в весенний период. Также необходимо отметить, что на данном мобильном средстве установлена независимая подвеска передней и задней оси. Сиденье оператора — неподдрессоренное, вынесено далеко вперёд за ось передних колёс (находится впереди центра масс поддрессоренной части МЭС).

Работа выполнена с помощью разработанной математической программы для оценки плавности хода транспортных средств на широкопрофильных шинах сверхнизкого давления. Компьютерный эксперимент был основан на изменении характеристики упругого элемента подвески с целью определения оптимальных значений. Эксперимент проводился с использованием линейной, нелинейной прогрессивной и нелинейной регрессивной характеристиками упругих элементов. Особенность объекта исследования — независимая подвеска и сиденье оператора.

В рамках данной работы разработана двумерная четырёхчасовая модель автомобиля, движущегося по неровной опорной поверхности (рис. 2). Несмотря на простоту, модель позволяет передать основные осо-

бенности колебательного движения автомобиля и оценить влияние характера упругих элементов подвески на плавность хода. Данная и похожие модели были опубликованы в работах [12, 13, 14]. В модели колеса МЭС приведены к точечной массе m . Корпус МЭС считается плоским твёрдым телом и характеризуется массой M , моментом инерции относительно центра тяжести J . Колёса в модели считаются материальными точками, движущимися относительно корпуса вдоль оси OZ .

Шины задаются упруговязким взаимодействием между опорной поверхностью и центром колёс. Упругое взаимодействие характеризуется коэффициентом жесткости $c_{ш}$, вязкое взаимодействие характеризуется коэффициентом демпфирования $d_{ш}$. По мере движения колеса по опорной поверхности вертикальная координата z_d точки контакта с опорной поверхностью изменяется, т.е. является функцией $z_d(t)$. Для случайной неровной поверхности данная функция представляется линейной комбинацией элементарных гауссовых функций. Появление упруговязких сил между опорной поверхностью и центрами колёс вызывает движение центра корпуса автомобиля что, в свою очередь, — движение кресла водителя.

$$\left\{ \begin{aligned} & M\ddot{z} + C_{п1}(z - \xi_1 - L_1\alpha) + C_{п2}(z - \xi_2 - L_2\alpha) - \\ & - C_c(z_c - z + L_3\alpha) - \eta_c(\dot{z}_c - \dot{z} + L_3\dot{\alpha}) + \\ & + \eta_{п1}(\dot{z} - \dot{\xi}_1 - L_1\dot{\alpha}) + \eta_{п2}(\dot{z} - \dot{\xi}_2 - L_2\dot{\alpha}) = 0; \\ & m_1\ddot{\xi}_1 + \eta_{ш1}(\dot{\xi}_1 - \dot{q}_1) + C_{ш1}(\xi_1 - q_1) - \\ & - \eta_{п1}(\dot{z} - \dot{\xi}_1 - L_1\dot{\alpha}) - C_{п1}(z - \xi_1 - L_1\alpha) = 0; \\ & m_2\ddot{\xi}_2 + \eta_{ш2}(\dot{\xi}_2 - \dot{q}_2) + C_{ш2}(\xi_2 - q_2) - \\ & - \eta_{п2}(\dot{z} - \dot{\xi}_2 + L_2\dot{\alpha}) - C_{п2}(z - \xi_2 + L_2\alpha) = 0; \\ & J\ddot{\alpha} - C_{п1}L_1(z - \xi_1 - L_1\alpha) - \eta_{a1}L_1(\dot{z} - \dot{\xi}_1 - L_1\dot{\alpha}) + \\ & + C_{п2}L_2(z - \xi_2 + L_2\alpha) + \eta_{a2}L_2(\dot{z} - \dot{\xi}_2 + L_2\dot{\alpha}) + \\ & + C_cL_3(z_c - z + L_3\alpha) + \eta_cL_3(\dot{z}_c - \dot{z} + L_3\dot{\alpha}) = 0; \\ & m_c\ddot{z}_c + C_c(z_c - z + L_3\alpha) + \eta_c(\dot{z}_c - \dot{z} + L_3\dot{\alpha}) = 0. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Здесь M — поддресоренная масса автомобиля; J — момент инерции поддресоренной массы; α — угол поворота поддресоренной массы относительно центра масс автомобиля; m_1 и m_2 — неподдресоренные массы автомобиля, приходящиеся на передние и задние колёса соответственно; L — база автомобиля; L_1 и L_2 — расстояния от центра масс поддресоренной массы до осей передних и задних колёс по горизонтали; $C_{ш1}$ и $C_{ш2}$ — коэффициенты неупругого сопротивления автомобильных шин переднего и заднего колёс; $C_{п1}$ и $C_{п2}$ — коэффициенты вертикальной жёсткости передней и задней подвесок; η_{a1} и η_{a2} — коэффициенты неупругого сопротивления амортизаторов передней и задней подвесок; $\eta_{ш1}$ и $\eta_{ш2}$ — коэффициенты неупругого сопротивления автомобильных шин переднего и заднего колёс; z — вертикальное положение центра масс автомобиля; ξ_1 и ξ_2 — вертикальное положение передней и задней неподдресоренных масс; q_1 и q_2 — текущие по времени значения ординат микропрофиля по-

верхности дороги в контакте передних и задних колёс; m_c — масса сиденья с оператором; L_3 — расстояние от центра масс автомобиля до сиденья с оператором; z_c — вертикальное положение сиденья с оператором; η_c — коэффициенты неупругого сопротивления на сиденье; C_c — коэффициенты вертикальной жёсткости сиденья; h_c — высота до центра масс на сиденье с оператором от поверхности качения; h_g — высота до центра поддресоренной массы от поверхности качения; h_m — высота до поддресоренной массы от поверхности качения.

Авторами проведено сравнительное исследование трёх типов упругих элементов подвески: с линейной, прогрессивной и регрессивной характеристиками. Для исследования реакции автомобиля на единичное воздействие использовалась функция рельефа поверхности в виде единичной трапеции. Единичная трапеция задавалась следующей кусочно-линейной функцией.

Механическое движение МЭС в рамках данной модели описывается системой дифференциальных уравнений второго порядка. Для решения системы уравнений используется численный метод Рунге—Кутты второго порядка, являющийся универсальным, позволяющим достигнуть необходимой точности за малое время компьютерных вычислений, являющийся относительно простым при программной реализации.

В результате решения дифференциальных уравнений численным методом получают таблично заданные функции зависимости от времени координат центров масс тел (а также угла ориентации корпуса автомобиля). Эти функции анализируются далее для оценки плавности хода.

Для исследования предложенной математической модели разработана компьютерная "Программа для моделирования движения автомобиля с шинами низкого давления" на языке Object Pascal в среде программирования Borland Delphi 7 (рис. 3). Она предназначена для моделирования движения МЭС с шинами низкого давления по неровной опорной поверхности с целью оценки плавности хода и проверки упругих элементов подвески с линейной, прогрессивной и регрессивной характеристиками.

Функциональные возможности программы: проведение компьютерного эксперимента по движению МЭС по неровной опорной поверхности с заданными параметрами неровностей; задание физических и геометрических параметров МЭС (в коде программы); вывод на экран в процессе моделирования схематичного изображения автомобиля, графиков зависимости от времени вертикальных координат или вертикальных ускорений, а также числовых значений средних вертикальных ускорений. Основные технические ограничения программы: шаг интегрирования дифференциальных уравнений не более 0,001 с; скорость движения МЭС по неровной поверхности не более 50 км/ч; соотношение высоты к ширине неровностей не более 0,6.

Для сравнительного анализа исследуемых типов характеристик упругого элемента проведены три компьютерных эксперимента — с линейной, прогрессивной, регрессивной характеристиками упругого элемента. Скорость движения МЭС составляла 3 м/с. Для

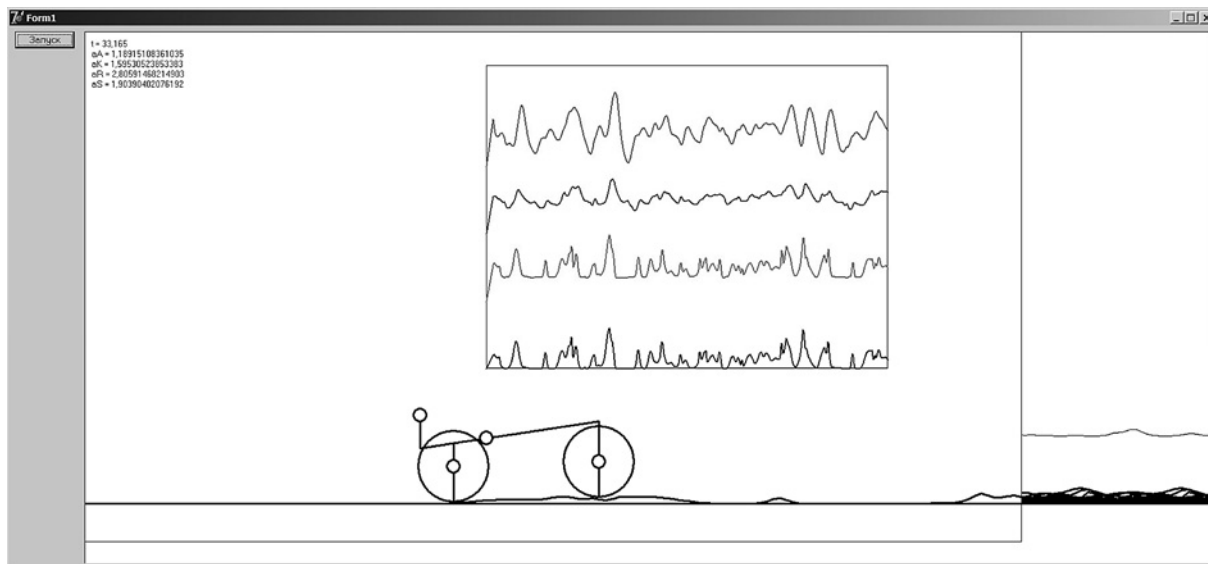


Рис. 3. Интерфейсная форма вывода на экран результатов моделирования в разработанной компьютерной программе

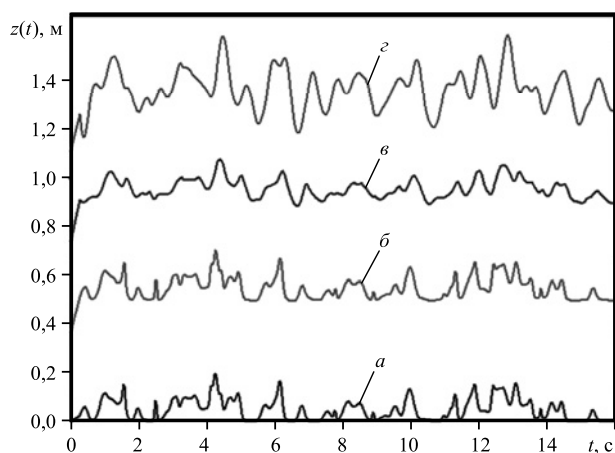


Рис. 4. Зависимость от времени t вертикальной координаты z нижней точки колеса (а), оси переднего колеса (б), центра тяжести рамы (в), центра тяжести водителя в кресле (z) при линейной характеристике упругого элемента подвески

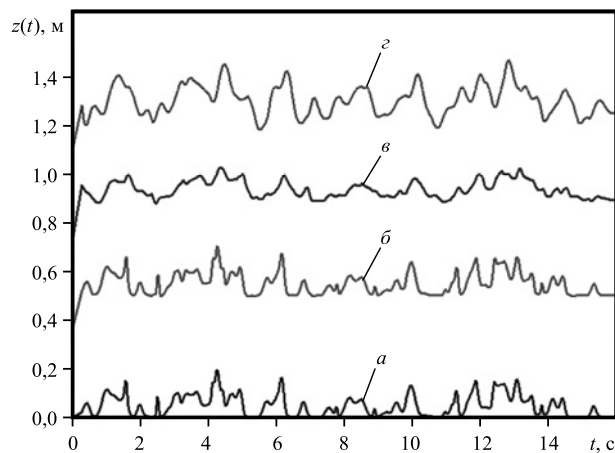


Рис. 6. Зависимость от времени t вертикальной координаты z нижней точки колеса (а), оси переднего колеса (б), центра тяжести рамы (в), центра тяжести водителя в кресле (z) при регрессивной характеристике упругого элемента подвески

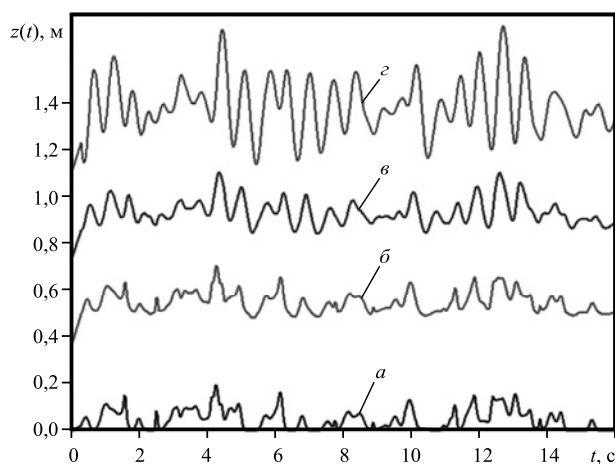


Рис. 5. Зависимость от времени t вертикальной координаты z нижней точки колеса (а), оси переднего колеса (б), центра тяжести рамы (в), центра тяжести водителя в кресле (z) при прогрессивной характеристике упругого элемента подвески

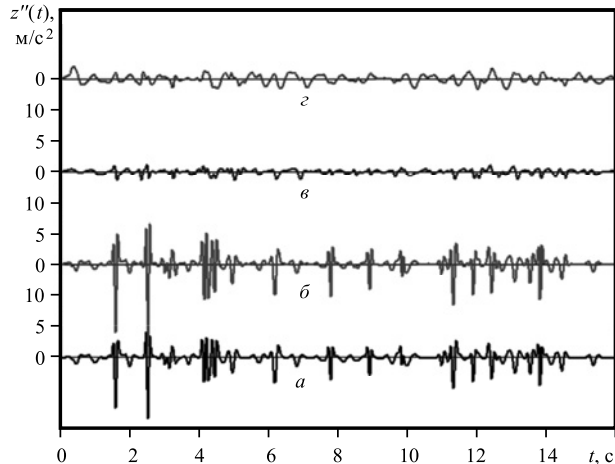


Рис. 7. Зависимость от времени t вертикального ускорения z'' нижней точки колеса (а), оси переднего колеса (б), центра тяжести рамы (в), центра тяжести водителя в кресле (z) при линейной характеристике упругого элемента подвески

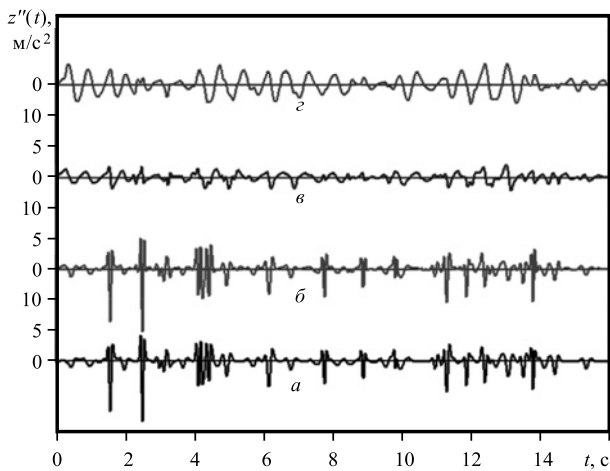


Рис. 8. Зависимость от времени t вертикального ускорения z'' нижней точки колеса (а), оси переднего колеса (б), центра тяжести рамы (в), центра тяжести водителя в кресле (г) при прогрессивной характеристике упругого элемента подвески

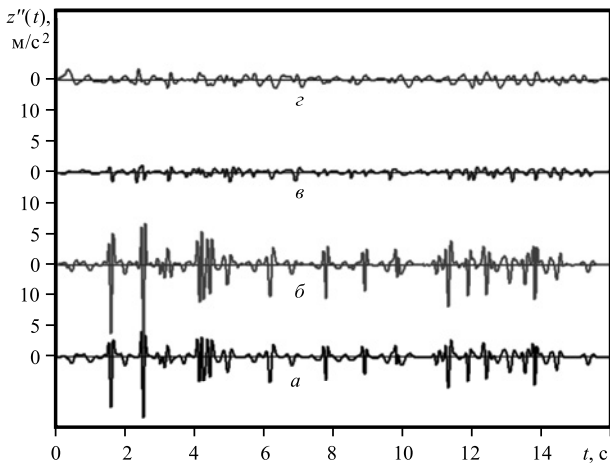


Рис. 9. Зависимость от времени t вертикального ускорения z'' нижней точки колеса (а), оси переднего колеса (б), центра тяжести рамы (в), центра тяжести водителя в кресле (г) при регрессивной характеристике упругого элемента подвески

каждой характеристике получены зависимости от времени вертикальных координат и вертикальных ускорений ключевых точек МЭС: точки контакта колеса с опорной поверхностью, оси переднего колеса, центра тяжести рамы, точки расположения водителя (рис. 4, 5, 6).

Сравнение зависимостей от времени вертикальной координаты центра тяжести водителя (рис. 4–6) показывает, что наименьшую амплитуду вертикальных колебаний — около 0,15 м — обеспечивает регрессивная характеристика, в то время как при линейной и прогрессивной характеристиках амплитуда составляет соответственно около 0,20 и 0,22 м.

Сравнивая зависимости от времени вертикального ускорения точки расположения водителя (рис. 7–9) можно также сделать вывод, что регрессивная характеристика обеспечивает минимальную среднюю величину ускорения — около 0,8 м/с². В то же время линейная и прогрессивная характеристики обеспечивают ускорения соответственно около 1,1 и 1,8 м/с².

Таким образом, упругие элементы подвески с регрессивной характеристикой обеспечивают по сравнению с линейной и прогрессивной характеристиками меньшую амплитуду вертикальных колебаний точки расположения водителя (на 25 и 46 % соответственно) и среднее вертикальное ускорение (на 38 и 225 % соответственно) той же точки.

Литература

1. Damien Maher B.E. Combined Time and Frequency Domain Approaches to the Operational Identification of Vehicle Suspension Systems [Текст] / Damien Maher, B. Eng // Dublin City University. — 2011. — P. 238.
2. Evers W.J.E. Improving driver comfort in commercial vehicles: modeling and control of a low-power active cabin suspension system [Текст] / Wilhelmus Johannes Everardus Evers // Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven. — 2010. — P. 238. — DOI: 10.6100/IR673075
3. Goncharenko S.V. Elastic characteristics of ultralow-pressure tyres under different loading regimes. Part 1: vertical and lateral loads [Текст] / S.V. Goncharenko, V.I. Pryadkin // International Polymer Science and Technology. — 2011. — Vol. 38. — No. 12. — P. 24–26.
4. Grott M. Design of suspension systems and control algorithms for heavy duty vehicles [Текст] / Matteo Grott // Università degli studi di Trento. — 2010. — P. 183.
5. Hamed M. Characterisation of the Dynamics of an Automotive Suspension System for On-line Condition Monitoring [Текст] / Moamar Hamed // University of Huddersfield Repository. — 2016. — P. 193.
6. Hammood H. Improvement of semi-active control suspensions based on gain-scheduling control [Текст] / Husam Hammood // School of Computing, Science & Engineering University of Salford: Salford, UK. — 2018. — P. 165.
7. Бычков В.П. Эффективность применения широкопрофильных шин низкого давления на мобильные средства северного исполнения [Текст] / В.П. Бычков, В.И. Прыдкин, А.В. Артемов, П.А. Колядин // "Арктика: инновационные технологии, кадры, туризм", материалы Международной науч.-практ. конференции — Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова. — 2018. — С. 233–240. — ISBN 978-5-7994-0861-9.
8. Герасимов И.М. Повышение плавности хода автомобилей путём использования подвески с релаксационным гидроамортизатором: Дисс. ... канд. техн. наук. — С.Пб., 2002. — 142 с.
9. Годжаев З.А. О критериях оценки эффективности системы поддресоривания автомобилей [Текст] / З.А. Годжаев, С.В. Борисов, М.С. Камитов // Автомобильная промышленность. — М.: "Инновационное машиностроение". — 2017. — № 7. — С. 7–13.
10. Зайцев С.Д. Энергосредство на шинах сверхнизкого давления [Текст] / С.Д. Зайцев, Л.С. Стреблеченко, В.И. Прыдкин. Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2006. — № 8. — С. 9–10.
11. Камитов М.С. Оптимизация упруго-демпфирующих характеристик системы поддресоривания автомобилей высокой проходимости [Текст] / М.С. Камитов, З.А. Годжаев, С.В. Борисов // В сборнике: XXVIII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых учёных и студентов (МИКМУС-2016) сборник трудов конференции. — 2017. — С. 159–163.
12. Колядин П.А. К вопросу моделирования автомобильных систем поддресоривания [Текст] / П.А. Колядин, В.И. Прыдкин // "Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе", сборник статей Всероссийской научно-практической конференции Воронеж: АНО ВО "Автомобильно-транспортный институт" — 2019. (публикация пока не вышла в eLibrary).
13. Колядин П.А. Моделирование плавности хода мобильного энергетического средства с распределением поддресоренной массы по осям [Текст] / П.А. Колядин, В.И. Прыдкин // Воронежский научно-технический вестник. — Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова. — 2018. — Т. 4. № 4 (26). — С. 105–110. Режим доступа: <http://vestnikvgtla.ru/arhiv/2018/4-4-26-2018/105-110.pdf> — Загл. с экрана.
14. Колядин П.А. Уточнённая модель динамической системы мобильного средства с применением элементов поддресоривания кабины оператора [Текст] / П.А. Колядин // Воронежский научно-технический вестник. — Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова. — 2019. — Т. 1. № 1 (27). — С. 53–59. Режим доступа: <http://vestnikvgtla.ru/arhiv/2018/4-4-26-2018/105-110.pdf> — Загл. с экрана.
15. Надеждин В.С. К вопросу моделирования нелинейного пневмоупругого элемента пассажирского автобуса [Текст] / В.С. Надеждин,

- П.А. Красавин, Ф.А. Фаралжев, З.А. Годжаев // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2014. — № 12. — С. 308—322.
16. Посметьев В.И. Анализ эффективности и классификация упругих устройств, используемых в традиционных и новых подвесках колёсных машин [Текст] / В.И. Посметьев, В.О. Никонов, В.В. Посметьев // Воронежский научно-технический Вестник. — Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова. — 2017. — Т. 1. — № 1 (19). — С. 78—89. — eISSN: 2311-8873.
 17. Прядкин В.И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления [Текст] / В.И. Прядкин, З.А. Годжаев // Технология колёсных и гусеничных машин. — М.: Научно-исследовательский институт конструкций автомобилей — 2014. — № 6. — С. 33—39. — ISSN: 2227-9393.
 18. Прядкин В.И. Моделирование взаимодействия высокоэластичной шины с неровностью дороги [Текст] / В.И. Прядкин, З.А. Годжаев // М.: Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2014. — № 1. — С. 16—18. — ISSN: 0321-4443.
 19. Прядкин В.И. Моделирование плавности хода мобильного средства малой грузоподъёмности, оборудованного шинами сверхнизкого давления [Текст] / В.И. Прядкин, П.А. Колядин // Национальная научно-практическая конференция "Современные проблемы прикладных и фундаментальных исследований в лесном хозяйстве и природопользовании". — Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова. — 2018. — С. 252—256.
 20. Прядкин В.И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления [Текст]: дис. на соиск. уч. степени д-ра. техн. наук: 05.2.-01 / В.И. Прядкин. — М., 2013. — 351 с.
 21. Прядкин В.И. и др. Транспортно-технологические средства на шинах сверхнизкого давления / В.И. Прядкин, В.Я. Шапиро, З.А. Годжаев, С.В. Гончаренко; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ". — Воронеж, 2019. — 492 с.
 22. Прядкин В.И. Мобильные средства химизации грузоподъёмностью 1...2 т на шинах сверхнизкого давления / В.И. Прядкин; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ". — Воронеж, 2017. — 183 с.
 23. Прядкин В.И., Гончаренко С.В. Шины сверхнизкого давления для сельскохозяйственных мобильных средств / В.И. Прядкин, С.В. Гончаренко; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "ВГЛТУ". — Воронеж, 2016. — 240 с.

УДК 629.113.012

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ШИН СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АТС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАТЕГОРИИ КРЕПОСТИ КАРЬЕРНЫХ ДОРОГ

Канд. техн. наук **ТОПАЛИДИ В.А., ЮСУПОВ У.Б.**
УНЦ "Билиминтертранс", Ташкентский ГТУ
(+998977198788)

Представлены результаты исследований по износостойкости шин специализированных автотранспортных средств в зависимости от категории крепости горной породы по шкале проф. М.М. Протодьяконова, проложенной в виде дорожного покрытия в карьерах.

Ключевые слова: категория и крепость карьерных пород, износ шин, типовой специализированный автотранспорт, карьерные дороги, коэффициент корректирования.

Topalidi V.A., Yusupov U.B. WEAR RESISTANCE OF TIRES OF SPECIALIZED VEHICLES, DEPENDING ON THE CATEGORY OF THE FORTRESS OF THE QUARRY ROADS

The results of studies on the wear resistance of tires of specialized vehicles are presented, depending on the category of rock strength according to the scale of prof. M.M. Protodyakonov, laid in the form of a road surface in quarries.

Keywords: category and strength of quarry rocks, tire wear, typical specialized vehicles, quarry roads, correction factor.

В небольших карьерах, где рельеф местности не позволяет использовать большегрузные самосвалы, в качестве технологического транспорта используются обычные грузовые автомобили грузоподъёмностью 10...24 т. Они также выполняют важные вспомогательные работы в больших карьерах: доставляют запасные части для горной техники и технологического транспорта, сменное оборудование, специальные грузы, служат топливозаправщиками и водовозами для полива и др.

В зависимости от категории и степени крепости породы используется шкала проф. М.М. Протодьяконова, где все породы классифицированы по коэффициенту крепости f . Для карьеров АО "АГМК" коэффициент

крепости породы f составляет 14...15. Проведённые в Чадакском РУ "АГМК" исследования (условия и особенности эксплуатации специализированного автотранспорта в условиях Алмалыкского ГМК подробно описаны авторами работе [1]), показали, что коэффициент корректирования пробега шин, если самосвалы работают только на дорогах со скальным грунтом, составит $K_{гп} = 0,275$.

Аналогичные исследования по износам шин на этом же самосвале КрАЗ-65055 были проведены в АО "Узбеккумир" и АО "Кизилкумцемент", где соответственно $f = 1,0$ и $f = 6,0$, коэффициенты корректирования пробега шин составили $K_{гп} = 0,8$ и $K_{гп} = 0,61$. Таким образом, установлены пары зависимости коэффициентов крепости породы f и корректирования пробега шин $K_{гп}$, приведённые в табл. 1. Построен интерполяционный многочлен, проходящий через эти точки, выявлена линейная зависимость $y = -0,0375x + 0,8375$.

С целью прогнозирования коэффициентов корректирования пробега шин для остальных пород проведена экстраполяция по всем категориям пород и определены значения $K_{гп}$ (табл. 2). Для наглядности зависимости изменения коэффициентов f и $K_{гп}$ от категории породы приведены на рисунке.

Для определения точности выбора расчёта коэффициентов $K_{гп}$ проведён корреляционный анализ значений коэффициентов f и $K_{гп}$, используя линейную корреляцию Пирсона. В общем виде формула для подсчёта коэффициента корреляции такова:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Таблица 1

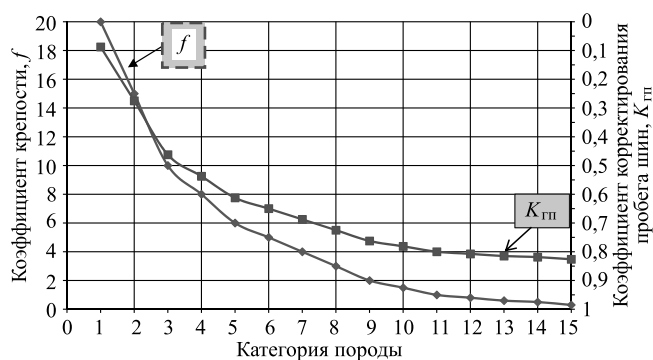
Коэффициенты	АО "АГМК"	АО "Кизилкумцемент"	АО "Узбекуголь"
f	15	6	1
$K_{гп}$	0,275	0,61	0,8

где x_i — значения, принимаемые переменной X ; y_i — значения, принимаемые переменной Y ; \bar{x} — средняя по X ; \bar{y} — средняя по Y .

Изменения коэффициента корреляции происходят в пределах от -1 до $+1$. В условиях плюсовой корреляции с ростом одного показателя происходит увеличение второго. В случаях отрицательной корреляции с увеличением одного показателя снижается другой. С показателем модуля коэффициента корреляции связана зависимость изменения одного показателя от изменения другого. При коэффициенте, равном 0 , зависимость между ними отсутствует полностью. Обычно корреляция считается сильной, если её коэффициент выше $0,6$; если же он превышает $0,9$, то корреляция считается очень сильной. Расчёт коэффициента корреляции Пирсона предполагает, что переменные X и Y распределены нормально.

Из формулы видна необходимость вычитания из каждой величины x_i переменной X среднего значения \bar{x} , что очень затруднительно. Исходя из этого, расчёты по определению коэффициента корреляции производят по аналогичной формуле, составленной с помощью преобразований:

$$r_{xy} = \frac{n\sum(x_i y_i) - (\sum x_i \sum y_i)}{\sqrt{[n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$



Характеристика зависимости коэффициентов f и $K_{гр}$ от категории породы

Используя её, решим поставленную задачу. Основной базой для этого послужат данные табл. 3, в частности из граф расчёта по формуле. Конкретные величины и квадраты переменных X и Y , их построчные произведения и суммы также представлены в таблице. Коэффициент корреляции Пирсона для значений f и $K_{гр}$ составил -1 , т.е. коэффициенты крепости породы и корректирования пробегов шин имеют сильную отрицательную корреляцию, что подтверждает правильный выбор коэффициентов корректирования пробегов шин в зависимости от категории породы.

Таблица 2

№	Категория породы	Степень крепости	Породы (шкала проф. М.М. Протождьяконова)	Коэффициент крепости, f	Коэффициент корректирования пробегов шин, $K_{гр}$
1	I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20	0,0875
2	II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, чем указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15	0,275
3	III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10	0,4625
4	IIIa	Крепкие	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы	8	0,5375
5	IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6	0,6125
6	IVa	Довольно крепкие	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники	5	0,65
7	V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4	0,6875
8	Va	Средней крепости	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель	3	0,725
9	VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт	2	0,7625
10	VIa	Довольно мягкие	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5	0,78125
11	VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт	1	0,8
12	VIIa	Мягкие	Лёгкая песчанистая глина, лёсс, гравий	0,8	0,8075
13	VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Лёгкий суглинок, сырой песок	0,6	0,815
14	IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5	0,81875
15	X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лёсс и др.	0,3	0,82625

Таблица 3

Категория пород	X	Y	$X \cdot Y$	$X \cdot X$	$Y \cdot Y$
	коэффициент крепости, f	коэффициент корректирования пробегов шин, $K_{гп}$			
1	20	0,0875	1,75	400	0,007656
2	15	0,275	4,125	225	0,075625
3	10	0,4625	4,625	100	0,213906
4	8	0,5375	4,3	64	0,288906
5	6	0,6125	3,675	36	0,375156
6	5	0,65	3,25	25	0,4225
7	4	0,6875	2,75	16	0,472656
8	3	0,725	2,175	9	0,525625
9	2	0,7625	1,525	4	0,581406
10	1,5	0,78125	1,171875	2,25	0,610352
11	1	0,8	0,8	1	0,64
12	0,8	0,8075	0,646	0,64	0,652056
13	0,6	0,815	0,489	0,36	0,664225
14	0,5	0,81875	0,409375	0,25	0,670352
15	0,3	0,82625	0,247875	0,09	0,682689
Сумма	77,7	9,64875	31,93913	883,59	6,883111

С целью повышения точности оценки износостойкости шин предложены следующие дополнения в классификацию условий эксплуатации.

Введена дополнительная оценка дорожного покрытия дорог D_7 — внутрикарьерных и отвальных дорог. В D_6 остались грунтовые дороги и подъездные пути,

не имеющие твёрдого покрытия. Кроме того, с целью учёта глубины карьера V категория условий эксплуатации была разделена на две подкатегории: $V_a D_6 - P_1, P_2$; $D_7 - P_1, P_2$; $V_b D_6 - P_3, P_4, P_5$; $D_7 - P_3, P_4, P_5$.

Наличие коэффициента $K_{гп}$ для всех категорий пород позволило предложить оригинальную универсальную методику нормирования пробега шин для автотранспорта грузоподъёмностью от 10 до 24 т.:

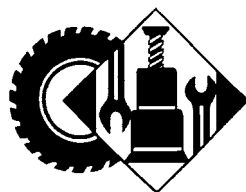
$$S = S_n [L_1 K_1 + L_2 K_2 + L_3 K_3 + L_4 K_4 + L_{5a} K_{атп} + L_{5b} K_{бгп}],$$

где S_n — нормативный пробег шины, установленный для дорог I категории; L_1, L_2, L_3, L_4 — процентное отношение длины дороги по определённым категориям; L_{5a}, L_{5b} — процентное отношение длины карьерных дорог с учётом глубины карьера; $K_1 K_4$ — корректировочные коэффициенты для шин автомобилей, работающих в I, II, III, IV категориях условий эксплуатации (КУЭ); $K_{атп}, K_{бгп}$ — коэффициенты корректирования пробега шин, учитывающие крепость горных пород.

Разработанный оригинальный метод нормирования пробега шин исключает необходимость в проведении длительных высокотратных экспериментальных исследований ходимости шин на карьерах с различной крепостью пород. Метод позволяет предприятиям точно планировать расход и запас шин автотранспортных средств, частично эксплуатирующихся в карьерных условиях с разной крепостью пород, на основе которых проложены карьерные дороги.

Литература

1. Топалиди В.А., Юсупов У.Б. Нормирование ресурса шин грузовых автомобилей в карьерных условиях // Автомобильная промышленность. — 2019. — № 11. — С. 27—29.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

ОБ ОБОРОТЕ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Канд. экон. наук **КОРОВКИН И.А.**

Объединение автопроизводителей России"

Рассматриваются вопросы легализации оборота бывших в употреблении запасных частей.

Ключевые слова: утилизация, восстановительный ремонт, автокомпоненты, запасные части.

Korovkin I.A. **ON TURNOVER OF SPARE PARTS IN THE RUSSIAN FEDERATION**

The article deals with the issues of legalization of the turnover of used spare parts.

Keywords: disposal, refurbishment, auto components, spare parts.

На протяжении многих лет в нашей стране сложилась такая практика владения автомобилем, при которой потребитель эксплуатирует его максимально длительное время при сравнительно недорогом техническом обслуживании и ремонтах. При этом широко используются детали, узлы и агрегаты с автомобилями, выведенных из эксплуатации, а значит на дорогах оказывается автомобильная техника с непредсказуемыми показателями безопасности. В последнее время в прессе, с участием депутатов Государственной Думы РФ, развернулась дискуссия о возможности и целесообразности расширения применения бывших в употреблении, в том числе восстановленных, запасных частей. И в этой связи для лучшего понимания проблемы, необходим краткий исторический экскурс.

В Советском Союзе, в Российской Федерации на протяжении многих лет широко практиковался капи-

тальный ремонт автомобильной техники, её узлов и агрегатов [1]. Во многом это было вызвано двумя причинами — недостаточным эксплуатационным ресурсом самой техники и недостатком в стране бюджетных средств для создания новых автомобильных заводов, заводов по производству высококачественных материалов и комплектующих изделий. В результате капитального ремонта срок эксплуатации автомобилей увеличивался в 1,5—2 раза. Для целей капитального ремонта во всей стране были созданы специализированные заводы, разрабатывались технологии для крупносерийного его производства, применительно для всех выпускаемых в стране моделей автомобильной техники.

Однако по мере повышения требований к активной, пассивной, экологической безопасности автотранспортных средств, перехода автомобильной промышленности на широкое применение международных требований, и прежде всего Правил ООН, внедрения системы подтверждения соответствия автомобилей этим требованиям перед выпуском в обращение, возможности восстановления эксплуатационных характеристик автомобильной техники с помощью капитального ремонта сократились, и к 90-м годам прошлого столетия, с учётом постоянного роста её эксплуатационного ресурса, стал экономически нецелесообразен. Большинство авторемонтных заводов было закрыто или перепрофилировано.

Заметно выросший за последние годы ресурс автотранспортных средств, при надлежащем техническом обслуживании, позволяет на весь установленный производителем срок службы автомобиля обеспечить сохранение показателей безопасности, соответствующих требованиям на момент выпуска автомобилей в обращение. Но следует также отметить, что одновременно с ростом ресурса автотранспортных средств в современной России сохраняются крайне низкие темпы их обновления. В автомобильном парке страны находится более 50 % автомобилей старше 15 лет, а в парке грузовых автомобилей эта цифра, в отдельных регионах страны, приближается к 70 %.

Сохраняющаяся на протяжении многих лет практика иметь автомобиль в собственности длительное время, с учётом невысокого уровня доходов населения и роста востребованности в недорогом техническом обслуживании и ремонте автомобильной техники, привела к росту количества независимых от производителя мастерских по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, созданных, как правило, индивидуальными предпринимателями. В этих мастерских, за невысокую цену осуществляется техническое обслуживание и ремонт автомобильной техники, находящейся за пределами гарантийного срока эксплуатации, установленного изготовителем. Для этих целей используются, в том числе, детали, узлы и агрегаты, снятые с выведенных из эксплуатации автомобилей (поставарийных, подлежащих утилизации или имеющих криминальную историю). Часть этих комплектующих подвергается восстановительному ремонту или в этих же мастерских или в немногочисленных специализированных предприятиях.

С одной стороны, это позволяет продлить срок службы автомобиля, но с другой — никто не гарантирует сохранения на должном уровне показателей безопасности отремонтированных АТС — пассивной, когда заменяется часть кузова, составляющая его силовую схему; активной — когда используются восстановленные или бывшие в эксплуатации детали и узлы тормозной системы; экологической — когда каталитический нейтрализатор отработанных газов — заменяется прямой трубой. Производители таких восстановительных работ, как правило, не несут никакой ответственности за возможные аварийные последствия. Именно поэтому в стране необходимо создать цивилизованные, законодательно отрегулированные условия вторичного использования агрегатов, узлов и деталей, бывших в употреблении. Такие практики существуют в ряде стран ЕС, в Японии [2], Корею.

Первым таким шагом к созданию условий вторичного применения запасных частей является внесение изменений в технический регламент Таможенного союза 018/2011 "О безопасности колёсных транспортных средств" [3], в части запрета на вторичное применение 10 наименований автомобильных компонентов из 122, являющихся объектами технического регулирования в данном регламенте.

В перечень запрещённых к восстановлению и вторичному использованию целесообразно включить следующие.

1. Подушки безопасности (если подушка вмонтирована в рулевое колесо, само рулевое колесо), включая собственно подушки, пиротехнические исполнительные механизмы, блоки электронного управления и датчики.

2. Автоматические и неавтоматические ремни безопасности в сборе, включая тканую ленту, протяжки, пряжки, натяжители, пиротехнические исполнительные механизмы.

3. Сиденья (только в случаях, когда крепления ремней и/или подушки безопасности встроены в сиденья).

4. Системы рулевого управления, включая исполнительные механизмы, электронного управления и датчики.

5. Тормозные системы, включая исполнительные механизмы, блоки электронного управления и датчики.

6. Иммобилайзеры, включая транспондеры и блоки электронного управления.

7. Каталитические нейтрализаторы и сажевые фильтры.

8. Глушители системы выпуска.

9. Оборудование для питания двигателя газообразным топливом: сжиженным нефтяным газом (баллон; вспомогательное оборудование баллона; испаритель/регулятор давления; запорный клапан; газонагнетатель, инжектор или газосмеситель; газовый дозатор с газонагнетателем или без него; заправочный блок; обратный клапан; предохранительный клапан газопровода; фильтр; датчик давления или температуры; топливный насос; электронный блок управления; топливопровод; ограничитель давления; газопроводы и их соединительные муфты), компримированным природным и сжиженным природным газом (баллон

или бак; вспомогательное оборудование резервуара; регулятор давления; автоматический клапан; ручной вентиль; газоснабжающее устройство; регулятор подачи газа; топливопроводы; заправочный блок или узел; обратный клапан, контрольный клапан; первичный или вторичный (разгрузочный) клапан; предохранительное устройство сброса давления; фильтр; датчик/указатель давления или температуры; ограничительный клапан; рабочий клапан; электронный блок управления; газонепроницаемый кожух; фитинг; вентиляционный шланг; предохранительный ограничитель давления; топливная рампа; теплообменник/испаритель; сигнализатор природного газа; топливный насос).

10. Компоненты систем хранения сжатого водорода для транспортных средств, работающих на водороде: резервуар, предохранительное устройство для сброса давления, запорный клапан, контрольный клапан.

Большая часть перечисленных выше компонентов соответствуют Правилам ООН № 133 "Единые предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств в отношении возможности их повторного использования, утилизации и восстановления" [4], принятых в рамках "Соглашения о принятии согласованных технических правил Организации Объединённых Наций для колёсных транспортных

средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колёсных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных учреждений, выдаваемых на основе этих предписаний" (наиболее известное как Женевское Соглашение 1958 г.) [5], участницей которого является Российская Федерация, а также государства — члены Евразийского экономического союза.

Анализ перечня наглядно свидетельствует, что к запрету вторичного использования отнесены автокомпоненты, которые оказывают существенное влияние на пассивную, активную и экологическую безопасность находящейся в эксплуатации автотранспортной техники, и с высокой степенью риска могут стать причиной дорожно-транспортных происшествий и/или привести к взрыво- и пожароопасной ситуации. Поэтому наряду с внесением изменений в технический регламент представляется необходимым в возможно короткий срок внести изменения и дополнения в законодательство Российской Федерации, устанавливающее правила переработки колёсных транспортных средств, выведенных из эксплуатации, а также правила вторичного применения автомобильных компонентов, бывших в употреблении, в полной мере отвечающих требованиям Федерального закона Российской Федерации "О защите прав потребителей" [6].

Основные характеристики	Запасные части			
	новые		бывшие в употреблении*	
	оригинальные	неоригинальные	невосстановленные	восстановленные
Конструкторская технологическая документация	Интеллектуальная собственность производителя	Сканированная	—	—
Характер производства	Массовое, аккредитованное автопроизводителем	Серийное, мелкосерийное	Штучное. Разборка и снятие с автомобилей, выведенных из эксплуатации деталей, узлов и агрегатов	Мелкосерийное, штучное. Снятие деталей, узлов и агрегатов с автомобилей, выведенных из эксплуатации, восстановительный ремонт
Потребители	Сборочные заводы, дилерские центры, СТО и мастерские по техническому обслуживанию и ремонту	СТО и мастерские по техническому обслуживанию и ремонту	СТО и мастерские по техническому обслуживанию и ремонту	СТО и мастерские по техническому обслуживанию и ремонту
Подтверждение соответствия требованиям ТР ТС 018/2011	+	+	Изменение № 3 ТР предусматривает запрет на повторное использование десяти наименований автокомпонентов из 122, являющихся объектами технического регулирования	
Наличие сертификата менеджмента качества: ГОСТ Р ИСО 9001 IATF 16949 ГОСТ Р 58139—2018	Обязательно Предпочтительно по требованию автопроизводителя Возможно по требованию автопроизводителя	На усмотрение изготовителя На усмотрение изготовителя На усмотрение изготовителя	— — —	— — —
Гарантия производителя	+	+	—	Возможна
Ресурс	+	+	—	—
Примечание: * — детали, узлы и агрегаты, снятые с автомобилей, выведенных из эксплуатации (в результате аварии, подлежащих утилизации или имеющих криминальное происхождение — угон и последующая разборка)				

Учитывая единое экономическое пространство ЕАЭС, одновременно с российским законодательством необходимо начать работу над созданием нормативно-правовых документов Евразийской экономической комиссии по вторичному использованию бывших в эксплуатации деталей, узлов и агрегатов автомобильной техники. При этом автопроизводители твёрдо уверены в том, что при надлежащем техническом обслуживании и ремонте выпускаемой техники, в первую очередь, должны использоваться новые оригинальные запасные части. Применение восстановленных автокомпонентов возможно только в случаях отсутствия их влияния на обеспечение активной, пассивной и экологической безопасности транспортных средств. А восстановление их должно проходить по технологиям, одобренным производителями автокомпонентов.

Структура отечественного рынка автомобильных запасных частей и основные характеристики производства приведены в таблице.

Литература

1. РД 37.009.026—92 Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, минитрактора). Введены с 1.01.1993 г., Министерство промышленности Российской Федерации, Департамент автомобильной промышленности, 1992 г.
2. Информационная служба Представительства ДЖЕТРО в Москве. "Бизнес в сфере утилизации автомобилей в Японии". Журнал Автомобильных инженеров. Москва. — 2007. — № 6(47).
3. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности колёсных транспортных средств" № 018/2011.
4. Правило ООН № 133 "Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автотранспортных средств в отношении возможности их повторного использования, утилизации и восстановления", Е/ЕCE/TRANS/505/Rev.2/Add.132, 2014
5. "Соглашение о принятии согласованных технических правил Организации Объединённых Наций для колёсных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колёсных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний", ООН, 1998 г.
6. Федеральный закон "О защите прав потребителей" от 07.02.1992 № 2300-1 (ред. от 24.04.2020 г.).

УДК 621.355

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОГО ПУСКА

Д-р техн. наук **АНТИПЕНКО В.С.**,
канд. техн. наук **ЛЕБЕДЕВ С.А.**, **АНТИПЕНКО С.В.**
РУТ (МИИТ), РВВДКУ имени В.Ф. Маргелова,
Московский политехнический университет (МАМИ)
(antipenkovs7@mail.ru)

Приведены результаты натурных испытаний систем электростартерного пуска с различными источниками энергии на специальной автомобильной технике.

Ключевые слова: суперконденсатор, комбинированный источник тока, режим пуска дизеля, напряжение, амплитуда тока стартера, частота вращения, остаточная ёмкость, внутреннее сопротивление.

Antipenko V.S., Lebedev S.A., Antipenko S.V. EXPERIENCE IN APPLICATION OF SUPERCONDENSERS IN THE ELECTRIC START SYSTEM

The article presents the results of full-scale tests of electric starter systems with various energy sources on special vehicles.

Keywords: supercapacitor, combined current source, diesel starting mode, voltage, starter current amplitude, rotation speed, residual capacity, internal resistance.

Считается, что система электростартерного пуска двигателя, состоящая из аккумуляторной батареи и суперконденсатора, создаёт более благоприятные условия для начала его работы, чем традиционная, с одной аккумуляторной батареей. С целью проверки эффективности применения суперконденсаторов на дизелях грузовых автомобилей авторами наряду с лабораторными исследованиями были проведены натурные испытания систем электростартерного пуска с различными источниками энергии на специальной автомобильной технике.

Модульный принцип построения источника тока с использованием батарей-модулей 6ТСТС-100А стано-

вится оптимальным решением задачи создания комбинированного источника тока для специальной автомобильной техники (рис. 1) с соблюдением жёстких требований к габаритно-присоединительным размерам [4]. Он позволяет снизить ёмкость аккумуляторных батарей, их массу и объём.

Достоинства суперконденсатора (малое ёмкостное сопротивление и высокая удельная мощность) дают возможность использовать их в системах пуска в качестве промежуточных источников энергии, размещая их между батареями и стартером. Выделение энергии суперконденсатором за короткий промежуток времени позволяет развивать электростартеру значительную мощность, вращать коленчатый вал с большей пусковой частотой и тем самым повысить надёжность пуска двигателей внутреннего сгорания. А так как аккумуляторная батарея разряжается на накопитель энергии в течение длительного по сравнению с продолжительностью процесса пуска ДВС времени, то её ёмкость можно значительно уменьшить. К преимуществам накопителей энергии в СЭП можно также отнести большой срок службы (несколько десятков тыс. ч). Они не требуют обслуживания, нетоксичны, условия пуска ДВС менее зависимы от состояния батарей и др. [4—6].

Однако всё сказанное о достоинствах системы пуска с модульными комбинированными источниками тока — лишь качественная её оценка. Для получения полной картины проведены сравнительные испытания трёх систем электростартерного пуска с различными источниками энергии (рис. 2). Испытания проводились на автомобилях Урал-4320-0010-31 с дизелями ЯМЗ-238М2-32 мощностью 151 кВт при температуре окружающего воздуха -10 — -12 °С [3, 4]. Один автомобиль был оснащён штатными аккумуляторными батареями 6СТ-190А. Второй — модульным источником тока, включающим четыре батареи-модуля 6ТСТС-100А. На третьем автомобиле была смонтирована разработан-

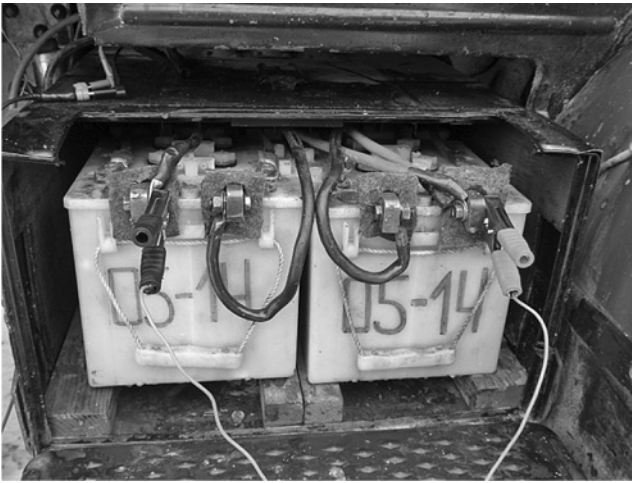


Рис. 1. Размещение модульного и модульного комбинированного источников тока в штатных аккумуляторных отсеках



Рис. 2. Проведение натурных испытаний систем электростартерного пуска с суперконденсатором на специальной автомобильной технике

ная система пуска с комбинированным источником тока, включающим две батареи-модуля 6ТСТС-100А и суперконденсатор — молекулярный накопитель энергии МНЭ-210/28 (ЗАО "НПО "ТехноКор" г. Москва).

Наибольший интерес представляло исследование работы комбинированного источника тока [4–6]. На его работоспособность в целом оказывало влияние множество факторов: ёмкости аккумуляторных батарей и молекулярного накопителя энергии, как номинальные, так и фактические; степень заряженности аккумуляторных батарей и напряжение, до которого заряжается накопитель энергии перед пуском двигателя; срок службы и наработка, особенно аккумуляторных батарей; температура окружающей среды и т.д.

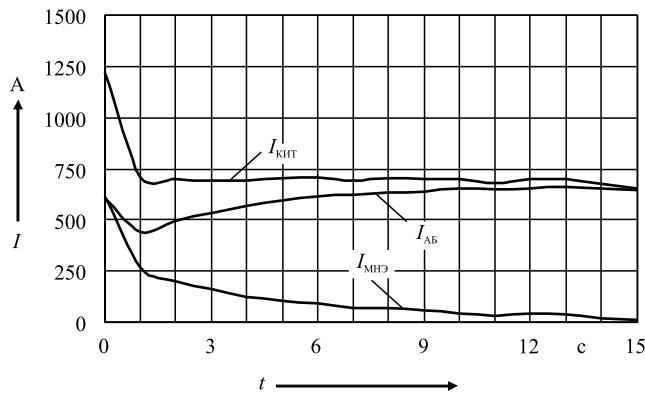


Рис. 3. Изменение силы тока комбинированного источника тока при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32

На рис. 3 представлен график изменения силы стартерного тока при проворачивании коленчатого вала двигателя в течение 15 с от комбинированного источника тока. Пиковая нагрузка ложится на источник тока в течение первых 0,02...0,5 с. Как видно из графика, накопитель энергии в первые две секунды снижает нагрузку на аккумуляторную батарею в 1,5...2 раза. Следует отметить, что пуски двигателя осуществлялись в течение 0,5...1,5 с. Все батареи перед испытаниями были протестированы и показали 100%-ную заряженность. Проведёнными ранее испытаниями выявлено,

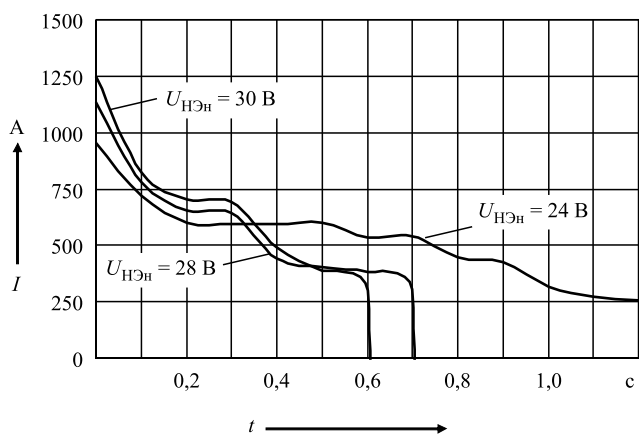


Рис. 4. Изменение силы тока МНЭ-210/28 при пуске дизеля ЯМЗ-238М2-32

что наибольший эффект достигается при использовании накопителя энергии, когда аккумуляторные батареи разряжены и самостоятельно произвести пуск не могут.

Эффективность использования накопителей энергии зависит от напряжения, до которого он заряжен. В рассматриваемой системе электростартерного пуска с комбинированным источником тока, смонтированной на автомобиле Урал-4320-0010-31, накопитель энергии заряжается от аккумуляторной батареи, поэтому напряжение на его клеммах равно напряжению батарей — 24,5 В.

Чтобы сравнить, на сколько можно повысить эффективность накопителя энергии, было выполнено три пуска двигателя только от накопителя МНЭ-210/28, заряженного до напряжений 24 В, 28 В и 30 В. То есть с имитацией трёх возможных вариантов заряда накопителя энергии: от аккумуляторных батарей (24 В), от генераторной установки (28 В) и при использовании дополнительного преобразователя напряжения или внешнего зарядного устройства (30 В).

На рис. 4 показаны графики изменения силы тока МНЭ-210/28 при пуске двигателя. Как видно, максимальную "помощь" аккумуляторной батарее может оказать накопитель энергии, заряженный до 30 В: пуск двигателя осуществляется за 0,62 с, а коленчатый вал вращается со средней частотой 83 мин^{-1} . Для сравнения: при заряде накопителя энергии до 24 В пиковое значение силы тока меньше на 300А, время пуска двигателя — 1,26 с, а средняя частота вращения коленчатого вала — 53 мин^{-1} .

Таким образом, для повышения эффективности использования накопителей энергии не обязательно увеличивать их ёмкость. Достаточно повысить напряжение суперконденсатора. Этот вывод очень интересен с практической точки зрения. Он означает, что для ДВС, находящихся на хранении с приведёнными в рабочее состояние аккумуляторными батареями, или ДВС малоинтенсивной эксплуатации, когда батареи могут оказаться разряженными до 50 % и ниже, накопитель энергии — суперконденсатор решает проблему её готовности к эксплуатации.

Так, если сравнить графики изменения силы стартерного тока (рис. 5), напряжения (рис. 6) и частоты вращения коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32 (рис. 7) при его проворачивании, то видно: максимальный силы ток (1500 А) в начальный момент проворачивания наблюдается в случае использования модульного источника (6ТСТС-100А), что объясняется высокими электрическими характеристиками батареи-модуля. В случае же двух других источников он равен 1200 А.

Однако, если вернуться к рис. 3 и оценить работу батарей-модулей в составе комбинированного источника тока, то легко заметить, что батареи-модули в этот начальный момент отдают всего лишь 600 А (половину токовой нагрузки). Таким образом, использование суперконденсатора позволило не только уменьшить ёмкость аккумуляторных батарей вдвое и снизить токовые нагрузки на них при стартерных режимах разряда, что должно увеличить ресурс батарей-модулей и приблизить его к ресурсу накопителей энергии.

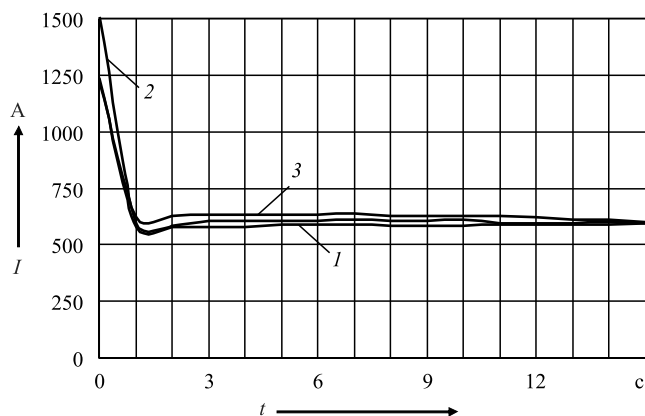


Рис. 5. Изменение силы стартерного тока при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32 от различных источников тока:
1 — 6СТ-190А 2 шт.; 2 — 6ТСТС-100А 4 шт.; 3 — 6ТСТС-100А 2 шт. и МНЭ-210/28

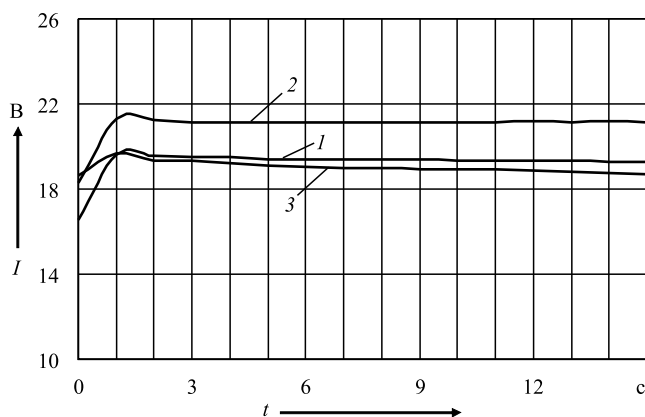


Рис. 6. Изменение напряжения при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32 от различных источников тока:
1 — 6СТ-190А 2 шт.; 2 — 6ТСТС-100А 4 шт.; 3 — 6ТСТС-100А 2 шт. и МНЭ-210/28

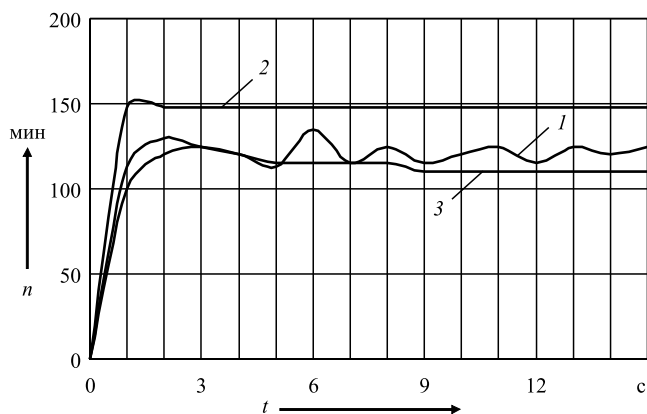


Рис. 7. Изменение частоты вращения при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32 от различных источников тока:

1 — 6СТ-190А 2 шт.; 2 — 6ТСТС-100А 4 шт.; 3 — 6ТСТС-100А 2 шт. и МНЭ-210/28

Не менее интересны с практической точки зрения и результаты сравнения комбинированного источника тока со штатными аккумуляторными батареями (6СТ-190А) и модульным источником тока (6ТСТС-100А). Так как в начальный момент проворачивания коленчатого вала двигателя ток батарей-модулей в комбинированном источнике тока ниже, то и падение напряжения на них незначительное — до 18,61 В, тогда как у штатных батарей оно снижается до 16,54 В, у модульного источника — до 18,31 В (рис. 6). Благодаря этому повышается надёжность срабатывания элементов систем электрооборудования, особенно критичных к перепадам напряжения. Однако при более длительном проворачивании коленчатого вала напряжение комбинированного источника тока постепенно снижается — сказывается меньшая суммарная ёмкость батарей.

Графики изменения частоты вращения коленчатого вала (рис. 7) показывают достаточно высокие значения, обеспечивающие надёжный пуск дизеля ЯМЗ-238М2-32. Следует особо отметить равномерность и высокое значение — 150 мин^{-1} , частоты вращения при проворачивании коленчатого вала от модульного источника тока. Испытания показали, что все три источника тока (аккумуляторные батареи 6СТ-190А, модульные батареи 6ТСТС-100А и комбинированный источник тока, состоящий из 6ТСТС-100А и МНЭ-210/28) соответствуют требованиям ОСТ 37.001.052 и ОСТ 37.001.066 [3, 4]. Но применять их на объектах САТ следует в зависимости от условий эксплуатации: для техники малоинтенсивной эксплуатации или находящейся на дежурстве целесообразно использовать модульные комбинированные источники тока; в тяжёлых условиях эксплуатации, в районах с низкими температурами — модульный и комбинированный источники тока; в районах с умеренным климатом — аккумуляторные батареи 6СТ-190А. Однако для обеспечения унификации в перспективе необходим переход на батареи-модули 6ТСТС-100А и комбинированные источники тока.

Собранные и полученные материалы по применению накопителей энергии — суперконденсаторов в системах электростартерного пуска двигателей специальной автомобильной техники показали, что такие накопители позволяют не только обеспечить пуск двигателей, но и в определённых условиях получить по сравнению с существующими системами электростартерного пуска ряд преимуществ, в частности, снизить ёмкость аккумуляторных батарей, их размеры, массу и объём [4–6]. Системы с накопителями энергии могут обеспечить пуск ДВС при значительной степени разряженности аккумуляторных батарей, что повышает эксплуатационную надёжность образца специальной техники, особенно в условиях низких температур. При отсутствии стартерного режима разряда аккумуляторных батарей система с накопителем энергии может обеспечить пуск двигателя от батареи сравнительно небольшой ёмкости. В этом случае появляется возможность применения модульных аккумуляторных батарей (создание модульных комбинированных источников тока) или применения щелочных необслуживаемых никель-кадмиевых аккумуляторных батарей, имеющих сравнительно большой срок службы (1000...3000 циклов разряда-заряда) и работоспособных без разогрева при температуре до $-50 \text{ }^\circ\text{C}$.

В зависимости от назначения двигателя объектов специальной автомобильной техники можно объединить в три группы по степени использования комбинированных источников тока. К первой группе относятся стационарные двигатели, в системах пуска которых возможно полное исключение аккумуляторной батареи. Вторая группа включает двигатели с ограниченным количеством потребляемой электрической энергии, что позволяет уменьшить номинальную ёмкость батареи. К третьей группе относятся двигатели, на которых ёмкость аккумуляторной батареи подобрана не из условия обеспечения пуска двигателя, а из условия сохранения заданного баланса электроэнергии, что требует дополнительной проверки энергобаланса.

Процесс пуска двигателя с использованием накопителя энергии носит импульсный характер с продолжительностью прокрутки 1...3 с, что недостаточно для выполнения требований ОСТ 37.001.052. Иначе говоря, надёжный пуск двигателя гарантируется за большее время, чем время работы системы пуска с накопителем энергии. Но здесь следует заметить, что при использовании накопителей проворачивание коленчатого вала двигателя происходит в начальный момент более интенсивно, т.е. с большей частотой, чем при проворачивании от аккумуляторных батарей. В результате двигателя, как правило, пускались за более короткое время, чем указано в стандарте. Поэтому требуются специальные исследования пусковых качеств ДВС при использовании накопителей энергии в системах пуска с целью уточнения стандарта.

Опыт эксплуатации и проведённые испытания дизелей в различных климатических условиях и поддержание их в готовности к применению позволили определить ряд требований к системам электростартерного пуска двигателей с комбинированными источниками

тока. Это: сохранение аккумулирующих свойств и надёжности систем пуска в широком диапазоне рабочих температур (от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$); автономность работы автомобильной техники, т.е. отсутствие необходимости в восстановлении аккумулирующих свойств систем электростартерного пуска с помощью не находящихся на ней устройств; согласованность динамических свойств системы электростартерного пуска с конструктивными особенностями двигателя и условиями работы его систем при пуске; автоматический пуск двигателя, т.е. пуск двигателя должен осуществляться дистанционно с рабочего места водителя; после пуска должно быть предусмотрено автоматическое отключение стартера и автоматическое отключение накопителя энергии от бортовой сети; в системе автоматически должна быть предусмотрена защита от включения стартера при работающем двигателе; должна быть предусмотрена сигнализация о степени заряженности накопителей энергии; простота и надёжность конструкции, обеспечивающие минимальные затраты времени на обслуживание в эксплуатации; ресурс системы пуска должен быть не менее ресурса соответствующих образцов специальной техники; невысокая металлоёмкость и габариты системы электростартерного пуска, а также, по возможности, снижение или вовсе исключение из конструкции дефицитных материалов; изготовление элементов системы электростартерного пуска и источников тока из отечественных материалов.

Испытания позволили выработать ряд рекомендаций по использованию комбинированных источников тока в системах электростартерного пуска: в качестве вспомогательного источника электрической энергии в модульных комбинированных источниках тока необходимо использовать ёмкостные молекулярные накопители энергии (суперконденсаторы с двойным электрическим слоем), обладающие большой удельной мощностью; номинальное напряжение накопителей энергии должно быть равно номинальному напряжению СЭП. Это позволит использовать накопители энергии не только на серийно выпускаемых и проектируемых двигателях, но и на уже находящихся в эксплуатации ДВС; в целях снижения потерь энергии в стартерных проводах накопитель энергии следует размещать как можно ближе к стартеру. Это возможно, поскольку накопители энергии вибростойки, взрывопожаробезопасны, нетоксичны, не нуждаются в техническом обслуживании в течение всего срока службы и не предъявляют специальных требований по их установке; для более эффективной работы системы электростартерного пуска суперконденсаторы и аккумуляторные батареи в момент пуска двигателя должны быть включены параллельно (частота проворачивания коленчатого вала двигателя и продолжительность пуска при такой схеме включения источников тока выше, чем при раздельном их использовании); при использовании накопителей энергии первого поколения (с ограниченным временем нахождения под напряжением) они должны подключаться к аккумуляторным батаре-

ям непосредственно перед пуском двигателя. Для этого в минусовой ветви накопителя энергии должен быть предусмотрен контактор, позволяющий автоматически отключать накопитель после пуска двигателя; при использовании накопителей энергии второго поколения (с неограниченным временем нахождения под напряжением) установившийся ток утечки в цепи накопителя не должен превышать тока саморазряда батареи.

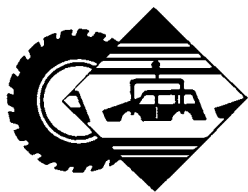
Экономический эффект от применения комбинированных источников тока возрастёт при снижении стоимости накопителей энергии. При этом следует учитывать эффект от повышения надёжности пуска двигателей системой с комбинированным источником тока, а также снижение числа неплановых ремонтов из-за неисправностей батарей. Кроме того, следует учитывать и снижение затрат на поддержание экологической обстановки за счёт уменьшения количества вредных веществ, входящих в состав аккумуляторных батарей пониженной электроёмкости, и попадающих при их утилизации и ремонте в окружающую среду. Нетрудно представить, что количество отходов от применения батарей-модулей в составе модульного источника тока может уменьшиться вдвое, а в составе комбинированного источника тока в 2,5 раза по сравнению со штатными аккумуляторными батареями.

Экспертным методом оценены другие, не поддающиеся расчёту, виды технико-экономической эффективности: экономится топливо в связи с повышением надёжности пуска при отрицательных температурах окружающей среды; снижается предельная температура пуска двигателя в холодных климатических условиях, т.е. повышается эффективность его использования; уменьшаются расходы на эксплуатацию с учётом повышения долговечности и надёжности системы пуска двигателя; снижается расход электроэнергии для подзарядки аккумуляторных батарей.

Таким образом, применение молекулярных накопителей энергии для дизельных грузовых автомобилей целесообразно как для новых автомобилей, так и для долговременно эксплуатируемых.

Литература

1. Дасоян М.А. Современная теория свинцового аккумулятора / М.А. Дасоян, И.А. Агуф. — Л.: Энергия, 1975. — 312 с.
2. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов / М.: Машиностроение, 2007. — 655 с.
3. Кочуров А.А. Исследование процесса протекания токообразующей электрохимической реакции в свинцово-кислотном аккумуляторе с целью улучшения характеристик его работы / А.А. Кочуров, С.А. Лебедев, В.С. Абанин [и др.]. — Рязань, РВВДКУ, 2015. — 194 с.
4. Лебедев С.А. Комбинированный источник тока для систем электростартерного пуска двигателей военной автомобильной техники. — Рязань: РВАИ, 2010. — 235 с.
5. Антипенко В.С., Лебедев С.А. Альтернативные источники тока для систем электростартерного пуска / Автомобильная промышленность. — 2009. — № 11. — С. 9—11.
6. Антипенко В.С., Лебедев С.А., Антипенко С.В. Тестирование систем электростартерного пуска / Грузовик. — 2011. — № 1. — С. 22—26.



УДК 621.822.1

ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кандидаты техн. наук **БУРЕНИН В.В., ИВАНИНА Е.С.**
ГТУ МАДИ, Московский политехнический университет
(МАМИ) (ivanina.es@inbox.ru)

Рассматриваются новые конструкции подшипников скольжения из неметаллических антифрикционных материалов для вращающихся валов агрегатов автомобильной техники и других роторных машин и механизмов. Приведены новые неметаллические антифрикционные материалы, отличающиеся улучшенными характеристиками, для изготовления подшипников скольжения, работающих, как правило, в тяжёлых условиях без смазки или при ограниченной подаче смазочного материала и в запылённой окружающей среде. Показаны основные тенденции развития конструкций подшипников скольжения, изготовленных из неметаллических антифрикционных материалов.

Ключевые слова: подшипник скольжения, антифрикционный материал, агрегат, автомобильная техника, смазка, коэффициент трения, вал, ротор, графит, фторопласт, керамика.

Burenin V.V., Ivanina E.S. NON-METALLIC JOURNAL BEARINGS

The new design of plain bearings of non-metallic anti-friction materials for rotating shafts of units of motor vehicles and other rotating machines and mechanisms are considered. The new anti-friction metallic materials different improved properties for the production of sliding bearings, working as a rule, in difficult conditions without lubrication, or with a limited supply of lubricant in the dusty environment are proposed. The basic tendencies of development of sliding bearing constructions made of nonmetallic anti-friction materials are shown.

Keywords: journal bearing, anti-friction material, aggregate, automotive equipment, lubrication, friction coefficient, shaft, rotor, graphite, PTFE, ceramics.

Один из основных факторов, влияющих на безотказность, долговечность, ремонтпригодность автомобилей, строительных, дорожных, сельскохозяйственных и других машин и механизмов, — работоспособность подшипников, и в частности — подшипников скольжения. Поэтому для работы в тяжёлых условиях — без смазки или при ограниченной подаче смазочного материала, в запылённой окружающей среде — сегодня всё чаще применяются подшипники скольжения из неметаллических антифрикционных материалов [1]. Они легче и проще в изготовлении, чем подшипники качения, бесшумны, обладают постоянной жёсткостью и способностью работать практически без смазки, хорошо демпфируют колебания [2]. К недостаткам подшипников скольжения следует отнести повышенные пусковые моменты и увеличенные размеры в осевом на-

правлении, абразивное изнашивание рабочих поверхностей, связанное с попаданием абразивных частиц в пару трения, особенно в периоды пусков и остановок. При действии больших контактных давлений и температур возможно схватывание рабочих поверхностей пары трения.

Конструкция подшипника скольжения более простая по сравнению с подшипниками качения и, как правило, содержит корпус, вкладыш (сменную втулку), смазывающие и защитные устройства. Корпус подшипника скольжения цельный или разъёмный изготавливают как отдельную деталь либо деталь, присоединяемую к агрегату с вращающимся валом. Иногда корпус подшипника выполняют встроенным, т.е. как одно целое с корпусом агрегата (машины). После износа вкладыш, изготовленный из сравнительно дорогих антифрикционных материалов, заменяют на новый.

Конструкции подшипников скольжения разрабатываются исходя из свойств неметаллических антифрикционных материалов таким образом, чтобы свести к минимуму или полностью устранить вредное влияние отрицательных характеристик неметаллического материала (хрупкость, теплопроводность, гигроскопичность, нестабильность размеров во времени и др.) и наиболее полно использовать низкий коэффициент трения и высокую износостойкость материала. Конструктивные приёмы являются эффективным средством повышения срока службы подшипников скольжения из антифрикционных неметаллических материалов.

К неметаллическим материалам, применяемым для изготовления подшипников скольжения, предъявляются следующие требования: высокая износостойкость; отсутствие задиров на сопряжённых поверхностях трения в случае прекращения смазывания; минимальное изнашивание поверхности вращающегося вала или защитной втулки вала в паре с подшипником; отсутствие резкого снижения износостойкости поверхностей пары трения при попадании в неё частиц загрязнений или загрязнённой смазки, содержащей абразивные частицы и продукты изнашивания деталей; сохранение работоспособности в случае проникновения в пару трения различных сред, не обладающих смазывающими свойствами; допустимая температура в зоне трения, как правило, не более 80 °С; возможность работы подшипников при сборочном диаметральном зазоре не более 0,1 мм в условиях повышенной температуры и влажности окружающей среды; доступность, невысокая стоимость, технологичность в производстве; нетоксичность.

Материалы для неметаллических подшипников скольжения выбираются в зависимости от свойств рабочей среды, в которой работают подшипники, её температуры и давления, от скорости скольжения по валу, от контактных напряжений в паре трения, от способов теплоотвода из зоны трения, от требуемого срока службы в эксплуатации и т.д.

Во многих подшипниковых узлах машин и механизмов использование подшипников скольжения, не требующих смазки, позволяет отказаться от применения сложных сис-

тем смазки, что существенно упрощает конструкцию машины и повышает её надёжность.

Неметаллические антифрикционные материалы для подшипников скольжения, способных работать в условиях сухого трения (самосмазывающиеся подшипники скольжения), содержат две различные фазы (или более двух фаз). Чаще всего одна фаза непрерывна, а другая расположена в объёме непрерывной фазы дискретным образом (дисперсная фаза). Как правило, дисперсную фазу вводят в непрерывную фазу с целью улучшения определённых или получения новых свойств материала. Свойства полученной композиции зависят от типа наполнителя, формы частиц, характера их поверхности. В качестве наполнителя широко применяют твёрдые смазки.

В зависимости от способа введения и физических свойств вводимых в подшипниковый пористый материал смазок механизм проявления самосмазываемости может быть различным. Если смазка введена способом пропитки и имеет по сравнению с материалом пористого каркаса подшипника более высокие коэффициент объёмного теплового расширения, пластичность, ползучесть (минеральные масла, пластмассы, легкоплавкие металлы), а также обладает жидкотекучестью, выделение смазки из пор каркаса подшипника в зону трения будет происходить за счёт тепловой экстракции, капиллярной подачи и т.п.).

Когда же введённая твёрдая смазка имеет примерно одинаковый коэффициент линейного расширения с материалом каркаса, не обладает пластичностью, жидкотекучестью и т.п. (например, пропитка солями или введение их в шихту материала), выделение смазки в зону трения возможно лишь по мере истирания материала, т.е. антизадирные смазочные слои формируются из смазки, находящейся в продуктах износа.

Самосмазывающиеся подшипники скольжения подразделяют на монолитные и комбинированные. Состав монолитных подшипников скольжения однороден по всем направлениям. Их изготавливают или из одного материала, или из материала со специальным наполнителем. Комбинированные подшипники состоят из отдельных слоев различной структуры материалов с разными свойствами. Из их числа можно выделить подшипники, рабочий слой которых однороден по составу, в отличие от металлофторопластовых подшипников, имеющих рабочий слой сложного строения.

Монолитные подшипники простого состава изготавливают обычно из чистого фторопласта или какого-либо антифрикционного однородного материала, например графита. Они обладают хорошими антифрикционными свойствами, но для ряда условий эксплуатации недостаточными прочностью и износостойкостью. Поэтому чаще подшипники изготавливают из антифрикционных композиционных материалов. Наибольшее распространение получили композиционные материалы на основе фенолформальдегидных и эпоксидных смол, полиамидов, углеграфитов и фторопласта с наполнителем.

Материалы, предназначенные для изготовления самосмазывающихся подшипников скольжения, должны иметь минимальный коэффициент трения, относительно высокую теплопроводность, достаточную механическую прочность, коэффициент линейного термического расширения, примерно такой же, как у металлов: применение материала должно быть экономически обосновано как в сфере изготовления, так и в сфере эксплуатации.

Для изготовления подшипников скольжения вращающихся валов агрегатов автомобильной техники и других машин и механизмов используют углеграфитовые материалы, композиционные материалы на основе полиамида, полиимида и полиуретана, текстолит, фторопласт, наполненные фторопластовые композиции, минералокерамические материалы (керамика), металлокерамику и др.

Углеграфитовые материалы (углепластики и графиты) из-за их малого изнашивания, достаточно низкого коэффициента трения, невысокой теплопроводности, размерной стабильности, повышенной коррозионной стойкости применяют для подшипников скольжения, работающих в различных газообразных и жидких средах. Чаще всего подшипники из углеграфитовых материалов работают в паре со сталями марок 20X13, 30X13, 40X13, 95X13, 14X17H2, 10X17H13M2T, наплавками стеллита, сормайта, хромированными покрытиями, силицированным графитом.

Механизм трения углеграфитовых материалов по металлу состоит в том, что при соприкосновении контактных участков в их точке контакта вследствие высокого электрического потенциала осаждаются подвижные адсорбированные молекулы вещества. Они разделяют контактирующие поверхности и служат смазывающим материалом для пары трения.

Применение углеграфитовых материалов в подшипниках скольжения существенно ограничивается их хрупкостью и низким коэффициентом расширения. Поэтому детали подшипников из углеграфитовых материалов необходимо изготавливать без резких переходов поперечных сечений и концентраторов напряжений, и они должны работать в условиях сжимающих и небольших изгибающих нагрузок.

Максимальную износостойкость имеют углепластики на основе низкомолекулярных карбонизированных волокон, для структуры которых характерны мелкие разноориентированные кристаллиты и значительная доля аморфной фазы, играющей роль мягкой структурной составляющей при трении.

Для обеспечения высокой износостойкости углепластика в широком диапазоне температур большое значение имеет свойство выбранных материалов не переходить при нагревании в высокоэластичное состояние. При термодеструкции фенольных материалов образуется значительный процент кокса (60...80 %) по сравнению с 8...12 % кокса, образующегося при термодеструкции эпоксидных связующих. Этот образовавшийся слой углерода (кокса) на поверхности трения детали из фенольного углепластика обеспечивает его работоспособность в аварийной ситуации при резком повышении температуры в зоне контакта. В подобной ситуации на поверхности эпоксидного углепластика образуется слой полимера в высокоэластичном состоянии, что снижает износостойкость.

Подшипники из углепластиков способны работать в агрессивных средах с низкой смазывающей способностью, в нефтепродуктах, водных растворах солей, кислотах, щёлочах, сточных водах промышленных предприятий, моющих средствах и т.п. В концентрированных щёлочах наиболее эффективно использование эпоксидных углепластиков.

Повышение износостойкости углепластиков при трении достигается путём введения в состав композиции модифицирующих добавок (модификаторов), способных при трении взаимодействии образовывать на поверхности контакта износостойкие плёнки переноса.

Модификаторы обеспечивают равномерное распределение связующего и более глубокую пропитку материала. Физико-механические показатели углепластиков повышаются на 10...15 %, одновременно уменьшается интенсивность изнашивания контррела, так как модификаторы действуют как система смазки, входящая в структуру материала.

Для улучшения антифрикционных свойств углеродных материалов в качестве наполнителя используют фторопласт и другие антифрикционные материалы. Так, созданы теплостойкие и износостойкие графитофторопластовые материалы марок 2П-1000-3П, 7В-2А, КВ для подшипников скольжения, выдерживающие повышенные нагрузки.

Графитофторопластовые антифрикционные материалы менее прочны по сравнению с углеродными, но имеют большую плотность и практически непроницаемы для жидкости.

С целью повышения прочности, плотности и износостойкости углеграфитовые материалы пропитывают металлами и смолами. Пропитанный материал выдерживает более высокие давления, но пределы его применения ограничивают температурная и коррозионная стойкость пропитки. В качестве пропитки в основном применяют олово, свинец, баббит, бронзу, а из смол — фенолформальдегидную.

Общим для углепластиков является высокое содержание порошковых углеродных наполнителей, а также смолы горячего отверждения в качестве связующего.

Недостатками подшипников из углепластиков, присущими всем углеграфитовым материалам, являются хрупкость, отсутствие угловой податливости, что может привести к их растрескиванию и скалыванию.

Комбинированные антифрикционные материалы, получаемые методами порошковой металлургии (порошковые материалы), традиционно применяются для изготовления подшипников скольжения.

Порошковые материалы могут обеспечить сравнительно низкий коэффициент трения, работать при удельных давлениях до 25 МПа и скорости скольжения до 6 м/с при температуре окружающей среды свыше 250 °С.

Различают следующие четыре типа порошковых материалов.

1. Материалы из металлических порошков, имеющих пористое строение, изготавливаемые методами порошковой металлургии. Их поры заполняют смазкой, которая и обеспечивает антифрикционные свойства. В качестве смазки можно применять известный своим антифрикционным эффектом политетрафторэтилен (фторопласт-4).

2. Материалы из металлических порошков с добавлением порошковой твёрдой смазки (молибден, нитрид бора). Эти материалы также изготавливают методами порошковой металлургии, однако наличие пористой структуры в них не обязательно. Антифрикционный эффект достигается благодаря смазочному действию твёрдой смазки.

3. Металлокерамические антифрикционные материалы, состоящие из порошков металлов и порошков огнеупорных окислов или карбидов металлов. Эти материалы сочетают в себе свойства металлов и огнеупорной керамики. Известные до настоящего времени металлокерамические антифрикционные материалы в качестве основы (помимо огнеупорных окислов и карбидов металлов) содержат такие металлы, как никель, хром, кобальт и др.

Эффект самосмазывания пористых металлокерамических подшипников проявляется в результате капиллярно-

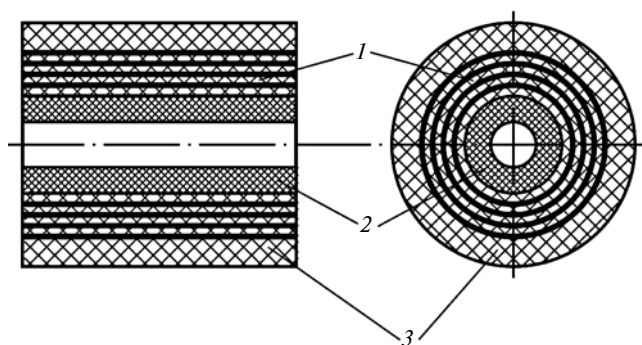


Рис. 1. Радиальный подшипник скольжения со стеклопластиковым силовым корпусом и углепластиковым антифрикционным слоем:

1 — демпфирующий слой; 2 — углепластиковый антифрикционный слой; 3 — стеклопластиковый силовой корпус

пористой структуры. При нагревании вкладыша благодаря различному объёмному расширению масла и металлической основы смазочный материал из пор попадает в зону трения, а его количество зависит от температуры нагрева. После охлаждения узла трения масло всасывается порами металлокерамического материала.

4. Порошковые материалы с высокомолекулярным связующим. В этих материалах порошковые твёрдые смазки (графит, молибден, нитрид бора и т. д.) служат наполнителем для связующего — терморезактивного и термопластического полимера.

Для изготовления подшипников скольжения также широко используются неметаллические материалы, такие как полиамид, полиуретан, текстолит, фторопласт, металлокерамика, минералокерамика и др. [3].

За последние годы в промышленно развитых странах появилось большое количество публикаций в научно-технических журналах и патентов на конструкции подшипников скольжения и новые антифрикционные материалы, отличающиеся улучшенными характеристиками.

Технологичен в производстве и отличается повышенной надёжностью работы радиальный подшипник скольжения [4], содержащий стеклопластиковый силовой корпус 3 (рис. 1), углепластиковый антифрикционный слой 2 и демпфирующий слой 1, выполненный из материала, образованного чередующимися монослоями стеклопластика и углепластика. При изготовлении многослойного подшипника скольжения на первом этапе на цилиндрическую оправку наматывают пропитанную связующим углеродную ленту для формирования антифрикционного слоя 2. Затем, чередуя одинарные слои из стеклоткани и углеродной ленты, пропитанные связующим, формируют демпфирующий слой 1. Поверх него наматывают стеклоткань для создания силового корпуса 3. После намотки поверх сформированного полуфабриката укладывают обкладные листы, заматывают сухой стеклотканью для создания контактного давления и отверждают при температуре 180 °С в течение 6 часов. Отверждённую заготовку шлифуют до необходимого размера, демонтируют с оправки, получая готовый подшипник скольжения. Повышенная надёжность работы подшипника скольжения обеспечивается посредством создания структуры материала демпфирующего слоя, которая позволила снизить уровень напряжений в слое и исключить расслоения материала подшипника.

Новые антифрикционные полимерные материалы (угле- и органопластики) для подшипников скольжения превосходят по своим характеристикам традиционно применяемые материалы [5]. Опыт эксплуатации радиальных и упорных подшипников скольжения из углепластиков и органопластиков позволяет с успехом использовать их в различных условиях эксплуатации: при сухом трении; при трении со смазкой; при работе в агрессивных средах.

Всё большее применение для изготовления вкладышей подшипников скольжения, работающих без смазки, находят пластичные материалы на основе полиамидных смол, отличающиеся технологичностью изготовления, износостойкостью и высокими физико-механическими характеристиками в сочетании с возможностью регулирования последних в широких пределах.

Основные недостатки пластичных материалов из полиамидных смол: водопоглощение (достигающее 2 % за сутки); большое относительное удлинение при растяжении; нестабильность размеров; низкий коэффициент теплопроводности. Теплоотвод из рабочей зоны цельнолитого или прессованного вкладыша затруднен, что может вызвать перегрев и разрушение пластмассы.

Подшипники скольжения из пластичного материала на основе полиамидных смол германской марки PAS-LXV имеют большой ресурс работы [6]; их используют в запылённой окружающей среде при скорости скольжения до 2 м/с.

Способ изготовления втулки с покрытием из антифрикционного пластичного материала на основе полиамидных смол для радиального подшипника скольжения [7] заключается в нарезании на её несущей поверхности канавок (с профилем в виде ласточкина хвоста), фиксации к несущей поверхности антифрикционной полимерной пленки (путём запрессовки её участков в канавки); при этом антифрикционную полимерную пленку после запрессовки в канавки дополнительно фиксируют путём обжатия в канавках упругим элементом, профиль которого перед установкой в канавку деформируют до размеров входного отверстия канавки. Оставшийся объём канавок заполняют жидкой полимерной композицией с последующим её отверждением. В качестве упругого элемента обычно используют резиновое кольцо.

Дополнительная фиксация антифрикционной пленки в канавках на несущей поверхности втулки резиновым кольцом повышает надёжность крепления антифрикционной пленки независимо от старения полимерной композиции при длительной эксплуатации в условиях наличия динамических нагрузок и температурных колебаний. Кроме того, резиновое кольцо гасит ударные нагрузки со стороны вращающегося вала и сохраняет от разрушения антифрикционную полимерную плёнку.

Повышенной надёжностью и долговечностью работы отличается радиальный подшипник скольжения [8], содержащий трубчатый корпус, состоящий из наружной 1 (рис. 2) и внутренней 3 втулок, соединённых рёбрами 2. Внутри втулки 3 неподвижно установлена втулка 4, изготовленная из спечённого порошкового материала с высокомолекулярным связующим из термопластичного полимера, в который введены порошковые твёрдые смазки (графит, молибден, нитрид бора и т.д.). Втулка 4 образует пару трения с установленной на вращающемся валу (вращающийся вал на рис. 3 не показан) комбинированной металлической втулкой 5, элементы трения А и Б которой изготовлены из

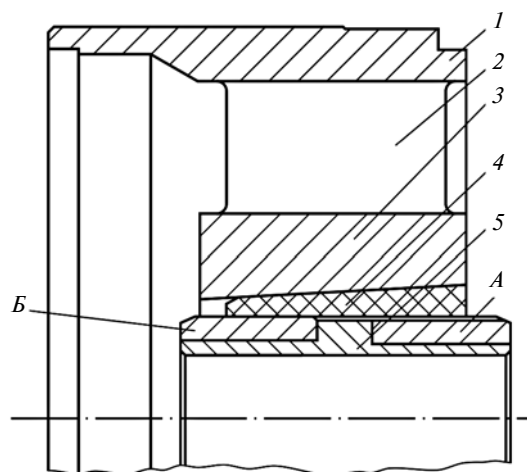


Рис. 2. Радиальный подшипник скольжения со втулкой-вкладышем, изготовленной из спечённого порошкового материала с высокомолекулярным связующим из термопластичного полимера:

1 — наружная втулка; 2 — рёбра; 3 — внутренняя втулка; 4 — втулка, изготовленная из спечённого порошкового материала с высокомолекулярным связующим из термопластичного полимера; 5 — комбинированная металлическая втулка, установленная на валу; А и Б — элементы трения

твёрдосплавных материалов, например, ВК6 или ВК15. На рабочей поверхности элементов трения А и Б выполнены равномерно распределённые по окружности продольные канавки, обеспечивающие самоочищение поверхностей в паре трения втулок 4 и 5 от частиц загрязнений и солевых отложений. Радиальный подшипник скольжения технологичен в изготовлении и имеет низкий коэффициент трения.

В состав крупной шведской компании SKF [9], изготавливающей подшипники скольжения из неметаллических антифрикционных материалов для вращающихся валов машин и механизмов, входит более 100 предприятий в 70 странах мира. Компания выпускает подшипники скольжения из полимеров для применения в автомобилестроении, обработке металлов, машиностроении и других областях, в том числе и аэрокосмической области. Довольно широкая линейка полимерных материалов для подшипников позволяет использовать их в различных условиях эксплуатации. Подшипники скольжения из полимеров, выпускаемые компанией SKF, обладают меньшей массой и стоимостью, чем металлические, устойчивы к коррозии и воздействию агрессивных сред и из-за низкого коэффициента трения эффективно используются при высоких нагрузках и малых скоростях вращения. Конструктивно материалы, из которых изготавливаются подшипники скольжения, состоят из базового полимера, который обеспечивает хорошие механические свойства и износостойкость. Различные волокна добавляются для создания композитной структуры и, соответственно, для увеличения прочности и несущей способности подшипника. Трение в узле уменьшается путём добавления твёрдых смазок, которые обеспечивают хорошее скольжение.

Повышенными эксплуатационными характеристиками отличаются подшипники скольжения, изготовленные из волоконно-полимерных материалов, полученных путём намотки армирующих волокон.

Компания SKF изготавливает скользящий слой подшипника из нитей высокопрочного полиэстера, который усилен политетрафторэтиленом (PTFE), в матрице из эпок-

сидной смолы. При этом нерабочий слой (оболочка или подложка) изготавливается из высокопрочных нитей стекловолокна в матрице из эпоксидной смолы. Скользящий и арматурный слой прочно соединены друг с другом. Оба слоя производятся путём намотки бесконечных нитей в перекрёстном направлении. Определённое перекрещенное положение нитей в структуре эпоксидной смолы обеспечивает очень высокую несущую способность подшипников, работающих при осциллирующем, вращательном и линейном движении, в случае, если существует риск высокой нагрузки на край.

При использовании полимерных материалов совместно с металлическими значительно повышаются механические характеристики подшипников скольжения. В этом случае матрица усиливается металлической обечайкой.

Германская фирма "Игус" — мировой лидер в области разработки и производства самосмазывающихся подшипников скольжения для вращающихся валов [10]. Сейчас она выпускает более 10 000 наименований подшипников скольжения из неметаллических антифрикционных материалов, общими признаками которых являются низкий коэффициент трения, высокая химическая стойкость, длительный срок службы. Кроме того, некоторые виды подшипников скольжения имеют и дополнительные достоинства, например, низкое водопоглощение, способность работать в условиях большой загрязнённости, вибрации и других ценных потребительских свойств. Каждый год в лабораториях фирмы проводятся более 5000 испытаний подшипников скольжения и материалов для их изготовления на износ, коэффициент трения и нагрузки при различных условиях работы и с учётом таких факторов, как грязь, климатические перепады, запылённость атмосферы, удары и т.д. Ежегодно фирмой разрабатывается, испытывается и вносится в банк данных выпускаемой продукции более 100 новых типоразмеров подшипников скольжения из антифрикционных полимерных материалов, хорошо зарекомендовавших себя в различных областях применения.

Подшипники скольжения из фторопластовых материалов отличаются низким коэффициентом трения при работе без смазки, высокой износостойкостью, стойкостью в воде, нефтепродуктах, кислотах и щёлочах, стабильностью в широком температурном диапазоне (от -200 до $+300$ °C). Однако механическая прочность фторопластов невелика, поэтому применение их в чистом виде ограничено. Фторопласт наносят тонким слоем на рабочую поверхность вкладыша подшипника или пропитывают им пористые металлокерамические и графитовые втулки. Реже его используют как наполнитель для волокнистых пластмасс.

Использование фторопласта особенно рационально для тех узлов трения, где смазка затруднена или недоступна по технологическим условиям.

Не требует применения специального энергоёмкого оборудования и является безвредным и экологически чистым способ изготовления колодки упорного подшипника скольжения [11], осуществляемый следующим образом. Предварительно изготавливают жёсткое стальное основание 5 (рис. 3). Из листа фольгированного фторопласта (лист фторопласта со слоями фольги 2 и 3) вырезают пластину 6 (антифрикционный элемент 6) с припуском по отношению к контуру стального основания 5 на величину, достаточную для компенсации смещения в процессе соединения с плитой 1. Затем пластину 6 изгибают приблизительно по цилиндрической поверхности таким образом,

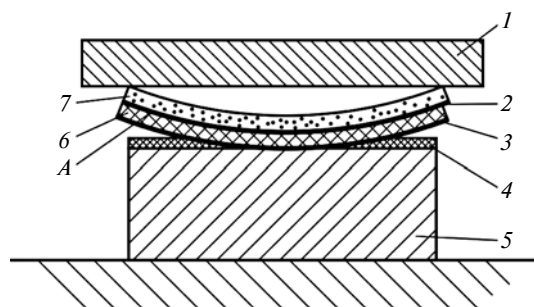


Рис. 3. Способ изготовления колодки упорного подшипника скольжения из листа фольгированного фторопласта:

1 — плита; 2 и 3 — слои фольги; 4 — слой клея; 5 — жёсткое стальное основание; 6 — пластина (антифрикционный элемент); 7 — прокладка из эластичного материала; А — поверхность трения

чтобы прогиб составлял порядка 0,05 ширины пластины 6. На выпуклую сторону пластины 6 и поверхность основания 5 наносят слой клея 4. Затем, не ожидая, пока начнётся процесс отверждения клея 4, пластину 6 выпуклой стороной накладывают на основание 5, на неё (пластину 6) накладывают прокладку 7 из эластичного материала, например, из пористой резины. Далее плитой 1 через прокладку 7 пластину 6 прижимают к основанию 5 до полного её выпрямления и соприкосновения со всей поверхностью основания 5. В этом положении при давлении, создаваемом плитой 1, удерживают до отверждения клея 4, после чего свисающие с основания 5 края пластины 6 срезают. Затем антифрикционный элемент (пластину 6) со стороны поверхности трения "А" обрабатывают для получения фторопластовой поверхности требуемой шероховатости и формы, при этом убирают внешний слой фольги 2 на пластине 6 и тем самым открывают фторопластовую поверхность трения "А" на антифрикционном элементе 6. Расходящиеся в обе стороны от изогнутой пластины 6 волны излишне нанесённого клея 4 при выпрямлении пластины 6 вытесняют воздух, что обеспечивает высокое качество склеивания по всей площади соприкосновения пластины 6 с основанием 5 без каких-либо пропусков. Применение эластичной прокладки 7, через которую осуществляется прижатие пластины 6, обеспечивает равномерное давление по поверхности склеивания даже при значительных отклонениях от плоскостности поверхностей основания 5 и плиты 1 и разнотолщинности пластины 6, что повышает качество клеевого соединения.

Способ изготовления колодки упорного подшипника скольжения приводит к уменьшению потерь трения в подшипнике, увеличению его износостойкости и радиационной стойкости, последнее позволяет использовать колодки в машинах, в том числе на атомных электростанциях.

Для изготовления подшипников скольжения, работающих при высокой температуре, а также в агрессивных средах с абразивными включениями или без смазки, получили распространение минералокерамические материалы, отличающиеся высокими твёрдостью, износостойкостью, механической прочностью, стойкостью к воздействию химических сред и высокой температуры.

Недостатками минералокерамических материалов являются низкая ударная прочность и высокий модуль Юнга, поэтому при использовании минералокерамических подшипников необходимо увеличить поверхность контакта. Вследствие хрупкости и сравнительно невысокой тепло-

проводности минералокерамические материалы склонны к термоагрегированию при резком охлаждении и быстром нагреве, поэтому режим недостаточного смазывания для них недопустим. Высокий срок службы подшипников из минералокерамических материалов обеспечивается качественным выполнением вкладышей, надёжным креплением их в металлических обоймах и применением для смазывания твёрдого смазывающего вещества на основе дисульфида молибдена.

Подшипники скольжения из минералокерамики [12] изготавливают прессованием или литьём под давлением формовочной массы с последующей сушкой и обжигом. Затем их шлифуют кругами из карбида кремния (предварительно) и алмазными кругами (окончательно). Минералокерамику наносят также на стальные втулки подшипников скольжения методом плазменного напыления.

Методы, применяемые в порошковой металлургии, позволяют получать из металлических порошков пористые подшипниковые детали, являющиеся металлокерамической основой самосмазывающихся подшипников скольжения.

Для изготовления антифрикционных вкладышей подшипников скольжения, отличающихся высокой твёрдостью, износостойкостью, механической прочностью, стойкостью к воздействию различных коррозионных сред и высокой температуры, наибольшее распространение получили металлокерамические материалы: на основе бронзового порошка; на основе порошкового железа; пористые, пропитанные фторопластом; пористые, пропитанные дисульфидом молибдена.

Для придания металлокерамической основе смазывающих свойств, кроме добавления графита и легирующих веществ (сера, цинк и др.), её пропитывают минеральными маслами (обычно промышленными, обеспечивающими работоспособность подшипника при температуре до 140–170 °С), пластмассами и металлами. Подшипники, пропитанные маслом, применяют в условиях, когда масло не подвергается воздействию высоких температур, коррозионных сред, вакуума.

В качестве материалов для изготовления подшипников скольжения хорошо зарекомендовали себя новые металлокерамические антифрикционные материалы, получаемые методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [13]. Сущность метода заключается в способности порошкообразных веществ, газов, жидкостей, подобранных в определённых соотношениях, воспламеняться при локальном нагреве с дальнейшим распространением волны горения по всему объёму, но без взрыва. Технологические СВС-процессы экологически и технически безопасны и экономичны.

Повышенной надёжностью работы и большим сроком службы отличается узел радиального подшипника скольжения с парой трения, изготовленной из минералокерамического материала [14] для машин и механизмов с вращающимся валом, предназначенным для работы в запылённой окружающей среде и в широком диапазоне температур и давлений.

Узел радиального подшипника скольжения с парой трения, изготовленной из минералокерамического материала, изображённый на рис. 4, содержит корпус 1 подшипника, опорный вкладыш 2, упруго установленный внутри корпуса 1 с зазором δ_2 относительно него, в котором расположено два эластомерных уплотнительных кольца 10 и 11, отстоящих друг от друга в осевом направлении, и втулку 4,

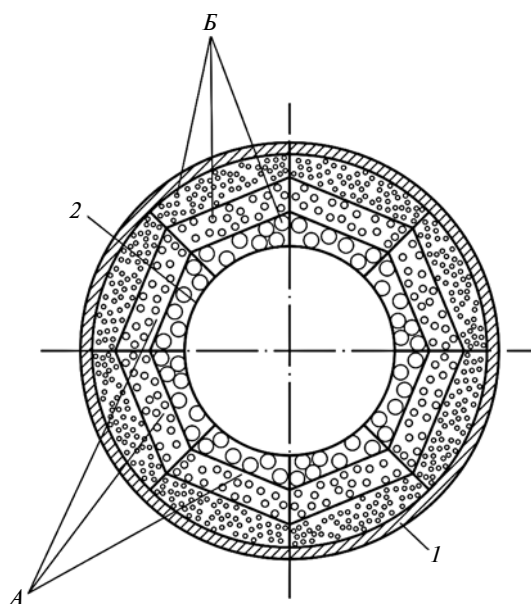


Рис. 4. Узел радиального подшипника скольжения с парой трения, изготовленной из минералокерамического материала:

1 — корпус подшипника; 2 — опорный вкладыш; 3 — вращающийся вкладыш; 4 — втулка; 5 — вал; 6, 7, 10 и 11 — эластомерные уплотнительные кольца; 8 и 9 — стопорные кольца; а и б — выступы

концентрично установленную внутри вкладыша 3 на валу 5 с возможностью вращения вместе с ним. Между втулкой 4 и вращающимся вкладышем 3 в зазоре δ_1 расположены два эластомерных уплотнительных кольца 6 и 7. Вкладыш 3 расположен в непосредственном контакте с неподвижным вкладышем 2 с образованием с ним пары трения скольжения. Вкладыши 2 и 3 изготовлены из твёрдосплавных керамических материалов и имеют одинаковую осевую длину. Фиксация осевого положения вкладыша 2 осуществляется кольцевым радиальным выступом б на одном конце корпуса 1 и стопорным кольцом 8, установленным на другом конце корпуса 1, а фиксация осевого положения вкладыша 3 осуществляется выступом а на втулке 4 и стопорным кольцом 9.

Под влиянием упругих механических деформаций эластомерных колец 6, 7, 10 и 11, вызываемых радиальными усилиями, прикладываемыми к ним со стороны вала 5, происходит самоустановка вкладышей 2 и 3 в положение оптимальной адаптации друг к другу трущихся поверхностей этих вкладышей, при котором сила трения и степень износа трущихся поверхностей минимальны, что обеспечивает повышение надёжности и срока службы узла радиального подшипника скольжения.

Стремление снизить стоимость подшипников скольжения, работающих без смазки, использовать малододефицитные и недорогие материалы, а иногда и повысить надёжность опор в запылённой среде привело к созданию самосмазывающихся подшипников из прессованной древесины.

Увеличенным ресурсом работы в условиях динамического нагружения и повышенной температуры отличается радиальный подшипник скольжения [15], вкладыш 2 (рис. 5) которого, изготовленный из склеенных слоистых древесных секторов А трапециевидального поперечного сечения, армированный теплоотводящими металлическими элементами Б круглого поперечного сечения, заключён в металлическую опорную втулку 1. Перед изготовлением

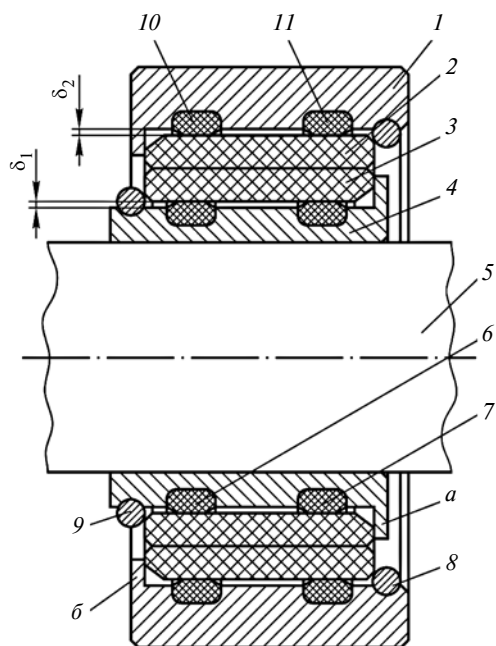


Рис. 5. Радиальный подшипник скольжения с вкладышем из прессованных древесных секторов (поперечное сечение корпуса подшипника):

1 — металлическая опорная втулка; 2 — вкладыш; А — слоистые древесные секторы трапецидального поперечного сечения; Б — теплоотводящие металлические элементы

древесных секторов А вкладыша 2 производят увлажнение древесного материала до 70–80 % и имплантацию в него армирующих металлических теплоотводящих элементов Б. После изготовления древесных секторов А производят их модифицирование, прессование и сушку до влажности 1–2 %, а затем склеивание во вкладыш 2 эпоксидным клеем. В результате формируется кольцевая заготовка подшипника скольжения. На заключительной операции механической обработки осуществляется расточка внутреннего и внешнего диаметров с формированием рабочих поверхностей вкладыша 2. Древесный материал вкладыша 2 модифицируют 30%-ным раствором карбамида при температуре 90–100 °С в течение 2 часов.

Изготовленный радиальный подшипник скольжения с металлической опорной втулкой 1, вкладышем 2 из слоистых древесных секторов А, армированных металлическими элементами Б, обладает высокой стойкостью к повышенным температурам и отличается увеличенными антифрикционными свойствами.

При всём многообразии подшипников скольжения, изготавливаемых на основе неметаллических антифрикционных материалов, правильный выбор для них конструкции и конкретного материала зависит прежде всего от условий эксплуатации подшипников скольжения.

Анализ научно-технической литературы и патентных материалов промышленно развитых стран мира по подшипникам скольжения из неметаллических антифрикционных материалов для вращающихся валов агрегатов автомобильной техники показал следующее. Углеродистые материалы обладают малым износом, достаточно низким коэффициентом трения и высокой теплопроводностью, стабильностью размеров, повышенной коррозионной стойкостью, поэтому их применяют для изготовления подшипников скольжения, работающих в различных газообразных

и жидких средах. Применение терморезистивных и термопластичных пластмасс, отличающихся высокой износостойкостью, низким коэффициентом трения, хорошими физико-механическими свойствами, технологичностью, значительно расширило область применения самосмазывающихся подшипников скольжения. Модифицированный фторопласт наиболее целесообразно использовать для подшипников сухого трения в конструкциях, воспринимающих высокие давления. К ним относятся тонкослойные фторопластовые покрытия, нанесённые на металлический вкладыш; подшипники из наполненных фторопластовых композиций; пропитанные фторопластовыми суспензиями металлокерамические вкладыши. Для изготовления подшипников скольжения, работающих при высокой температуре, целесообразно применять минерало- и металлокерамические материалы, обладающие высокой твёрдостью, износостойкостью, механической прочностью, стойкостью к действию различных сред. Опыт применения прессованной древесины для изготовления подшипников скольжения показывает, что она обеспечивает стабильный режим работы узла трения, более стойка к истиранию, чем чугун, бронза, текстолит, и нерастворима в обычных органических растворителях. Антифрикционные материалы для подшипников скольжения выбирают в зависимости от свойств рабочей среды, её температуры и давления, скорости скольжения, величины контактных напряжений в паре трения, теплоотвода в зоне трения и требуемого срока эксплуатации. Конструктивное оформление подшипника скольжения зависит от выбранного неметаллического антифрикционного материала.

Литература

1. Буренин В.В. Подшипники из современных неметаллических материалов // Строительные и дорожные машины. — 2010. — № 4. — С. 17–23.
2. Niemann Stefan. Gleiten versus Rollen? // Mag. Mechatron und Eng. — 2013. — No. 4. — P. 44–45.
3. Буренин В.В. Самосмазывающиеся подшипники скольжения // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2001. — № 8. — С. 37–39.
4. Пат. 2404377 Россия. МПК F16C 17/02. Подшипник скольжения из слоистого композиционного материала / В.Д. Клейменов, В.Н. Савельев. Оpubл. 20.11.2010. Бюл. № 32.
5. Кирик Е.В. Новые области применения подшипников скольжения из антифрикционных угле-органопластиков // Сб. трудов конференции молодых учёных и специалистов ЦНИИ КМ "Прометей". — СПб.: Изд-во ЦНИИ КМ "Прометей". — 2007. — 47 с.
6. Gratwohl Renate. Gleitfreudig und verschleißarm // Produktion. — 2008. — № 5. — P. 19.
7. Пат. 2208725 Россия. МПК F16C 33/08. Способ изготовления антифрикционных изделий / А.П. Богачев. Оpubл. 20.07.2003. Бюл. № 20.
8. Пат. 2298452 Россия. МПК B22F 7/06. Втулка радиальной опоры скольжения / Я.А. Глушкин. Оpubл. 10.05.2007. Бюл. № 13.
9. Каталог фирмы SKF Group (Швеция) по подшипникам скольжения // Изд-во SKF Group. — 2009. — 42 с.
10. Kluth Andre Ring frei zur dritten Runde // Tech. Rdsch. — 2007. — № 3. — P. 44–45.
11. Пат. 2395731 Россия. МПК F16C 17/08. Способ изготовления колочки упорного подшипника скольжения / Г.И. Шур, И.Г. Шур. Оpubл. 27.07.2010. Бюл. № 21.
12. Die nächste Generation // Maschinemarkt. — 2002. — № 34. — S. 15–17.
13. Зозуля В.Д. Новые порошковые антифрикционные СВС-материалы // Вестник машиностроения. — 2000. — № 3. — С. 43–45.
14. Пат. 2398975 Россия. МПК F16C 17/02. Радиальный подшипниковый узел скольжения / И.И. Белоконов, Ю.Н. Стеценко, В.А. Макогон. Оpubл. 10.09.2010. Бюл. № 25.
15. Пат. 2305804 Россия. МПК F16C 33/24. Способ изготовления подшипника скольжения / Е.А. Панфилов, Е.В. Шевелева, О.В. Сидоров. Оpubл. 10.09.2007. Бюл. № 25.

Указатель статей, опубликованных в 2020 г.

	№		№
ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА		КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	
Валиева Е.Г., Касьянов С.В. — Анализ информативности документации для управления качеством сложных поковок по требованиям IATF 16949	5	Антипенко В.С., Лебедев С.А. — Суперконденсаторы и пуск двигателя гибридного легкового автомобиля	7
Валиева Е.Г., Касьянов С.В. — Информационно-технологическое сопровождение для управления качеством сложных поковок по требованиям IATF 16949	8	Ашанин В.Н., Ларкин С.Е. — Инновационная адаптивная система головного освещения автомобиля	1
Загарин Д.А., Козловская М.А., Дзоценидзе Т.Д. — Анализ потребности и спроса на машины сельскохозяйственного назначения в условиях структурного кризиса в экономике	9	Балабин И.В., Чабунин И.С. — Механика колеса мобильной машины	1
Калмыков Ю.П., Тютюнник И.Г. — Пути повышения конкурентоспособности автомобилестроения	2	Балабин И.В., Чабунин И.С. — Повышение устойчивости мобильной машины путём применения отрицательного развала колёс	7
Катанаева М.А., Ларцева Т.А., Стоева Н.Н. — Менеджмент рисков в СМК предприятий автомобилестроения	12	Балакина Е.В., Задворнов В.Н., Березовский М.С., Блажинский В.Р., Коньшин А.А., Юсупкина А.С. — Исследования коэффициентов жёсткости шин. Коэффициент радиальной жёсткости	8
Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Васильев М.М., Гафуров Р.Р. — Разработка и реализация самонастраивающейся целевой функции в системе оценки качества	7	Балакина Е.В., Задворнов В.Н., Березовский М.С., Юсупкина А.С. — Исследования коэффициентов жёсткости шин. Коэффициент боковой жёсткости	9
Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Клейменов С.И., Шихарев Л.Л. Проблема управления качеством на автосборочных предприятиях в современных условиях	12	Белоусов Б.Н., Келлер А.В., Бахмутов С.В., Харитончик С.В., Бердников А.А. — Основы принципов построения системы управления трёхзвенным автпоездом	3
Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Панюков Д.И., Клейменов С.И., Шихарев Л.Л. — Исследование качества новых автомобилей	4	Белоусов Б.Н., Келлер А.В., Харитончик С.В., Бахмутов С.В., Бердников А.А. — Проблемы прикладной механики при создании тягово-транспортных средств с мехатронными модулями	1
Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Панюков Д.И., Шакурский М.В., Шанин С.А. — Актуализированный комплекс показателей мониторинга качества автомобилей в эксплуатации	10	Велизде Э.С. — Расчёт критического теплового состояния фрикционной накладкой при торможении автомобиля	9
Козловский В.Н., Строганов В.И., Айдаров Д.В., Гафуров Р.Р. — Цифровая среда поддержки аналитики и управления конкурентоспособностью в автомобилестроении	3	Волков Е.В. — Теория служебного торможения автомобиля	7
Крепить технологическую дисциплину (Из истории отечественного автомобилестроения)	5	Гольдблат И.И. — Советский легковой газобаллонный автомобиль на сжиженном газе... (Из истории отечественного автомобилестроения)	5
Кругликов К.И., Лебедев Д.В., Ватагин А.А., Лебедев А.Е. — Мелкосерийное производство автомобилей стапельным методом	11	Годжаев З.А., Прядкин В.И., Колядин П.А., Артёмов А.В., Годжаев Т.З. — Исследование вибронегруженности сидения оператора мобильного энергосредства	12
Невежин В.П. — Прогнозирование стоимости легковых автомобилей среднего класса	6	Дзоценидзе Т.Д., Козловская М.А., Загарин Д.А. — Новый технический облик автомобилей и тракторов как способ преодоления кризисных явлений в отечественном машиностроении	10
Сороковые роковые... (Из истории отечественного автомобилестроения)	5	Дик А.Б. — О радиусе эластичного колеса	10
Фархутдинов И.И., Исавнин А.Г. — Экономическая оценка оптимизации машиностроительного производства на основе реструктуризационного аутсорсинга с учётом цикличности экономического развития	10	Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. — Двигатель внутреннего сгорания в XXI веке	12
Шушкин М.А., Шолина Д.Д., Арташина И.А. — Российский рынок электромобилей: сдерживающие факторы и перспективы развития	1	Дубин А.Е., Нестеров В.Е. — Управление с компенсацией дрейфа для арктических амфибий на воздушной подушке	11
АСМ-факты	1, 2, 3, 4, 8, 9, 12	Дьяков И.Ф., Моисеев Ю.В. — Использование нейронной сети при проектировании пневмоколёс	6
		Елецких С.В., Сливинский Е.В. — Для повышения грузместимости большегрузных автопоездов	1
		Коптилов В.И. — Механизм образования движущей силы автомобиля	8

№	№
<p>Лебедев А.Е., Лебедев Д.В., Сибрина Т.М., Иродов В.В. — Экспресс-метод расчёта ускорения автомобиля с использованием общего уравнения динамики 8</p> <p>Митина Т.Е., Сливинский Е.В. — Исследование колебаний и силового нагружения модернизированного автомобильного прицепа МАЗ-8926 2</p> <p>Мамити Г.И., Льянов М.С., Ким В.А., Сланов С.А. — Сила тяги автомобиля 4</p> <p>Мамити Г.И., Льянов М.С., Ким В.А., Абаев А.Х., Агузаров Т.Т., Умирзоков А.М., Сланов С.А. — Ошибочные выводы теории автомобиля 8</p> <p>Нагайцев М.В., Нагайцев М.М., Харитонов С.А., Иванов А.Г. — Синтез кинематических схем планетарных коробок передач с четырьмя степенями свободы 11</p> <p>Песков В.И. — О новой теории движения колёсной машины 4</p> <p>Пицхелаури Ш.Н. — Исследование процесса курсового движения трицикла с наклоняющимся остовом на склоне 10</p> <p>Пожидаев С.П. — Ещё раз об основах теории качения эластичного колеса 9</p> <p>Пожидаев С.П., Лавриненко А.Т. — Экспериментальная проверка некоторых положений новой теории движения автомобиля 3</p> <p>Попов А.В., Чернова Г.А. — Вибрации на рабочем месте водителя автобуса 2</p> <p>Разговоров К.И. — Современные требования к автомобильным фарам 2</p> <p>Румянцев Л.А. — Устройства автоматического привода сцепления автомобиля 4</p> <p>Савельев В.А. — Особенности кинематики шарниров равных угловых скоростей типа "трипод" 5</p> <p>Сливинский Е.В., Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н. — Повышение безопасности обслуживания самосвалных автотракторных прицепов 4</p> <p>Тарасик В.П., Пузанова О.В. — Влияние режима движения автомобиля на его топливную экономичность 6</p> <p>Тарасик В.П., Пузанова О.В. — Влияние характеристик управления фрикционами гидромеханической передачи на показатели эффективности их функционирования 11</p> <p>Тарасик В.П., Пузанова О.В. — Моделирование ездового цикла автомобиля 9</p> <p>Тихоненков С.М. — Повышение эффективности использования топлива в двигателе внутреннего сгорания 2</p> <p>Трембовельский Л.Г., Никольский Д.А. — Увеличение грузоподъёмности автопоездов в пределах типоразмерного ряда 5</p> <p>Топалиди В.А., Юсупов У.Б. Износостойкость шин специализированных АТС в зависимости от категории крепости карьерных дорог 12</p>	<p>Федотов А.И., Громалова В.О. — Математическая модель для исследования тормозного пути автомобиля с АБС на зимних дорогах 3</p> <p>Хортов В.П., Зуев С.М., Скворцов А.А., Фиронов А.М., Великий М.Д., Свинцов М.В., Широков П.С. — Водород: сжигать или не сжигать? 4</p> <p>Черепанов Л.А., Гордеев Д.А. — Теоретическое исследование проезда автомобилем единичной неровности 11</p> <p>Шабанов А.В., Бернацкий В.В., Соколов С.А. — Моделирование алгоритма работы комбинированной силовой установки спортивного автомобиля 6</p> <p>Шепелев М.И., Сливинский Е.В. — Устройство для исключения складывания звеньев большегрузного автопоезда при экстерном торможении 7</p> <p>Яржемский М.К. — Бесступенчатая передача для автомобиля 2</p> <p><i>Возвращаясь к напечатанному</i></p> <p>Под парусом 6</p> <p>ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС</p> <p>Акулов К.А., Блянкинштейн И.М. — Использование наноматериалов в составе моторных масел 6</p> <p>Антипенко В.С., Лебедев С.А., Антипенко С.В. — Опыт применения суперконденсаторов в системе электростартерного пуска 12</p> <p>Барбаш Г.И., Федотов А.И., Громалова В.О., Гергенов С.М. — Влияние химических противогололёдных материалов на освещённость зимних дорог фарами автомобилей 9</p> <p>Бирюков Н.Н., Мудрецов Д.Н., Марков В.А., Иванкин А.Н., Карпец Ф.С. — Способ удаления нагара с деталей камеры сгорания автомобильных двигателей внутреннего сгорания 7</p> <p>Гаранин Г.В., Короткова М.В. — Виды тюнинга автомобилей 1</p> <p>Герашенко В.В., Коваленко Н.А., Лобх В.П. — Бортовое диагностирование двигателя по его постоянной времени 6</p> <p>Гончаренко С.В., Годжаев З.А., Артёмов А.В., Прядкин В.И., Годжаев Т.З. — Упругие характеристики шины сверхнизкого давления. Вертикальные нагрузки 8</p> <p>Гончаренко С.В., Годжаев З.А., Прядкин В.И., Артёмов А.В., Годжаев Т.З. — Упругие характеристики шины сверхнизкого давления. Боковые и тангенциальные нагрузки 10</p> <p>Горожанкин С.А., Савенков Н.В. — Оптимизация режимов движения грузовых автомобилей в городских условиях 6</p> <p>Дубовик Е.А. — Восстановление крестовин карданной передачи: целесообразность, технология и оборудование 4</p> <p>Дубовик Е.А. — Расчёт стенда для испытания раздаточных коробок перемены передач грузовых автомобилей ЗИЛ 5</p>

№	№
Дьяков И.Ф. — Оценка эксплуатационной технологичности транспортного средства	3
Коваленко Н.А., Геращенко В.В., Лобх В.П., Сазонов И.С. — Цифровая измерительная система для стенда диагностики тяговых качеств автомобилей	8
Комаров В.В., Гараган С.А. — Система обеспечения безопасности дорожного движения при организации пассажирских и грузовых автомобильных перевозок с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств	11
Коровкин И.А. — Об обороте запасных частей в Российской Федерации	12
Курносов Н.Е., Тарнопольский А.В. — Устройство для подогрева ДВС перед пуском при низких температурах	11
Лазаренко А.Н. — Новый способ обкатки автотракторных двигателей (<i>Из истории отечественного автомобилестроения</i>)	5
Морозов А.А., Смирнов Д.Н. — Математическая модель расчёта параметров технического состояния тормозной системы автомобилей "Лада Калина"	10
Нгуен Минь Тиен — Диагностика автомобиля на основе нейронных сетей	2
Омельянюк Д.Т., Семькина А.С., Загородний Н.А. — Развитие регионального автосервиса	1
Павлишин С.Г., Брюзгин Ф.А., Стовец М.В. — Адаптация фирменной системы технического обслуживания зарубежного производителя к условиям эксплуатации ДФО	3
Попов А.В., Суркаев А.Л., Моисеев Ю.И. — Метод определения утомления водителя транспортного средства, основанный на трёх параметрах	7
Радин С.Ю., Сливинский Е.В. — К снижению трудоёмкости эксплуатации самосвалных прицепов	5
Ходяков А.А., Хлопков С.В., Абу-Ниджим Р.Х.Ю., Бернацкий В.В., Шабанов А.В. — Особенности компонента состава бензиновых стандарта "Евро"	1
Шепель В.Н., Спешилова Н.В., Юршев В.И., Тавтилов И.Ш., Репях В.С. — Особенности эксплуатации дифференциалов автоматических коробок передач	1
Швёёва Е.И. — Комплексный метод оптимизации склада запасных частей на предприятиях автосервиса	2
ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ	
Булавин И.А., Самойлова А.С., Чан Ван Чьен — Взаимосвязь конструктивных параметров, силовых и деформационных факторов при регулировке преднатяга подшипников дифференциала в редукторах ведущих мостов автомобилей	5
Буренин В.В., Иванина Е.С. — Подшипники скольжения из неметаллических антифрикционных материалов	12
Голгер Т.П. — Восстановление напильников... (<i>Из истории отечественного автомобилестроения</i>)	5
Дубовик Е.А. — Восстановление ведущего вала раздаточной коробки	3
Дубовик Е.А. — Восстановление крестовины автомобильного дифференциала	7
Дубовик Е.А. — Технология восстановления полуоси	10, 11
Малиновский М.П., Смолко Е.С. — Оценка эффективности электропневматического тормозного привода автопоезда с применением итерационного метода	7
Мамедов Дж.Ф., Талыбов Н.Г., Абдуллаев К.С., Мурадова З.М. — Разработка гибкого производственного модуля для реконструкции старой модели автомобиля на основе CAD/CAM	4
Мартюгин А.В., Володин И.М. — Влияние ключевых параметров штамповки и первых операций механической обработки на балансировку коленчатого вала	2
Свещинский В.О. — Влияние поверхностных дефектов на ресурс топливопроводов высокого давления	3
Станок для полной токарной обработки автомобильной полуоси (<i>Из истории отечественного автомобилестроения</i>)	5
Тумасов А.В., Вашурин А.С., Торопов Е.И., Мошков П.С. — Подготовка и проведение испытаний трансмиссии среднетоннажного транспортного средства	4
Швёёв И.А. — Применение биметаллических материалов в машиностроении	5
Шайкемелов А.А. — Валидация потенциального поставщика автокомпонентов	8
ИНФОРМАЦИЯ	
Акопов С.А. — Автомобильная промышленность — передовая отрасль советского машиностроения (<i>Из истории отечественного автомобилестроения</i>)	5
Калмыков Ю.П., Бекулова С.Р. — О повышении качества жизни	6, 7
Кэи Амамура — Перспективы российского автомобилестроения при современной политике Минпромэнерго (<i>Из истории отечественного автомобилестроения</i>)	3
Фасхиев Х.А. — Рынок электромобилей в России	8
Филимонов В.Н. — "Все для фронта, всё для победы!"	5
Яковлев В.В. — Прошедший год глазами русского промышленника	2
"Олдтаймер-галерея—2020"	4
<i>За рубежом</i>	
"Дэу Тракс" начинает продажи новых моделей в России	9
Сазонов С.Л., Ван Цзинвэй — Планы китайского руководства по преодолению последствий эпидемии коронавируса и отраслевого спада	8
Коротко о разном	2, 11

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Катанаева М.А., Ларцева Т.А., Стоева Н.Н. — Менеджмент рисков в СМК предприятий автомобилестроения 1

Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Клейменов С.И., Шихарев Л.Л. — Проблема управления качеством на авто-сборочных предприятиях в современных условиях . . . 5

АСМ-факты 9

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Дубровин Е.Р., Дубровин И.Р. — Двигатель внутрен-ного сгорания в XXI веке 10

Годжаев З.А., Прядкин В.И., Колядин П.А., Артёмов А.В., Годжаев Т.З. — Исследование вибронгруженности сиденья оператора мобильного энерго-средства 15

Топалиди В.А., Юсупов У.Б. — Износостойкость шин специализированных АТС в зависимости от катего-рии крепости карьерных дорог 20

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Коровкин И.А. — Об обороте запасных частей в Рос-сийской Федерации 22

Антипенко В.С., Лебедев С.А., Антипенко С.В. — Опыт применения суперконденсаторов в системе электростартерного пуска 25

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Буренин В.В., Иванина Е.С. — Подшипники сколь-жения из неметаллических антифрикционных мате-риалов 30

Указатель статей, опубликованных в 2020 г. 37

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Балабин И.В. — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана
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. — канд. экон. наук, 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"
Ксенович 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 имени Н.Э. Баумана
Сорокин Н.Т. — д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России
Тер-Мкртчян 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
Маринов 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 Белорусско-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 09.10.2020. Подписано в печать 12.12.2020.

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 "Авансед 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 рекомендован ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней, входит в международную 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.