

У Ч Р Е Д И Т Е Л И :

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

№ 10 • октябрь • 2021



## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113:339.137.2

### ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Д-р техн. наук **КОЗЛОВСКИЙ В.Н.**;  
кандидаты техн. наук **БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ Д.И.**,  
**АЙДАРОВ Д.В.**; **ШАХОВ Н.Р.**  
Самарский ГТУ, Тульский ЦСМ (846 278-44-60)

*Представлены результаты анализа, обобщения и разработки основных организационно-технических инструментов работы в рамках комплексных программ улучшения на предприятиях автомобильной промышленности.*

*Ключевые слова:* качество, автомобильная промышленность, комплексные программы улучшения качества продукции и услуг.

**Kozlovskiy V.N., Blagoveshchensky D.I., Aydarov D.V., Shakhov N.R.**  
**ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF INTEGRATED MEASURES TO IMPROVE THE QUALITY OF PRODUCTS AND SERVICES IN THE AUTOMOTIVE**

*The article presents the analysis, generalization and development of the main organizational and technical tools of work within the framework of comprehensive improvement programs at the enterprises of the automotive industry.*

*Keywords:* quality, automotive industry, comprehensive programs to improve the quality of products and services.

Внутренние кризисы периодически затрагивают деятельность всех компаний без исключения. При этом часть из них адекватно оценивает ситуацию и разрабатывает комплексные мероприятия по преодолению негативных моментов, возникающих во внутренней и (или) внешней средах. Другая часть компаний, неадекватно оценивающих текущую ситуацию, пренебрегая рисками более значительных потерь, возникающих в случае отсутствия реакции на проблемы, уходит с рынка.

Разработка правил работы и регламентов, действующих при внедрении комплексной программы

улучшения качества, — одна из важных задач, обеспечивающих возможности мониторинга и управления. Предполагается, что в условиях российского машиностроительного комплекса разработка и внедрение программы улучшений в обязательном порядке должны инициироваться приказом высшего руководства организации, в котором определены цели, задачи, ответственность, временные регламенты, способы отчетности; механизмы определения эффективности и результативности.

Дополнительные подпрограммы (ДПП) организации являются важным и неотъемлемым элементом всей комплексной программы улучшения организации (КПУ). В определённой степени эти подпрограммы выполняют координирующую и корректирующую роли в общей программе. Дополнительными они считаются только потому, что разработка и реализация ДПП осуществляется в рамках отдельных приказов предприятия. Кроме этого, существует определённая специфика работы ДПП, существенным образом отличающая их от регламентов и правил функционирования основных подпрограмм улучшения (ПП).

Как правило, запуску комплексной программы улучшений на автомобильном предприятии предшествует критический анализ ключевых проблем. На российских автосборочных предприятиях к числу таковых относятся существенные проблемы качества продукции в эксплуатации и, прежде всего, в гарантийный период. Значительный уровень отказов, а также затраты, которые несёт предприятие, являются одной из наиболее важных проблем, требующих скорейшего и эффективного решения. С одной стороны, предприятие несёт значительные потери, связанные с обеспечением эффективности продукции в период гарантийной эксплуатации, устраняя массовые и дорогостоящие дефекты, затрачивая при этом значительные собственные ресурсы. С другой стороны, этот аспект, как показывают исследования в области удовлетворённости потребителей, является одним из ключевых при формировании потребительской лояльности к марке автомобиля и бренду автопроизводителя в целом. Именно

поэтому в предложенной концептуальной модели комплексной программы улучшений вопросы, связанные с оперативной отработкой наиболее важных дефектов, являются приоритетными.

Другим важным вопросом, определяющим развитие дополнительных подпрограмм улучшения, является вопрос разработки и реализации комплексной системы мониторинга потребительской удовлетворённости качеством продукции и услуг. Крупные отечественные автопроизводители не случайно определяют этот вопрос в качестве одного из наиболее важных. Дело в том, что корпоративные системы управления качеством отечественных предприятий машиностроительной отрасли до недавнего времени были полностью лишены таких систем, поскольку во многом предприятия развивались как монополисты, а значит проблема оценки качества продукции и услуг в конкурентной среде для них была лишней и чуждой. Практически десять лет назад, в конце нулевых годов, данная проблема стала приобретать вполне конкретную актуальность для российских предприятий автомобилестроения, поскольку на территории страны стала проявляться довольно жёсткая форма конкуренции между отечественными и иностранными автопроизводителями, которые к этому времени создали производственные мощности или совместные предприятия внутри страны. Практика применения сугубо инженерных инструментов в вопросах определения потребительских предпочтений фактически зашла в тупик, поскольку не была способна в полной мере обеспечить достоверность, полноту информации о потребительской удовлетворённости, а главное была не способна вывести голос клиента как один из основных инструментов управления качеством на самый высокий уровень корпоративного управления российских компаний автопроизводителей, в то время как западные компании десятилетиями развивали и совершенствовали соответствующие аналитические инструменты мониторинга и управления качеством.

Именно поэтому ДПП составляют актуальную задачу исследования, а её решение создаёт перспекти-

вы для формирования высокоэффективных систем: вскрытия и устранения ключевых проблем качества продукции в эксплуатации; мониторинга удовлетворённости потребителей качеством продукции и услуг.

Целью работы ДПП по разработке и реализации системы мониторинга удовлетворённости потребителей качеством продукции и услуг является собственно разработка указанной системы, а также определение наиболее важных проблем, влияющих на удовлетворённость потребителей, разработка конкретных технических и организационных предложений, направленных на повышение удовлетворённости потребителей.

Для достижения указанной цели в рамках ДПП решаются следующие задачи: с проведением перекрестного анализа результатов исследований удовлетворённости потребителей продукции, с выбором наиболее значимых факторов, отрицательно влияющих на удовлетворённость потребителей; разработка предложений, направленных на повышение уровня удовлетворённости потребителей; разработка системы мониторинга удовлетворённости потребителей качеством продукции и услуг.

Целью работы ДПП по устранению наиболее важных дефектов, возникающих в процессе эксплуатации, является создание системы и устойчивой, эффективной практики по устранению ключевых дефектов, возникающих в процессе эксплуатации продукции.

Задачами работы ДПП по устранению наиболее важных дефектов являются: разработка и реализация конкретных инженерно-технических решений по снижению уровня дефектности продукции по ключевым позициям и сокращение затрат на устранение дефектов в эксплуатации; разработка системы, определяющей устойчивую и эффективную практику решения проблем качества продукции в эксплуатации.

Состав групп по работе в ДПП, как по созданию системы мониторинга удовлетворённости, так и по устранению конкретных дефектов, в общем подчиняется тем же правилам, что и для основных групп ПП, однако присутствует некоторая специфика. Должны быть учтены основные интересы в реализации ДПП.

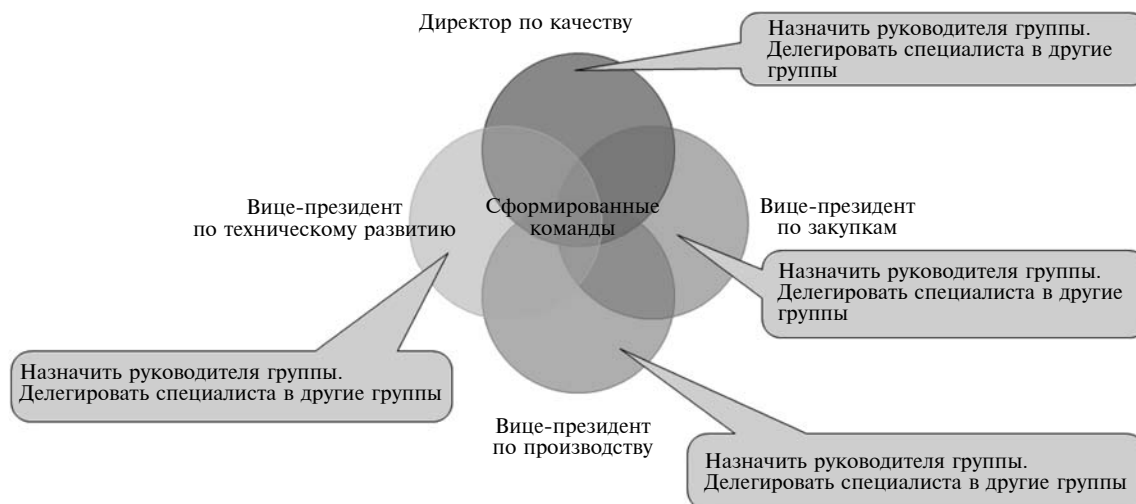


Рис. 1. Схема формирования межфункциональной команды



Рис. 2. Алгоритм работы ДПП по разработке системы мониторинга удовлетворённости потребителей качеством продукции и услуг

В случае создания системы мониторинга удовлетворённости это корпоративная служба качества, маркетинга, продаж и послепродажного обслуживания, подразделения, занимающиеся новыми проектами. Среди участников таких команд, работающих в ДПП по устранению конкретных дефектов, преобладают ведущие специалисты, работающие, так сказать, ближе к процессам проектирования или производства. Здесь в состав групп в меньшей степени входят руководители

подразделений. Пожалуй, можно сказать, что только руководитель группы должен быть управленцем как минимум среднего звена. И второй аспект: в группу нужно включать представителей поставщика соответствующих компонентов.

Обобщённо, графически, схему формирования межфункциональных команд по разработке системы мониторинга удовлетворённости потребителей и по устранению ключевых, наиболее важных — ТОП-дефектов в эксплуатации можно представить в виде рис. 1. Как видно из схемы, основными действующими лицами таких групп являются специалисты и руководители дирекций: по качеству, закупкам, производству, техническому развитию.

На рис. 2 показан алгоритм работы группы ДПП по разработке системы мониторинга потребительской удовлетворённости качеством продукции и услуг. А на рис. 3 обобщённо представлен годовой план проведения исследований в области оценки удовлетворённости потребителей качеством продукции и услуг, что составляет основу инструментария анкетных и иных исследований в области качества.

Рассмотрим кратко основные типы исследований удовлетворённости потребителей качеством продукции и услуг: мультибрендовые анкетные исследования воспринимаемого потребителями качества продукции в первые три и шесть месяцев эксплуатации; мультибрендовые анкетные исследования удовлетворённости потребителей качеством сервисного обслуживания автомобилей при продаже; внутреннее (касается только продукции собственного производства) анкетное исследование воспринимаемого потребителями качества новых автомобилей; мультибрендовое анкетное исследование воспринимаемого потребителями качества сервисного обслуживания автомобилей на этапе технического обслуживания; внутреннее анкетное исследование воспринимаемого потребителями качества процессов продажи и послепродажного обслуживания автомобилей; традиционные ежегодные исследования воспринимаемого потребителями качества продукции

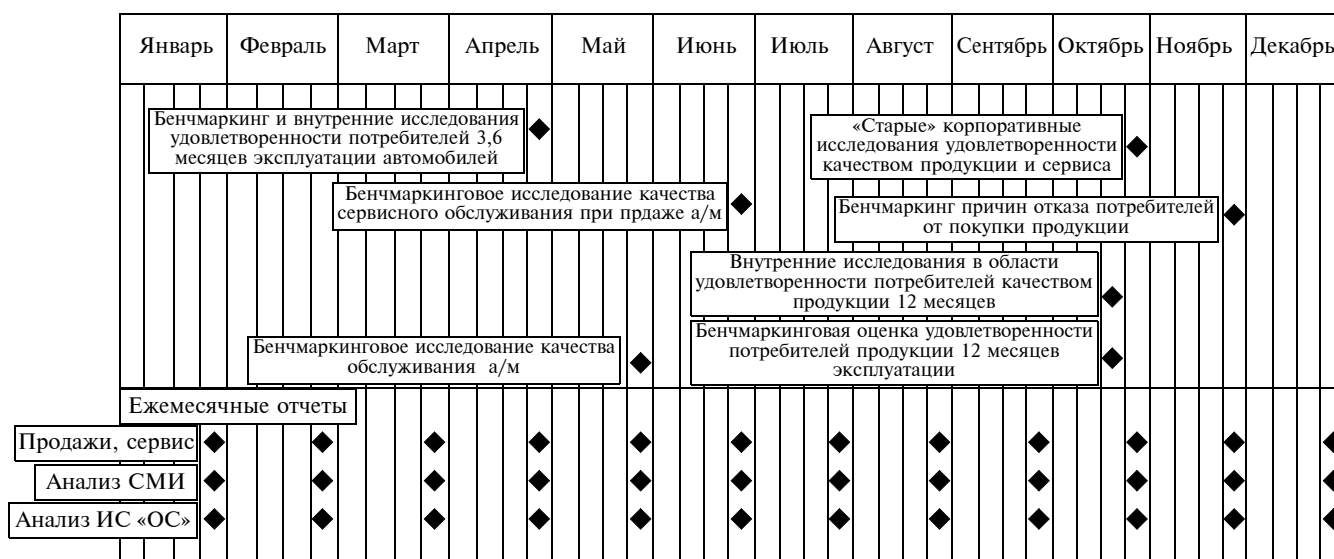


Рис. 3. Годовой план проведения исследований в области удовлетворённости потребителей качеством продукции и услуг



Рис. 4. Система определения наиболее значимых ТОП-дефектов в эксплуатации продукции

и услуг по всем моделям собственного производства; мультибрендовые анкетные исследования, целевой задачей которых является определение ключевых аспектов отказа потребителей от приобретения автомобилей собственного производства в пользу других марок. Анализ СМИ — исследование открытых источников информации, по большей части специализированных автомобильных форумов и журналов на предмет определения аспектов потребительской удовлетворённости. Анализ ИС "ОС" — анализ информации, прихо-

дящей по линии обратной связи с потребителями, где аккумулируются все вопросы потребительской среды и которые касаются вопросов качества продукции и услуг. Схема, определяющая систему вскрытия ключевых проблем качества продукции в эксплуатации, обобщённо представлена на рис. 4.

На что следует обратить внимание при организации процесса выбора наиболее значимых дефектов автомобилей? Во-первых, с использованием, стандартизированных индексов качества продукции в эксплуатации, например таких, как уровень дефектности по группе месяцев эксплуатации, выбираются наиболее массовые дефекты. Во-вторых, рассчитывается показатель, определяющий, так сказать, уровень проявления в эксплуатации критических отказов, для автомобилей это блокирующие отказы, препятствующие эксплуатации автомобилей по требованиям безопасности или обездвиживающие транспортное средство, получают соответствующий показатель, называемый уровнем блокирующих дефектов. В-третьих, выделяют наиболее затратные, при устранении в эксплуатации, дефекты. Далее, через обсуждение между официальными представителями подразделений, например руководителей или делегированных специалистов, проводится формирование списка ТОП-дефектов для устране-

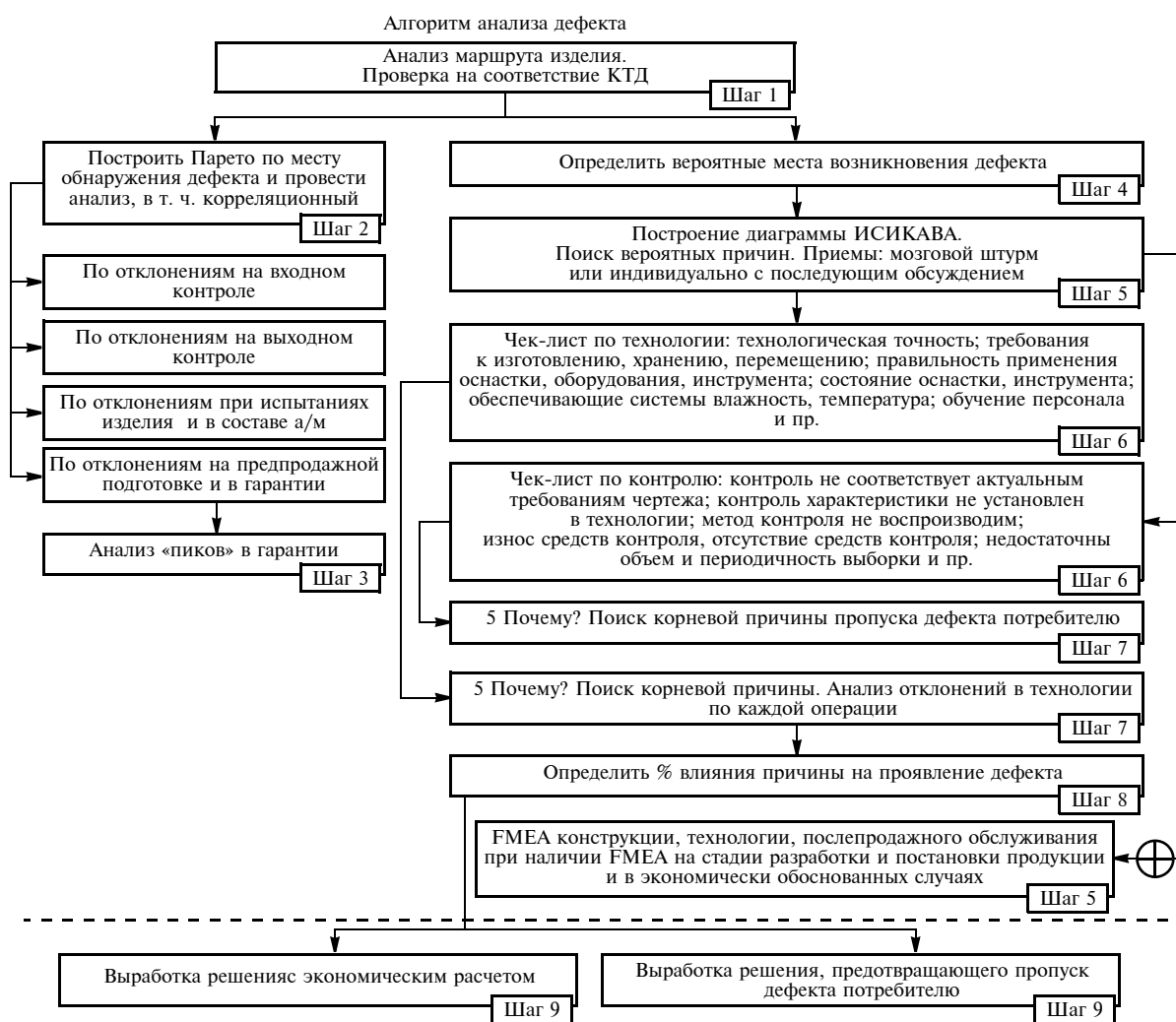


Рис. 5. Алгоритм работы групп по устранению дефектов в процессе эксплуатации продукции в рамках

Кто проводит совещание	Периодичность	Тема	Участники совещаний
Вице-президент по производству, Вице-президент по техническому развитию, Вице-президент по закупкам	1 раз в месяц	О ходе работ по устранению дефектов	Лидеры групп, координатор
Директор по качеству	1 раз в неделю	Валидация этапов работ по устранению дефектов	3 группы, координатор
Президент компании	1 раз в месяц (правление, комитет качества)	Результаты работ по снижению ТОП-дефектов	Согласно повестке
Лидеры групп	не реже 1 раз в неделю	Устранение причин дефектов	Лидер группы Члены группы

ния. Этот список закрепляется отдельным приказом, и на его основе формируются проектные команды из специалистов, которые будут принимать непосредственное участие в решении конкретных проблем качества продукции.

Обобщённый и формализованный алгоритм работы межфункциональных групп (команд) по устранению дефектов в рамках ДПП показан на рис. 5. Рассмотрим предложенный алгоритм более подробно. Алгоритм включает в себя следующие девять шагов.

1. Анализ маршрута перемещения изделия в производстве, с проверкой конструкторско-технологической документации (КТД).

2. Построение диаграммы Парето по основным причинам дефекта, с проведением дополнительных исследований, в том числе корреляционного анализа связей на входном (выходном) контроле, по отклонениям при испытаниях изделия, по отклонениям на предпродажной подготовке и в гарантии.

3. Анализ качества при мониторинге автомобилей в эксплуатации.

4. Определение наиболее вероятного места возникновения дефекта.

5. Построение диаграммы Исикавы, с поиском вероятных причин дефекта (основной применяемый инструмент — мозговой штурм) либо FMEA конструкции, технологии послепродажного обслуживания, при наличии FMEA на стадии разработки и постановки продукции и в экономически обоснованных случаях.

6. Чек-лист по технологии, включающий в себя следующие основные направления контроля: технологическая точность; требования к изготовлению, хранению, перемещению; правильность применения оснастки, оборудования, инструмента; состояние оснастки, инструмента; обеспечивающие системы влажности и температуры; обучение персонала либо чек-лист по контролю, включающий в себя следующие основные направления: контроль не соответствует актуальным требованиям чертежа; контроль характеристики не установлен в технологи; метод контроля не воспроизводим; износ средств контроля, отсутствие средств контроля; недостаточный объём и периодичность выборки.

7. Реализация правила "пять почему". Поиск корневой причины пропуска дефектов к потребителю. Анализ отклонений в технологии по каждой операции.

8. Определение % влияния причины на проявление дефекта.

9. Выработка с экономическим расчётом решения, предотвращающего пропуск дефекта потребителю.

Переходим к ключевым аспектам формирования корпоративного приказа по организации деятельности межфункциональных проектных команд, решающих задачи по устранению ТОП-дефектов в эксплуатации автомобилей. К основным пунктам такого приказа следует отнести позиции: назначить руководителей и членов групп из числа лучших специалистов своих подразделений. Руководители групп должны уделять 50 % своего рабочего времени, члены групп — 20 % устранению ТОП-дефектов. Приказы о назначении согласовать с дирекцией по качеству (ДпК); производить учёт мероприятий по устранению ТОП-дефектов в соответствии с действующими стандартами работы и поддерживающими процессы информационными системами; взять под контроль устранение дефектов (приложение № 1); обеспечить выполнение целей по качеству автомобилей; для руководителей, членов рабочих групп и необходимых специалистов функциональных подразделений установить единый график работы и 40-часовую рабочую неделю на срок действия групп; обеспечить согласование предложений об изменении проектной документации, выпускаемой по результатам реализации мероприятий по устранению причин ТОП-дефектов в течение 5 рабочих дней. Выпустить соответствующее распоряжение с жёстким контролем соблюдения сроков; организовать проведение конкурсов на лучшую группу и лучшего руководителя группы, предусмотрев материальное стимулирование специалистов, занятых разработкой и внедрением программ корректирующих действий при подтверждении эффективности внедренных мероприятий по заданиям на устранение несоответствий и улучшению качества выпускаемых автомобилей; при формировании целевых показателей бюджета компании предусмотреть финансирование мероприятий по заданиям дирекции по качеству на устранение дефектов в гарантийной эксплуатации; организовать быстрый возврат деталей от предприятий сервисно-бытовой сети (ПССС) и комиссионную работу по определению доли ответственности. Схема проведения совещаний в рамках работы групп ДПП представлена в таблице.

Таким образом, в результате работы были разработаны организационно-технические инструменты, которые обеспечивают эффективность реализации комплексных программ улучшения качества продукции и услуг в автомобилестроении.

*Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020.8*

В конце августа 2021 г. в московском выставочном центре "Крокус Экспо" при официальной поддержке НП "Объединение автопроизводителей России" (ОАР) и Национальной Ассоциации Производителей Автомобильных Компонентов (НАПАК) в 16-й раз прошла международная выставка "Интеравто", которая традиционно служит площадкой для презентации новейших разработок российских и зарубежных производителей автокомпонентов, сервисного оборудования, расходных материалов для ремонта, лакокрасочной продукции и других направлений отрасли.

Свою продукцию и услуги в этом году представили 127 компаний из пяти стран мира — Ирана, Китая, Польши, Белоруссии, России — и 18 регионов РФ (Москвы и Московской области; Санкт-Петербурга и Ленинградской области; Астраханской, Липецкой, Тверской, Тульской, Владимирской, Ростовской, Новосибирской, Нижегородской, Пензенской, Калининградской, Курской, Ярославской областей; Республики Татарстан; Ставропольского края и др.).

Среди ключевых участников "Интеравто-2021" — представители национального и зарубежного автомобильного сектора: "ARDA carwash equipment" — автомойки самообслуживания и роботизированные автомойки; "Cleanol" — автохимия для автомоек и детейлинга; "Iran Khodro IKCO" — легковые и коммерческие автомобили; "MTF Light" — осветительное оборудование; "Pandora" — охранно-противоугонная автомобильная электроника, сервисные автомобильные устройства и телеметрические комплексы; "Triangle Tyre CO, LTD" (Китай) — автомобильные шины; "Troton" (Польша) — материалы для кузовного ремонта; "Инвестмеханика" — материалы для авторемонта; "Ру-синтез" — профессиональная автохимия для бесконтактной и ручной мойки автомобилей, автокосметика и профессиональная химия для клининга; "H7-group" — оборудование и расходные материалы для кузовных работ; "Техно Вектор" — компьютерные стенды для регулировки углов установки колёс автомобилей, автоматические мойки колёс, балансировочное оборудование, шиномонтажные станки.

Среди новинок следует упомянуть следующие.

Последние разработки в линейке стендов сход-развала от компании "Техно Вектор": программное обеспечение с опциями распознавания номеров и автозаполнения заказа через сервер "Technovector"; мобильное приложение "Asisstant" для удобства регулировки автомобилей; модель BM7 с технологией "iPROvision" в линейке балансировочных стендов iPRO.

Профессиональные тонирующие плёнки "DeltaFilm", антигравийные плёнки "DeltaSkin" для автомобилей, плёнки для защиты лобовых стекол "DeltaPlex" и тонирующие инструменты "DeltaTool" от эксклюзивного дистрибьютора продукции бренда "Union-Delta" — "Проф-Тон Групп".

Из премьер от компании "Pandora", ведущего отечественного разработчика комплексных систем безопасности для автомобилей, можно выделить расширенный модельный ряд охранных систем: "LoRa" — лидер по дальности связи среди бюджетных систем с обратной связью с модуляцией "LoRa"; новые 4G телеметрические комплексы популярной DX серии; высокоинтегрированная платформа UX. Кроме того, "Pandora" представила высокоэффективную зарядную станцию для электромобиля и впервые продемонстриро-

вала работу фото-видео-регистратора "Pandora Evidence-mini" с фирменным мобильным приложением и автомобильной охранной системой.

Крупнейший производитель пассажирского и коммерческого транспорта на Среднем Востоке "Iran Khodro" (IKCO) представил последние модели пассажирских автомобилей "Dena+", "Runna+ Panoramic" и "Tara".

Линейку лакокрасочных материалов от нового на российском рынке бренда "Kizuki" презентовала компания "Business Car Refinish". Линейка "Kizuki" была разработана с прицелом на рынок РФ при непосредственном участии японского концерна "Nippon Paint Co".

На стенде "Русские краски" посетители ознакомились с уникальной разработкой компании — авторемонтной колеровочной системой "Argmax", а также комплексом лакокрасочных материалов "Vika" для ремонта легковых, грузовых и коммерческих автомобилей.

ГК "Титан" представила новые продукты, созданные на собственной сырьевой базе, а именно: автохимию, автокосметику, премиальные масла, охлаждающие и омывающие жидкости и консистентные смазочные материалы.

АО "ОРЕХ" совместно с партнерами ООО "Газпромнефть — смазочные материалы", немецким холдингом "Eberspacher" и ОАО "МАЗ" продемонстрировали: современные моторные и трансмиссионные масла, пластичные смазки, антифризы и специальные жидкости для легковых и коммерческих автомобилей под брендами "Газпромнефть", "G-Energy", "КамАЗ G-Profi" (ООО "Газпромнефть — смазочные материалы"); выхлопные системы, системы отопления и кондиционирования воздуха для всех типов транспортных средств ("Eberspacher"); новую систему защиты оригинальных запчастей от подделок с помощью фирменных наклеек (ОАО "МАЗ").

"Интеравто" ежегодно становится перспективной площадкой для выхода на российский рынок новых игроков. Среди компаний, которые впервые выбрали выставку для презентации своей продукции: "ARDA carwash equipment; K2" (Польша) — товары для детейлинга, автохимии и автокосметики; "Киви Колор-Групп" — лакокрасочные материалы для ремонта автомобилей; "Defly" — автоаксессуары из оргстекла и швейное производство; "Лакокрасочные технологии" — авторемонтные и промышленные краски "CarMen", готовые базовые, акриловые, алкидные и полиуретановые эмали, грунты, лаки и сопутствующие материалы, миксы, биндеры и пасты из европейского сырья; завод "МарКон" — тормозные колодки для легковых и коммерческих автомобилей, автобусов и другой спецтехники; "Мембране Трейдинг" — антигравийные плёнки; "Титан-СМ" — консистентные смазки.

Большой интерес посетителей "Интеравто" вызвала конференция "Кузовной ремонт. В поисках качества", организованная порталом "Кузов.Лаб". Участники обсудили: современные реалии организации кузовного ремонта и влияние на них ОСАГО; особенности взаимодействия экспертных организаций со станциями технического обслуживания; вопросы экспертизы и оценки при ремонте лакокрасочного покрытия; качество ЛКП автомобилей и методы его оценки.

В рамках круглого стола "Развитие и локализация производств комплектующих изделий для автомобильной промышленности" были затронуты вопросы защиты интеллектуальных прав и борьбы с контрафактом и фальсификацией запасных частей, горюче-смазочных материалов и жидкостей, основные векторы развития производства и локализации автокомпонентов.

Выставка "Интеравто" объединила широкую профессиональную аудиторию: от производителей и дистрибьюторов автокомпонентов, запчастей, комплектующих, автохимии, лакокрасочной продукции, оборудования для техобслуживания и ремонта автотранспорта до представителей автосервисов, тюнинг-ателье, страховых компаний, федеральных и муниципальных органов власти и специализированных СМИ.

В другом московском выставочном комплексе — "Экспоцентр" в эти же дни прошла 25-я международная выставка запасных частей, автокомпонентов, оборудования и товаров для технического обслуживания автомобилей "MIMS Automechanika Moscow". (Генеральный партнер выставки — группа компаний "Автолонг".) Несмотря на ограничения, связанные с эпидемиологической обстановкой, выставку посетили более 16 000 профессионалов со всей России. А свою экспозицию представили более 600 брендов.

Помимо крупнейших российских производителей и дистрибьюторов на юбилейной выставке посетителей встретили представители компаний из Белоруссии, Великобритании, Венгрии, Германии, Дании, Индии, Испании, Италии, Ирана, Казахстана, Китая, Литвы, Польши, Турции, Узбекистана, Чехии, Южной Африки. Также были представлены польский и турецкий национальные павильоны.

Разделы выставки: Автозапчасти и автокомпоненты; Аксессуары и тюнинг; Автоэлектрика и автоэлектроника; Мойки и уход за автомобилем; Ремонт и техническое обслуживание автомобиля; Управление и информационные технологии в автобизнесе. В числе участников — ведущие производители и поставщики автомобильных комплектующих, оборудования и товаров для технического обслуживания автомобилей: "Ajusa", "Azard",



"Амтел", "Amstel", AVS, "ACPS automotive", "BG Сибур", "Brembo", BSG, "Carville", GM, "GroupAuto Россия", "JPgroup", "KANNGroup", "Kraft", "Krafttech", "Kroner", "LiquiMoly", "Mutlu", "Parts-Mall", "PE Сервисная сеть", "Rival/Michelin", "TecAlliance", ТМУ, "Tubor", "Zekker", "Saipa", "ВолгаАвтопром", "Tadem", "Лада-имидж", "Механика", ТД "Автопрофи" и многие другие.

Впервые представлен новый раздел выставки — "IT&DigitalArea." Посетителей познакомили с новыми идеями, разработками, готовыми решениями и услугами компаний, работающих в сфере IT-технологий для автотранспорта. Экспозиция была усилена проведением круглого стола "ПО и Digital решения для СТО" в рамках конференции-площадки AGORA. Под знаком "Truck competence" бо-

лее 80 компаний, помимо линейки для легковых машин, представили также автозапчасти и решения для грузового автотранспорта.

В рамках выставки состоялось одно из самых значимых мероприятий в автомобильной отрасли: XII Международный Московский Автомобильный Форум IMAF 2021. В этом году главной темой форума стал "Автопром после кризиса: новая реальность, новые возможности". Первый день был посвящён вопросам государственной поддержки автомобильной отрасли, тенденциям и прогнозам развития рынка, анализу отрасли автокомпонентов, а также инновациям в автомобильной промышленности. Участие приняли ведущие эксперты автомобильной промышленности и транспортной отрасли, руководители компаний-производителей, представители Минис-

терства промышленности и торговли РФ, отраслевые ассоциации. Во второй день эксперты обсуждали варианты развития российского рынка автомобильной электроники, а также перспективы "бигдата" в автопроме. IMAF 2021 был организован и проведён компанией "ITEMF Expo" совместно с Ассоциацией европейского бизнеса.

В этом году мероприятия на конференционной площадке "AGORA" впервые были посвящены теме СТО, программа состояла из четырёх тематических дней. В работе площадки приняли участие специалисты и профессионалы в области технического обслуживания и ремонта автомобилей, гаражного оборудования, аналитики и эксперты рынка автокомпонентов и запчастей.



## КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.33

### ЗАДАЧА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ МОЩНОСТИ ПО ОСЯМ МНОГООСНОЙ КОЛЁСНОЙ МАШИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ЕЁ РЕШЕНИЯ

(в порядке обсуждения)

Д-р техн. наук **ШИПИЛЕВСКИЙ Г.Б.**  
21 НИИИ ВАТ МО РФ (gship@mail.ru)

*Эффективное применение индивидуального привода колёс многоосной машины возможно только при наличии полноценного автоматического управления распределением мощности между осями. При этом должны обеспечиваться минимизация потерь и необходимая для разгона или преодоления возросшего сопротивления суммарная тяга. Однако полноценных исследований, позволяющих реализовать наиболее рациональные схемы и алгоритмы управления, никто не проводил. Задачи этих исследований нужно учитывать в составе глобальной цели оснащения специальных колёсных шасси нового поколения комплексом эффективных средств связи и автоматического контроля и управления.*

**Ключевые слова:** многоосная машина, индивидуальный привод колёс, распределение мощности, автоматическое управление.

#### Shipilevsky G.B. THE PROBLEM OF AUTOMATIC CONTROL OF POWER DISTRIBUTION ON AXES MULTI-AXLE WHEEL MACHINE AND METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF ITS SOLUTION

*The effective use of the individual wheel drive of a multi-axle vehicle is possible only if there is a full-fledged automatic control of the power distribution between the axles. At the same time, power losses must be minimized and the total thrust required to accelerate or overcome the increased resistance must be ensured. However, no one has conducted full-fledged researches that allow implementing the most rational control schemes and algorithms. The objectives of these studies should be taken into account as part of the global goal of equipping special wheeled chassis of a new generation with a complex of effective means of communication and automatic monitoring and control.*

**Keywords:** multi-axis vehicle, individual wheel drive, power distribution, automatic control.

Создание многоосных колёсных машин можно считать одним из важнейших направлений развития конструкций военной автомобильной техники, предназначенной для новейших средств вооружений. Оно связано с необходимостью решать целый ряд задач для обеспечения необходимого уровня эксплуатационных свойств машин, причём эти задачи следует решать комплексно, на базе современных средств управления. В их числе особое место занимает задача автоматического управления распределением мощности по осям и колёсам.

Единственным реальным путём создания таких машин с приемлемыми эксплуатационными показателями является индивидуальный электропривод колёс. Только при нём появляется возможность рационального (а может, и оптимального) распределения мощности между осями и колёсами. И здесь, по мнению автора, сразу можно сосредоточить внимание на межосевом распределении, считая, что межколёсное в каждой оси можно осуществлять по известному принципу равенства скоростей скольжения, благо, возможность добиваться этого обеспечивается раздельным управлением частотой вращения каждого колеса, а разработчики многоосных автомобилей наконец поймут, что доплеровские датчики действительной скорости существуют, вполне доступны и могут быть применены.

Говоря об истории вопроса, нужно отметить, что в своё время она была обозначена в работах МГТУ имени Н.Э. Баумана (Б.Н. Белоусов, С.Д. Попов и др.) и НИИИ-21 (В.В. Дёмик). Затем серьёзные результаты в этом направлении были получены А.В. Келлером<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Автор намеренно не указывает источники из-за их большого количества, оставляя возможность желающим найти их по фамилиям авторов.

Правда, они рассчитаны на использование в машинах с механическими трансмиссиями, где управляющие воздействия ограничены включением-выключением привода или механизма блокировки. Это, конечно, можно экстраполировать и на машины с индивидуальным приводом колёс, но будет ли такое решение эффективным, сказать пока трудно. Главная сложность в решении этой задачи связана с тем, что результат рационального управления должен проявиться через минимизацию суммы потерь мощности на циркуляцию<sup>2</sup>, буксование колёс и сопротивление качению.

Мощность, как известно, величина скалярная, и как на её изменение влиять в нужную сторону, однозначно указать практически невозможно. Это можно пояснить, представив, что существует некий обобщённый критерий режима движения, учитывающий все кинематические и силовые показатели (наблюдаемые и измеряемые), а также имеется возможность оценивать потребляемую мощность (на машине с индивидуальным электроприводом колёс её можно просто измерять на выходе каждого электродвигателя и полученные показатели суммировать). Тогда можно представить, что существует некая кривая, в которой обобщённый критерий служит аргументом потребной мощности. И она имеет минимум при каком-то значении этого критерия. Но даже если измерены все показатели и вычислен этот критерий, а также определена потребляемая в данный момент мощность, то нет никаких сведений о том, в какую сторону нужно его изменять, так как неизвестно значение критерия, соответствующее минимуму потребляемой мощности в данных условиях. Дальше возникнет вопрос: а за счёт каких управляемых параметров можно "подвинуть" этот критерий в нужную сторону, сохраняя выполнение основного задания по скорости движения? Наконец, все измерения и вычисления, даже будучи выполненными современными быстродействующими средствами, относятся к пройденному участку дороги, и достоверность прогноза для будущего участка вряд ли кто-нибудь подтвердит.

Кстати говоря, эти сложности не были замечены в работах Ю.В. Пирковского и С.Б. Шухмана. Они предложили ориентироваться на межосевые передаточные отношения заблокированного привода, утверждая, что может быть найден минимум потребляемой мощности при некотором сочетании этих отношений. И в последующей попытке решения этой задачи на объекте "Гидроход" дальше предложения пользоваться методом проб и ошибок (который здесь был бы принципиально бесплодным) продвижения не случилось. Можно даже не добавлять упоминание сложности, связанной с тем, что в  $N$ -осной машине таких независимых передаточных отношений будет  $N - 1$ , и искать минимум функции с таким числом переменных само по себе не очень удобно. Да и в самом предложенном

<sup>2</sup> Применительно к электроприводу вопрос циркуляции и оценки её величины ещё не ставился, и сам факт её возможности (в отличие от рекуперации) пока не подтверждён.

принципе содержится неразрешимое противоречие реальным условиям.

Рассуждения авторов приводят к утверждению о том, что желаемые условия движения возможны только при движении всех колёс в свободном режиме, в котором они не развивают толкающих усилий. Но движение машины в этом режиме возможно только в идеальных (и нереальных) случаях, когда остов машины находится в силовом равновесии без учёта этих усилий.

Автор в своё время отдал дань попытке решения этой задачи, опубликовав свои соображения ("Автомобильная промышленность", 2016, № 2). По существу это было умозрительное предложение, основанное на подходе "Давайте попробуем так, вдруг что-то выйдет" и рассчитанное на открытие полемики. Однако, несмотря на пометку в заглавии "В порядке обсуждения", никаких откликов автор не получил. Похоже, эти соображения либо не были замечены специалистами КамАЗа, либо просто проигнорированы в объектах, которые были ими представлены.

Так что эта задача сохраняет свою актуальность, но можно попробовать несколько более продуманный подход. Прежде всего следует определиться, какие режимы движения машины следует учитывать с их особенностями. Кроме того, следует раз и навсегда принять единый подход к обеспечению управления движением машины, считая, что в ней должен быть орган задания скорости, как это сделано в современных автомобилях с автоматическим управлением моторно-трансмиссионной установкой, а проще говоря — педаль (самые прогрессивные голосуют за джойстик, забывая элементарное: руки нужны, чтобы вертеть руль!).

Что касается режимов движения, то в первую очередь нужно учесть движение с постоянной заданной скоростью при постоянном положении той самой педали. Машина должна двигаться с этой скоростью, реагируя на изменение суммарного сопротивления движению как на возмущение, действие которого следует немедленно парировать. Но это условие действует до тех пор, пока потребная для этого режима мощность, определяемая произведением заданной скорости на суммарное сопротивление движению (плюс неизбежные потери в передаче), не превысит максимальную мощность двигателя. Тогда двигатель выходит на режим максимальной мощности, а скорость будет такой, которая определится отношением этой мощности к суммарному сопротивлению.

Далее следует рассмотреть условия, свойственные переходному процессу изменения режима движения. Первый случай этого рода может быть связан с резким возрастанием суммарного сопротивления (например, при начале крутого подъёма). Второй случай будет связан с необходимостью повышения скорости движения по требованию водителя, усилившего нажатие педали. Третий случай — необходимость резкого снижения скорости движения — нашего внимания не заслуживает, так как для этого водитель просто отпустит педаль, уменьшив или полностью прекратив передачу мощности на колёса, а при необходимости ускорить замедление, воспользовавшись тормозами.



Но на самом деле между первым и вторым случаями можно поставить знак равенства, если учесть один факт. Просто во втором случае тоже резко возрастает суммарное сопротивление движению, к которому добавляется сила инерции массы машины, определяемая задаваемым ускорением (обычно в упомянутых машинах с автоматическим управлением оно определяется величиной дополнительного нажатия педали). Но не следует забывать, что увеличение скорости должно произойти. Так что, если иметь в виду возможное компьютерное представление некоей математической модели, то можно определить приёмы обращения с ней.

В основном режиме задана постоянная скорость. "Развесовка" машины по осям также считается неизменной (просто не забудем, что придётся решать эту задачу и для машин, у которых по понятным причинам могут резко изменяться масса и положение её центра). А переменными условиями будут являться свойства опорной поверхности, причём они могут отличаться друг от друга под каждой осью. И там будут переменными и сцепление, и сопротивление качению (не забудем про возможное образование колеи передней осью и не только ею), и на них будет влиять также и вертикальная нагрузка.

Первый переменный режим будет отличаться скачком добавки к суммарному сопротивлению величины, определяемой по принятому углу подъёма (надеюсь, что читатели не нуждаются в написании формулы с синусом) или по переходу от движения по дороге с твёрдым покрытием на мягкую почву. Для второго переменного режима нужно будет добавлять скачок задаваемой скорости, а ускорение и силу инерции определять по разности между задаваемой и фактической скоростями, умножаемой на некий коэффициент динамики, который ещё нужно будет выбрать.

Но это всё исходные соображения для составления математической модели процесса движения машины в условиях непостоянства заданий и свойств опорной поверхности. Такая модель, как известно, должна быть проблемно ориентированной с ясным представлением о том, что должно эмулироваться и что должно определяться.

Второе в нашем случае вроде бы можно сформулировать как правила регулирования частот вращения приводов колёс для движения машины в рассматриваемых условиях, описанных выше. Можно также указать, что в каждом случае управление должно восстанавливать равновесное состояние, нарушенное при изменении условий движения. А факт наличия этого состояния легко устанавливать по наличию баланса между суммарным сопротивлением движению (с учётом сил инерции в переходных режимах) и суммой тяговых усилий, развиваемых каждой осью. Но здесь возникает некоторая неопределённость.

Если рассматривать тяговые усилия колёс (осей) как параметр, который может быть измерен во время работы через электрические параметры привода, то можно искать алгоритмы учёта фактических значений для выработки управляющих воздействий (возможно, в сочетании с чем-нибудь ещё). А как получать значения этих усилий в модели, придётся подумать. Похо-

же, для этого понадобятся экспериментальные данные (не исключено, что их уже кто-нибудь получал в ходе решения задач проходимости, которыми в своё время активно занимались специалисты НИИИ-21).

Априори представляется, что хорошо бы было получить зависимости степени скольжения (буксования) колеса от тягового усилия при различных значениях вертикальной нагрузки на колесо на разных опорных поверхностях от твёрдой типа сухого бетона до слабо-несущей типа песка или мокрой глины. Такой подход давно принят для оценки тяговых свойств тракторов, но там вертикальные нагрузки, как правило, постоянны (хотя часто сравнивают ситуацию с наличием и отсутствием балласта). А потом получить данные о реальных вертикальных нагрузках на каждую ось машины и оценки их влияния на радиусы колёс.

Такие зависимости позволили бы получать значения развиваемого колесом тягового усилия при разных величине вертикальной нагрузки, частоте вращения и степени скольжения. При этом можно заметить, что в этой постановке видна некоторая схожесть с принятой для оценки тормозных свойств автомобилем практикой применения так называемой "φ-S"-диаграммы. Однако здесь всё несколько сложнее, хотя аналогия между формированием скольжения тормозимого колеса и буксованием колеса ведущего очевидна.

В принципе основа модели может выглядеть как пара исходных условий. Первое должно служить единообразным фоном для перебора возможных вариантов и представлять нечто вроде отрезка пути с чередованием свойств опорной поверхности, выражаемой (вкуче с типом шин и эффективности грунтозацепов) в виде чередующихся участков длиной не меньше длины колёсной базы машины с отличающимися в разные стороны свойствами типа упомянутой диаграммы. Для каждого участка должны быть указаны зависимости, определяющие соотношения между вертикальной нагрузкой, степенью буксования и сопротивлением качению (с учётом образования колеи), считая движение машины прямолинейным с задаваемой скоростью.

А что пробовать в качестве критерия требуемого качества управления, пока уверенно выбрать тяжело. Но есть предположение, которое в своё время представлялось продуктивным (а применительно к полноприводным колёсным тракторам было доказано — см. ж-л "Тракторы и сельхозмашины", 2005, № 12) и состояло в утверждении, что суммарные потери мощности на буксование ведущих колёс будут минимальны, если скорости скольжения всех колёс будут одинаковы. Но ещё раз стоит напомнить о том, что, кроме буксования мощность теряется на сопротивление качению из-за деформации шины и грунта и на циркуляцию.

Основной алгоритм автоматического управления должен будет исходить из рассмотрения картины трогания и разгона машины до заданной скорости путём плавного увеличения частот вращения всех колёс с корректировкой по предложенному или какому-то другому критерию. А что касается модели процесса, то представляется, что её сложность нужно будет увеличивать постепенно, начиная с трёх или четырёх осей.

Дальше можно будет её наращивать необходимыми блоками.

Представляется также, что наиболее удобна для составления и компьютерной реализации математической модели среда *"Matlab Simulink"*. В ней без особых затруднений можно отразить такие особенности модели, как разные вертикальные нагрузки на оси и, соответственно, неодинаковые радиусы колёс, а также все предусмотренные причинно-следственные связи. Кроме того, в ней легко программируется вычисление и представление количественных оценок, а также графическое изображение полученных зависимостей.

Что в итоге должно получиться в результате такого исследования? Должен получиться алгоритм, предусматривающий воздействия на режим работы привода каждого колеса по результатам измерения конкретных измеряемых параметров движения. А из этого алгоритма должно получиться программное обеспечение микропроцессорного контроллера с интерфейсом, содержащим модули входа и выхода. Что касается номенклатуры измеряемых параметров, то в ней должны присутствовать частоты вращения всех колёс, электрические параметры приводов и генератора, а также то, что вполне доступно разработать и производить по заказам производителей машин — радарные доплеровские датчики действительной скорости.

Стоит, наверное, "договориться на берегу" и о некоторых предпосылках решения данной задачи. Представляется, что машинам такого вида вряд ли придётся двигаться во всём диапазоне возможных условий от хайвеев международного уровня до болот или глубокого снега. Как-то не просматривается такая машина с её штатным грузом иначе, чем на пути без каких-либо сюрпризов после инженерной разведки с расчисткой, да и с надёжной охраной. Для этого стоит внимательно перечитать действующие тактико-технические задания на разработку таких машин на предмет очистки от лишних требований. Таковыми можно считать требования проходимости вплоть до глубоких снегов и болот с трясинной. Ведь при этом резко упадёт скорость движения и могут образоваться следы в виде вдруг появившейся колеи. Современные средства разведки потенциального противника воспримут это как неожиданный, но приятный подарок и повод применить все имеющиеся ударные средства.

Нужно понимать, что итогом решения этой задачи должно стать формирование информационного и алгоритмического содержания автоматического управления в современной форме программного обеспечения для микропроцессорного контроллера. Попутно можно подсказать, что этот предполагаемый контроллер должен быть приспособлен к работе в распределённой среде, содержащей другие разнообразные контроллеры и имеющей общую шину обмена данными. Здесь должны быть предусмотрены конкретные задачи обеспечения работы двигателя машины в режиме выдачи требуемой мощности (определяемой заданной скоростью, суммарным сопротивлением движению и различными неизбежными потерями) при минимальном удельном расходе топлива, а также коррекции

частот вращения колёс при входе машины в поворот аналогично действию межколёсного дифференциального механизма. Не исключены и такие действия, как автоматическое снижение скорости для предупреждения дорожно-транспортного происшествия (тотальное или выборочное снижение частот вращения).

Остаётся рассмотреть, какие преимущества получат машины специфического назначения, если к достоинствам индивидуального привода колёс добавятся эффекты рационального управления распределением мощности, и стоит ли добиваться этих преимуществ. Прежде всего это управление в сочетании с описанным выше регулированием двигателя (там не упоминалось, что оно осуществляется через регулирование подачи топлива) обеспечат существенное снижение расхода топлива, которое важно не столько как фактор снижения расходов на эксплуатацию, сколько как возможность увеличения запаса хода на штатной заправке (хотя и первое с учётом того уровня мощности, который требуется для движения такой машины, достаточно весомо). Добавим, что снижение вплоть до полного устранения циркуляции мощности тоже полезно как фактор повышения надёжности приводов и шин.

Не стоит пренебрегать и таким свойством машины с этим управлением, как поддержание заданной скорости инвариантно к условиям движения. Известно, что наличие опции "круиз-контроль" снижает утомляемость водителей, особенно на длинных маршрутах. Учитывая уже отмеченную специфику использования таких машин, это свойство лишним не будет.

Однако при всех достоинствах возможного решения этой задачи нужно отдавать себе отчёт, что оно потребует серьёзной и трудоёмкой работы, в том числе с экспериментами, которые в настоящих условиях видятся весьма сложными в смысле организации по многим аспектам. Поэтому её стоит рассматривать как часть гораздо более обширной программы, которая (по мнению автора) сама должна стать частью программы создания и освоения принципиально новых машин такого рода (конечно, и так было понятно, что речь идёт о специальных колёсных шасси нового поколения). Ведь в своё время имелось в виду, что эти машины должны иметь на борту комплекс эффективных систем связи и управления. А НАТИ в 2008 году разработал техническое предложение по заказу НПЦ "Специальное машиностроение" при МГТУ имени Н.Э. Баумана, который рассматривался как основной разработчик. Однако передача функции головного исполнителя научно-исследовательской работы КаМАЗу стала препятствием для полноценного ведения этой работы, и многие вопросы, в том числе и этот, выпали из поля зрения исполнителей.

Сейчас самое время вернуться к этому вопросу.

А вот про следующий вопрос даже нельзя сказать "вернуться". Насколько известно автору, его у нас просто никто никогда не ставил. Звучит он так: *обязательно ли делать все оси такой машины ведущими? Может быть имеет смысл сделать ведущими лишь несколько передних (а может и не обязательно передних, что для индивидуального электропривода непринципиально)?*

Но пока неясно даже, на какой основе его ставить. Понятно, что машина станет проще (и дешевле). Как это скажется на проходимости, сказать трудно, но ведь уже отмечено, что такие машины вроде бы не предназначаются для езды по болотам, пескам и снегам. И как это скажется на экономичности даже при той же самой энерговооружённости, тоже непонятно — ведь при электроприводе раздать суммарную мощность в 1000 киловатт на восемь колёс не очень увеличит потери по сравнению с раздачей на 16 колёс (а может, даже уменьшит?). Заодно стоит всё-таки решить: может быть стоит вместо схемы "мотор—колесо" принять схему "мотор—ось" с блокировкой дифференциалов? Но ясно, что решать этот вопрос методом "тыка" дорого и бессмысленно.

С методикой поиска ответов вроде будет попроще, если иметь в виду чисто компьютерное моделирование. Просто определяется суммарный расход мощности для движения по одной и той же поверхности с одной и той же скоростью при одних и тех же массогабаритных показателях и развесовке.

Тут ещё одна возможность вполне интересна. Ведомые колёса можно не снабжать рулевыми приводами, а сделать их самоустанавливающимися. Как это ска-

жется на устойчивости и управляемости, сказать трудно, но и здесь без особого труда просматривается компьютерный эксперимент. Да ещё и с давних времён (спасибо М.В. Келдышу) понятно, что может возникнуть и как с этим бороться.

И ещё пару вопросов хочется задать напоследок. А почему это всё не только не сделали, но даже и не подумали об этом до сих пор? И не пора ли с таких вопросов и поиска ответов на них начинать создание новой техники? Ведь неужели ещё не стало понятным, что расходы на это с лихвой окупаются ускорением разработки, сокращением затрат на доводку объектов и повышением их потребительских свойств?

Таким образом, весь данный текст предлагаю рассматривать как предложение тем, кто может принять решение — запланировать выполнение научно-исследовательской работы "Разработка схем и алгоритмов автоматического управления индивидуальными приводами колёс многоосной машины" в составе комплексной программы оснащения таких машин полноценным набором современных средств связи и автоматического контроля и управления. Желающие принять участие в этой работе наверняка найдутся, и место всем тоже найдётся.

УДК 62-91

## ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ В ГИДРОТРАНСФОРМАТОРЕ

Кандидаты техн. наук **ДЕНИСОВ Д.М., ИВАНОВ М.Ю., ОМАРОВ А.Н.**

Волжский филиал МАДИ; Высшая школа "Агроинженерия" ЗКАТУ имени Жангир хана (denisovloko@yandex.ru)

*Описаны режимы работы гидротрансформатора при включении пакетов блокирующих фрикционов. Также рассматривается процесс подвода тепла в гидромеханической передаче.*

**Ключевые слова:** гидротрансформатор, гидромеханическая передача, температура, режим работы гидротрансформатора.

### Denisov D.M., Ivanov M.Yu., Omarov A.N. DYNAMICS OF PROCESSES IN THE HYDRAULIC TORQUE CONVERTER

*The article describes the operating modes of the hydraulic torque converter (HTC) when the blocking clutch packages are turned on. The process of heat supply in hydromechanical transmission is also considered.*

**Keywords:** hydraulic torque converter, hydro-mechanical transmission, temperature, the mode of operation of the hydraulic torque converter.

Существуют три вида гидротрансформатора (ГДТ): некомплексный, комплексный и комплексно-блокируемый. При расчёте рассматривают ГДТ как двухмассовую систему:

$$\begin{cases} J_1 \dot{\omega}_1 = M_e - M_1; \\ J_3 \dot{\omega}_3 = M_2 - M_c, \end{cases} \quad (1)$$

где  $J_1, J_3$  — приведённые моменты инерции ведущей и ведомой частей;  $\dot{\omega}_1 = d\omega_1/dt, \dot{\omega}_3 = d\omega_3/dt$  — угловые ускорения ведущей и ведомой частей;  $\omega_1$  и  $\omega_3$  — угловые скорости ведущей и ведомой частей;  $M_e$  — крутящий момент на коленчатом валу двигателя;  $M_1$  — крутящий момент на ведущем валу ГДТ ( $M_H$  — момент на насосном колесе);  $M_2$  — крутящий момент на выходном валу ГДТ ( $M_T = KM_H$  — момент на турбинном колесе,  $K$  — коэффициент трансформации);  $M_c$  — суммарный крутящий момент всех сопротивлений движению, приведённый к выходному валу ГДТ [1].

В случае работы пакетов блокирующих фрикционов дополнительно появляется  $M_\phi$  — момент при блокировке. Работа фрикционов происходит в двух случаях: при изменении передаточного отношения (в этом случае система представляет трёхмассовую); при блокировке насосного и турбинного колёс для комплексно-блокируемых ГДТ.

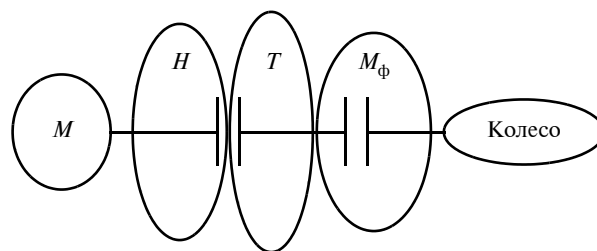


Рис. 1. Трёхмассовая система ТС с ГДТ:

$M$  — двигатель;  $H$  — насосное колесо (ведущая часть);  $T$  — турбинное колесо (ведомая часть);  $M_\phi$  — фрикцион блокировки коробки передач

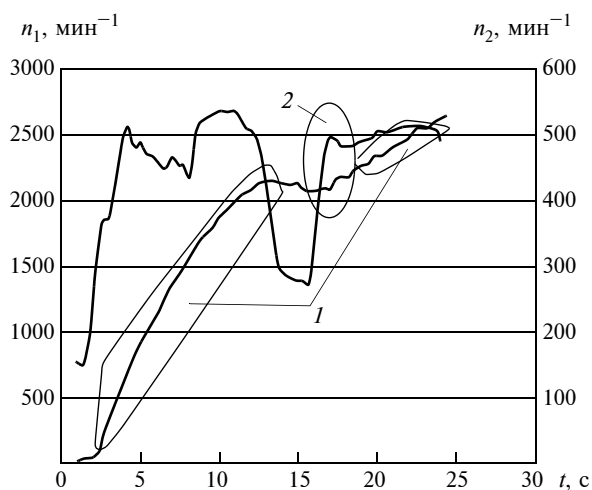


Рис. 2. График совместных частот вращения при разгоне на коленчатом валу двигателя и вращения колёс автомобиля

Системы будут иметь вид:

$$\begin{cases} J_1 \dot{\omega}_1 = M_e - M_1 \\ J_2 \dot{\omega}_2 = M_2 - M_\phi \\ J_3 \dot{\omega}_3 = M_\phi - M_c \end{cases} \quad \text{— при изменении передаточного отношения;} \quad (2)$$

$$\begin{cases} J_1 \dot{\omega}_1 = M_e - (M_1 + M_\phi) \\ J_3 \dot{\omega}_3 = (M_2 + M_\phi) - M_c \end{cases} \quad \text{— при блокировке ГДТ,} \quad (3)$$

где  $J_2$  — момент инерции турбины ГДТ и корпуса фрикциона первой передачи;  $J_3$  — момент инерции автомобиля;  $\dot{\omega}_2$  — угловое ускорение турбинного колеса.

Рассматривая график изменения частот вращения на коленчатом валу и на колесе автомобиля (рис. 2), на примере разгона легкового автомобиля Skoda Octavia 2008 года выпуска, можно наблюдать: 1 — участок разгона автомобиля при определённом передаточном отношении (соответствует системе уравнения (1) без процесса блокировки); 2 — участок, при котором происходит процесс изменения передаточного числа (соответствует системе уравнения (2) при включении пакета блокирующих фрикционов); 3 (на рис. 3) — участок процесса блокировки ГДТ (в динамике можно ощутить небольшое ускорение, на графике разгона изменения незначительны, однако хорошо определимы при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 3)).

Рассмотрим ГДТ по подводу теплоты на различных режимах.

Основное тепло в ГДТ, преимущественно, подводится при работе насосного и турбинного колёс. Кинетическая энергия, полученная в насосе, преобразуется в работу турбины. Однако часть энергии, обусловленная потерями в сопротивлении, уходит в тепло, что дополнительно несёт тепловую нагрузку на детали и узлы гидромеханической передачи (ГМП).

Согласно первому закону термодинамики теплота  $q$  расходуется на увеличение энтальпии рабочего тела,

увеличение кинетической энергии потока и производство технической работы. То есть можно записать [2]:

$$q = \Delta h + \Delta e + l_{\text{техн}} + l_{\text{сопр}}, \quad (4)$$

где  $\Delta h$  — изменение энтальпии;  $\Delta e$  — изменение кинетической энергии (динамический напор);  $l_{\text{техн}}$  — техническая (полезная) работа;  $l_{\text{сопр}}$  — работа, затрачиваемая на сопротивление потока рабочего тела.

Для ГДТ справедлива следующая система уравнений:

$$\begin{cases} q_H = \Delta h_H + \Delta e_H; \\ q_H = q_T = \Delta h_T + \Delta e_T + l_{\text{техн}} + l_{\text{сопр}}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $q_H, q_T$  — энергия в насосном и турбинном колёсах.

Режим 1 — ГДТ полностью прогрет и работает без экстремальных перегрузок на режиме трансформации момента. На этом режиме работа сил сопротивления практически отсутствует.

Преобразовав уравнение, получим:

$$\Delta T_{\text{ГДТ}} = \frac{G((V_{2T}^2 - V_{1T}^2) - (V_{2H}^2 - V_{1H}^2)) + 2gKM_H \omega_T \Delta t}{2mgc_p}, \quad (6)$$

где  $\Delta t$  — изменение времени, с;  $V_{2H}, V_{1H}$  — скорости потока жидкости при выходе и при входе лопаток насосного колеса;  $V_{1T}, V_{2T}$  — скорости потока жидкости при входе и при выходе лопаток турбинного колеса;  $\omega_T$  — угловая скорость на турбинном колесе;  $\Delta T_{\text{ГДТ}} = (\Delta T_H - \Delta T_T)$  — прирост температуры в ГДТ;  $G$  — вес рабочего тела.

Режим 2 — ГДТ не прогрет. На этом режиме начинают преобладать гидравлические сопротивления. В этом случае получим:

$$\Delta T_{\text{ГДТ}} = \frac{\left[ G((V_{2T}^2 - V_{1T}^2) - (V_{2H}^2 - V_{1H}^2)) + 2g(KM_H \omega_T + \mu(V_{2T}^2 - V_{1T}^2)) \Delta t \right]}{2mgc_p}, \quad (7)$$

где  $\mu$  — динамическая вязкость рабочего тела.

При экстремально низких температурах (ниже  $-40^\circ\text{C}$ ) целесообразно отключить ГДТ от двигателя (для возможности более лёгкого запуска двигателя, а также уменьшения нагрузки на узлы гидромеханической передачи (ГМП)). Впоследствии использовать тепло двигателя для прогрева ГМП с дальнейшим под-

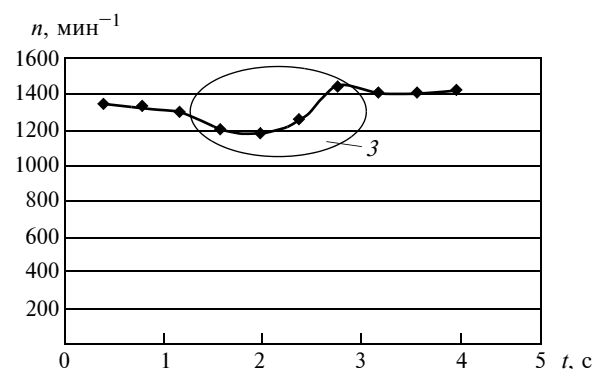


Рис. 3. График изменения частоты вращения двигателя при блокировке ГДТ

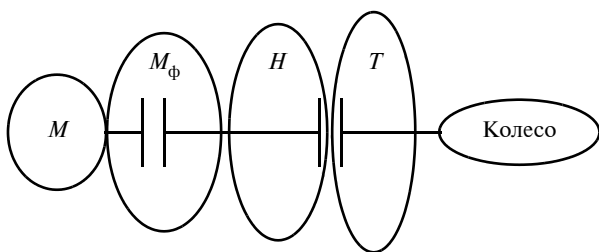


Рис. 4. Трёхмассовая система ТС с ГДТ:

$M$  — двигатель;  $H$  — насосное колесо (ведущая часть);  $T$  — турбинное колесо (ведомая часть);  $M_\phi$  — фрикцион блокировки двигателя с ГДТ

ключением к ГДТ. Тогда трёхмассовая система будет иметь следующий вид (рис. 4).

Режим 3 — ГДТ прогрев, переход из режима трансформации момента (режим ГДТ) в режим гидромукфы (отключение реакторного колеса) при передаточном отношении  $i \approx 0,8-0,9$  для комплексных и комплексно-блокируемых ГДТ. Если принять, что  $V_{2T} = V_{1H}$  и

$V_{1T} = V_{2H}$  при условии отсутствия потерь скорости в межлопастном пространстве, то получим:

$$\Delta T_{ГДТ} = \frac{G(V_2^2 - V_1^2) + gKM_H\omega_T\Delta t}{mgc_p}, \quad (8)$$

$K = 1$  — коэффициент трансформации для гидромукфы.

Таким образом, можно моделировать работу в ГДТ, определять максимально-допустимые нагрузки, использовать процессы для определения степени износа, перегрева масла для ГМП, составлять рекомендации при эксплуатации на всевозможных режимах.

#### Литература

1. Нарбут А.Н. Автомобили. Рабочие процессы и расчёт механизмов и систем / Учебник для студентов высших учебных заведений. — М.: Издательский центр "Академия", 2007. — 256 с.
2. Кудинов В.А. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для бакалавров / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. — М.: Юрайт, 2013. — 566 с.

УДК 629.33

## УГЛЫ НАКЛОНА КОЛЁС. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ ПО ПОПЕРЕЧНОМУ СКОЛЬЖЕНИЮ И ПОПЕРЕЧНОМУ ОПРОКИДЫВАНИЮ

Д-р техн. наук БАЛАКИНА Е.В., КОЧЕТОВ М.С.,  
САРБАЕВ Д.С., СЕРГИЕНКО И.В.

Волгоградский ГТУ  
(fahrgestell2011@yandex.ru)

*Исследование относится к области установки колёс автомобиля, а именно, к вопросу анализа углов их наклона в поперечной вертикальной плоскости и влиянию этого угла на свойства шин и эксплуатационные свойства автомобиля. Проведена расчётная оценка взаимосвязей наклонной установки колеса с устойчивостью автомобиля по поперечному скольжению и поперечному опрокидыванию. Получены приближённые зависимости для определения влияния угла наклона колеса на указанные свойства. Изменение устойчивости движения автомобиля при наклонной установке колёс требует дополнительных исследований.*

**Ключевые слова:** колесо транспортного средства, наклон в поперечной вертикальной плоскости, устойчивость по поперечному скольжению, устойчивость по поперечному опрокидыванию.

Balagina E.V., Kochetov M.S., Sarbaev D.S.,  
Sergienko I.V.

## WHEEL INCLINATION ANGLES. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE ON THE VEHICLE STABILITY BY LATERAL SLIDING AND LATERAL OVERTURNING

*The study relates to the installation field of the vehicle wheels, namely, to the issue of analyzing the angles of their inclination in the transverse vertical plane and the effect of this angle on the tire properties and operational vehicle properties. A calculated assessment of the relationship between the inclined wheel setting and the vehicle stability in lateral sliding and lateral overturning is carried out. Approximate dependences are obtained to determine the influence of the wheel inclination angle on the specified prop-*

*erties. Changing the stability of the vehicle when the wheels are inclined requires additional research.*

**Keywords:** vehicle wheel, lateral vertical incline, lateral sliding stability, lateral overturning stability

Существуют многочисленные исследования, связанные в том числе и с наклоном колёс [1—15]. Ранее авторы установили, что угол наклона колеса транспортного средства включает следующие составляющие — угол конструктивного наклона колеса, углы эксплуатационного наклона колеса (появляющиеся при движении поддрессоренного колеса по неровности опорной поверхности и при крене поддрессоренного кузова от действия боковой силы), угол эксплуатационного наклона колеса (появляющийся при повороте управляемого колеса вокруг оси, наклонённой в поперечной вертикальной плоскости); при движении по дороге с малоизношенным асфальтобетонным покрытием как передние, так и задние колёса легкового автомобиля при переезде неровностей наклоняются в поперечной вертикальной плоскости на угол, меньший чем  $0,1^\circ$ , что до 30 раз меньше угла допустимого конструктивного наклона колёс; угол эксплуатационного наклона колеса, появляющийся при повороте управляемого колеса вокруг оси, наклонённой в поперечной вертикальной плоскости, при высоких скоростях движения автомобиля имеет значения, не превышающие  $1^\circ$ , что в 3 раза меньше угла допустимого конструктивного наклона колёс; наклон колёс до  $3^\circ$  не оказывает видимого влияния на расход топлива и износ шин, но сказывается на устойчивости движения и управляемости, что создаёт предпосылки для его использования в качестве управляющего параметра в системах управления движением.

В данной работе изложена приближённая расчётная оценка влияния наклонной установки колёс на устойчивость автомобиля по поперечному (боковому) скольжению и опрокидыванию. Проведена расчётная

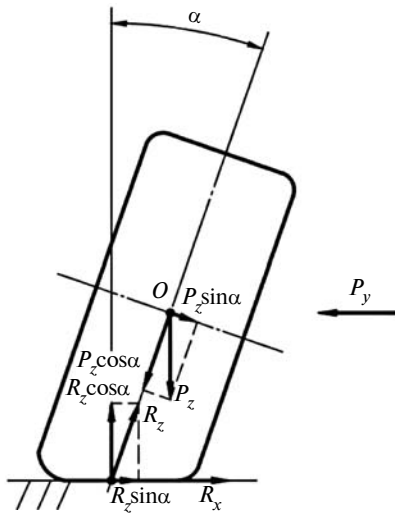


Рис. 1. Расчётная схема для оценки склонности автомобиля с наклонёнными колёсами к поперечному скольжению

оценка влияния наклонной установки колёс на устойчивость автомобиля по поперечному скольжению.

Вопрос изменения склонности автомобиля к поперечному скольжению появился вследствие изменения составляющих нагрузки на колесо, которые влияют на боковую реакцию опорной поверхности в пятнах контакта при наклонной установке колёс и при неизменном их свободном радиусе. Расчётная схема приведена на рис. 1.

Условие начала бокового скольжения:  $P_y = R_y$ , где  $R_y$  — боковая реакция опорной поверхности. При этом  $R_y = P_z \cos^2 \alpha f_{sl} + P_z \cos \alpha \sin \alpha$ , где  $f_{sl}$  — коэффициент трения скольжения.

Отношение боковой силы к нормальной нагрузке, при котором начинается боковое скольжение автомобиля с колёсами, наклонёнными на угол  $\alpha$ , определится как

$$\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{sl \alpha \neq 0} = \cos^2 \alpha f_{sl} + \cos \alpha \sin \alpha = \cos \alpha (\cos \alpha f_{sl} + \sin \alpha).$$

При  $\alpha = 0$  боковое скольжение начинается при

$$\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{sl \alpha = 0} \approx f_{sl}. \text{ Этот результат косвенно подтверждается}$$

экспериментальными исследованиями легковых автомобилей при выполнении испытательного манёвра "вход в поворот" согласно ГОСТ 31507—2012. Автомобиль должен войти в правый поворот радиуса 35 м на сухом асфальтобетонном покрытии со скоростью не менее 72 км/ч. При выполнении этого манёвра современными легковыми автомобилями допустимое отношение боковой силы к нормальной нагрузке, при котором начинается боковое скольжение автомобиля с вертикальными колёсами на сухом асфальтобетонном покрытии

$$\left[\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{sl \alpha = 0}\right] \approx 1.$$

Обозначим через  $K_{asl}$  удельное отношение боковой силы к нормальной нагрузке по критерию начала бо-

кового скольжения автомобиля с наклонёнными колёсами:

$$K_{asl} = \frac{\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{sl \alpha \neq 0}}{\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{sl \alpha = 0}} = \frac{\cos \alpha (\cos \alpha f_{sl} + \sin \alpha)}{f_{sl}} = \cos \alpha \left( \cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{f_{sl}} \right).$$

Результаты расчёта коэффициента  $K_{asl}$  представлены на рис. 2 для разных углов внутреннего наклона колёс  $\alpha$ . Из рисунка следует, что при внутреннем наклоне колёс легковой автомобиль становится более устойчивым к поперечному (боковому) скольжению. При  $\alpha = 5^\circ$  он становится более устойчивым к поперечному скольжению приблизительно на 10 %. Отношение  $R_0/B$  влияет на склонность автомобиля с наклонёнными колёсами к поперечному скольжению не более 5 % при  $\alpha = 5^\circ$ . При этом колёса с большим свободным радиусом предпочтительнее.

Проведена расчётная оценка влияния наклонной установки колёс на устойчивость автомобиля по поперечному опрокидыванию. Вопрос изменения склонности автомобиля к поперечному опрокидыванию появился в связи с некоторым изменением колеи автомобиля при наклонной установке его колёс при неизменном их свободном радиусе. Расчётная схема приведена на рис. 3.

Проведённая расчётная оценка является приближённой, так как она не учитывает кинематику подвески, т.е. расположение оси крена:

$$R_z(B + 2R_0 \sin \alpha) + P_y(h - \Delta h_\alpha) - P_z\left(\frac{B}{2} + R_0 \sin \alpha\right) = 0;$$

$$\Delta h_\alpha = R_0(1 - \cos \alpha),$$

где  $B$  — колея автомобиля с колёсами, плоскости вращения которых перпендикулярны опорной;  $h$  — высота центра масс автомобиля с колёсами, плоскости вращения которых перпендикулярны опорной;  $\Delta h_\alpha$  — изменение высоты центра масс при наклоне колёс;  $R_0$  — свободный радиус колеса;  $P_z$  — нормальная нагрузка;

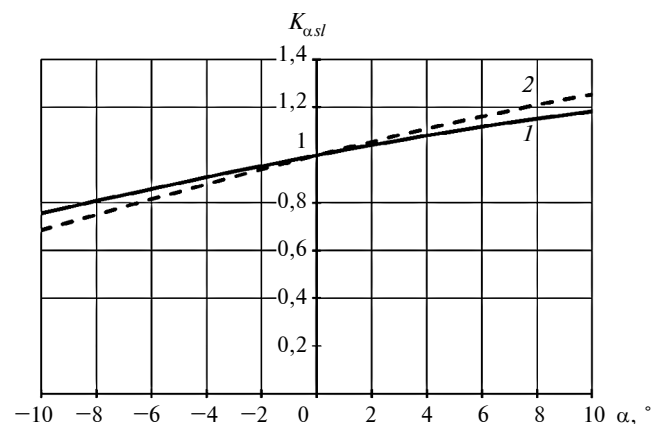


Рис. 2. Результаты расчёта коэффициента  $K_{asl}$ :

$$1 - f_{sl} = 0,8; 2 - f_{sl} = 0,6$$

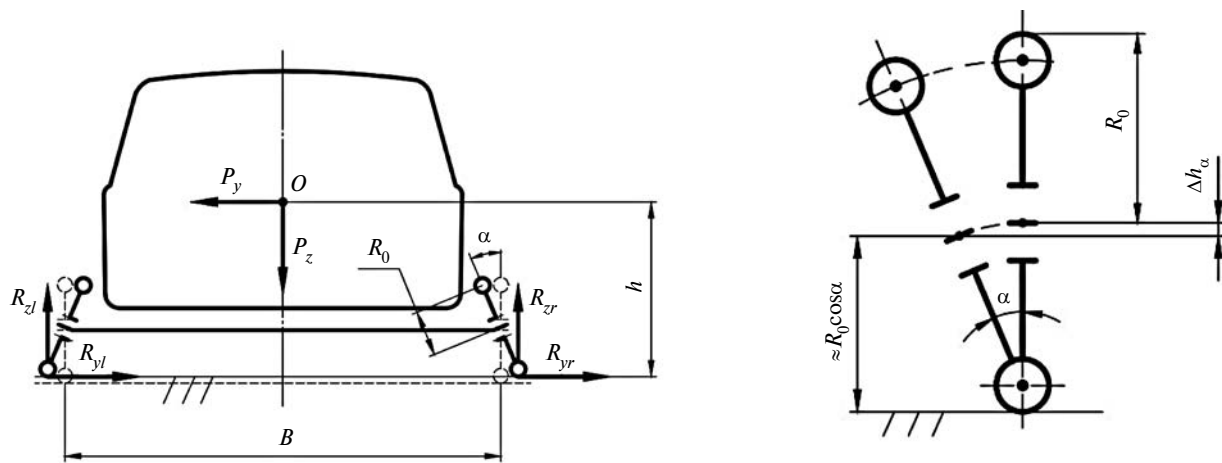


Рис. 3. Расчётная схема для оценки склонности автомобиля с наклонёнными колёсами к поперечному опрокидыванию

$P_y$  — боковая сила;  $R_{zr}$  — нормальная реакция на правое колесо. При начале отрыва колеса  $R_{zr} = 0$ . Тогда  $P_y(h - \Delta h_\alpha) = P_z(B/2 + R_0 \sin \alpha)$ .

Отношение боковой силы к нормальной нагрузке, при котором начинается боковое опрокидывание автомобиля с колёсами, наклонёнными на угол  $\alpha$ , определится как

$$\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{\text{til} \alpha \neq 0} = \frac{\frac{B}{2} + R_0 \sin \alpha}{h - R_0(1 - \cos \alpha)}$$

При  $\alpha = 0$  боковое опрокидывание начинается при

$$\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{\text{til} \alpha = 0} \approx \frac{B}{2h}$$

без учёта конструктивных особенностей направляющих элементов подвески. То есть чем шире автомобиль, тем он устойчивее. Чем ниже центр масс автомобиля, тем он устойчивее.

Обозначим через  $K_{\text{atil}}$  удельное отношение боковой силы к нормальной нагрузке по критерию начала бокового опрокидывания автомобиля с наклонёнными колёсами:

$$K_{\text{atil}} = \frac{\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{\text{til} \alpha \neq 0}}{\left(\frac{P_y}{P_z}\right)_{\text{til} \alpha = 0}} = \frac{\frac{B}{2} + R_0 \sin \alpha}{h - R_0(1 - \cos \alpha)} \frac{2h}{B} = \frac{h \left(1 + \frac{2R_0}{B} \sin \alpha\right)}{h - R_0(1 - \cos \alpha)} = \frac{1 + \frac{2R_0}{B} \sin \alpha}{1 - \frac{R_0}{h}(1 - \cos \alpha)}$$

Поскольку у автомобилей между минимальными и максимальными значениями свободных радиусов колёс и высоты центра масс нет однозначного соответствия, то в табл. 1 приведены рассчитанные отношения  $R_0/h$  для некоторых легковых автомобилей. Требуемые для расчёта геометрические параметры легковых автомобилей приведены в табл. 2.

В полученных выражениях учтено изменение высоты центра масс при наклоне колёс  $\Delta h_\alpha$ , но не учтено изменение высоты центра масс при крене, связанное с кинематикой подвески  $\Delta h_N$  (расположение центра

крена  $N$ ). Эту величину следует рассчитывать в динамике. При максимальной деформации подвески в процессе крена  $\Delta h_N = 0$ . На рис. 4 показано расположение центра крена подвески разной кинематики.

Результаты расчёта коэффициента  $K_{\text{atil}}$  для разных углов внутреннего наклона колёс  $\alpha$  представлены на рис. 5. Как видим, при внутреннем наклоне колёс легковой автомобиль становится более устойчивым к поперечному (боковому) опрокидыванию. При  $\alpha = 5^\circ$  он становится более устойчивым к поперечному опрокидыванию приблизительно на 3...3,5 %. На этот

Таблица 1

Автомобиль	Свободный радиус колеса $R_0$ , м	Высота центра масс $h$ , м	Отношение $R_0/h$
"Дэу Матиз"	0,22	0,4	0,55
"Форд Фокус"	0,308	0,526	0,58
"Джип Чероки"	0,37	0,768	0,48
"Саньён Кайрон"	0,37	0,669	0,55
"Мицубиси Аутлендер"	0,35	0,621	0,56
"Мицубиси Паджеро Спорт"	0,37	0,643	0,57
"Ниссан Икс-Трейл"	0,34	0,73	0,47
"Лендровер Дефендер"	0,4	0,802	0,5

Таблица 2

Геометрический параметр автомобиля	Обозначение	Минимальное значение, м	Максимальное значение
Колея	$B$	1,3	1,65
Высота центра масс	$h$	0,4	0,8
Свободный радиус колеса	$R_0$	0,22	0,4
Отношение свободного радиуса колеса к колее автомобиля	$R_0/B$	0,17	0,21
Отношение свободного радиуса колеса к высоте центра масс автомобиля	$R_0/h$	0,5	0,58

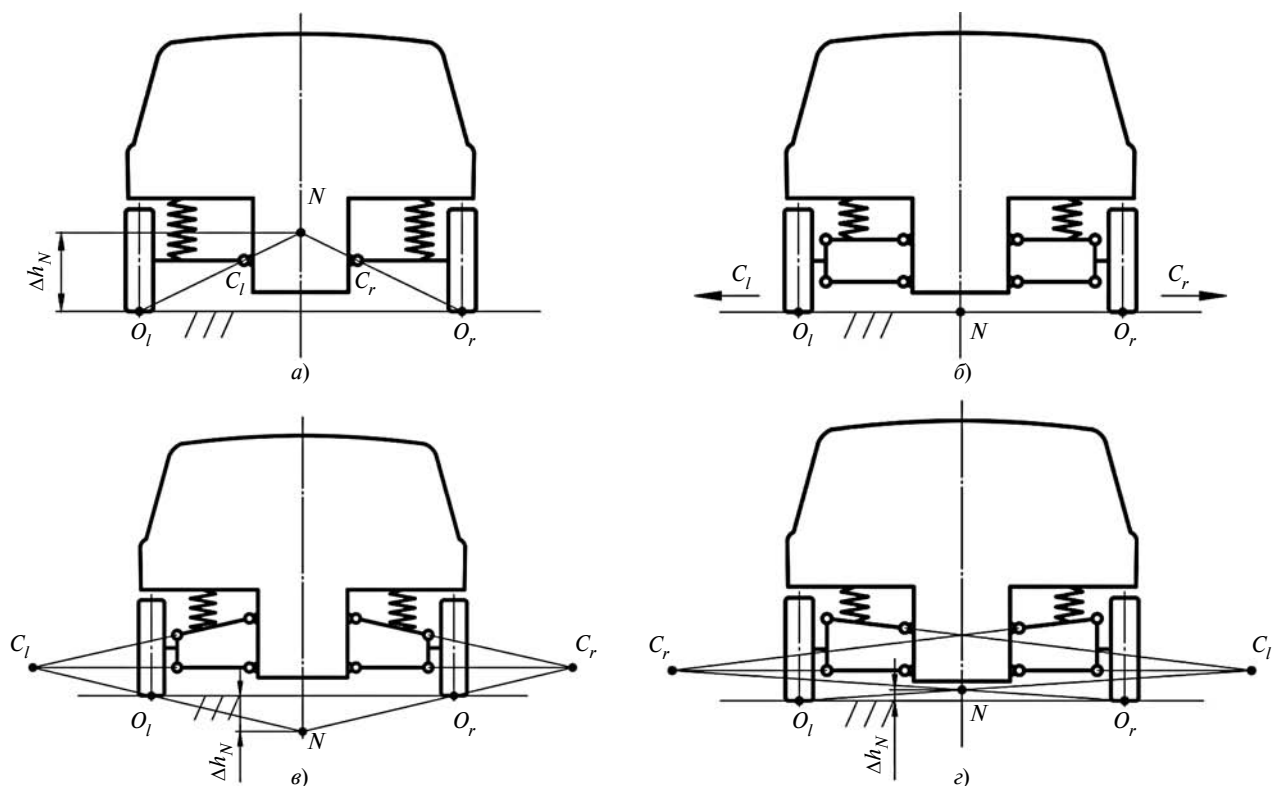


Рис. 4. Положение центра крена подвески:

а — однорычажной; б — двухрычажной с симметричными рычагами; в, г — двухрычажной с несимметричными рычагами

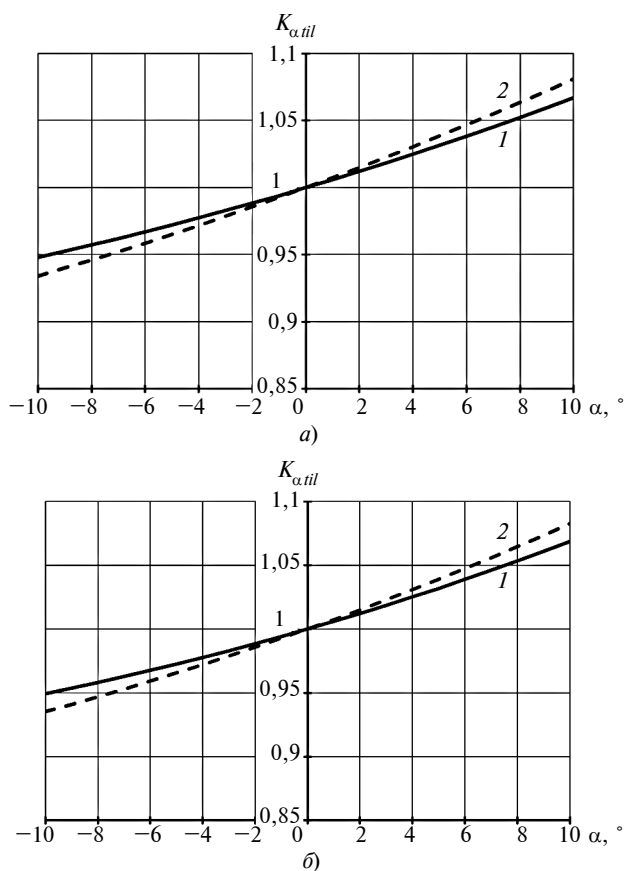


Рис. 5. Результаты расчёта коэффициента  $K_{\alpha, \text{til}}$ :

а —  $R_0/h = 0,5$ ; б —  $R_0/h = 0,58$ ; 1 —  $R_0/B = 0,17$ ; 2 —  $R_0/B = 0,21$

процесс практически не оказывают влияния существующие значения отношения  $R_0/h$ . Отношение  $R_0/B$  влияет на склонность автомобиля с наклонёнными колёсами к поперечному опрокидыванию не более 1 % при  $\alpha = 5^\circ$ . Можно считать, что свободный радиус колеса практически не влияет на склонность автомобиля с наклонёнными колёсами к поперечному опрокидыванию.

Влияние наклонной установки колёс на оценочные параметры устойчивости движения требует дополнительных исследований.

Таким образом, при внутреннем наклоне колёс легковой автомобиль становится более устойчивым к поперечному (боковому) скольжению. При значении угла наклона  $5^\circ$  — приблизительно на 10 %. При этом колёса с большим свободным радиусом предпочтительнее.

Более устойчивым при внутреннем наклоне колёс автомобиль становится и к поперечному (боковому) опрокидыванию. При значении угла наклона  $5^\circ$  — приблизительно на 3...3,5 %. На этот процесс практически не оказывает влияния значение отношения свободного радиуса к высоте центра масс. Отношение свободного радиуса к колею влияет на склонность автомобиля с наклонёнными колёсами к поперечному опрокидыванию не более 1 %. Можно считать, что свободный радиус колеса практически не влияет на склонность автомобиля с наклонёнными колёсами к поперечному опрокидыванию.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00011.



## Литература

1. Балабин И.В. Автомобильные и тракторные колёса и шины / И.В. Балабин, В.А. Путин, И.С. Чабунин. — МГТУ "МАМИ", 2012. — 920 с.
2. Балабин И.В. Колесо: истоки и генезис развития в доавтомобильный период // Автомобильная промышленность. — 2014. — № 11. — С. 37—39.
3. Балабин И.В. Повышение устойчивости мобильной машины путём применения отрицательного развала колёс / И.В. Балабин, И.С. Чабунин // Автомобильная промышленность. — 2020. — № 7. — С. 8—9.
4. Балабин И.В. Углы установки управляемых колёс и их количественное влияние на сопротивление движению автомобиля // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 9. — С. 21—24.
5. Балакина Е.В. Изменение углов конструктивного наклона колеса при движении легкового автомобиля / Е.В. Балакина, Ю.Н. Козлов, А.Н. Годорев // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 12. — С. 16—19.
6. Балакина Е.В. Наклон колеса в поперечной вертикальной плоскости и его влияние на увод автомобиля / Е.В. Балакина, Ю.Н. Козлов // Автомобильная промышленность. — 2012. — № 8. — С. 15—19.
7. Задворнов В.Н. Влияние параметров установки колёс на износ шин в задней независимой подвеске легкового автомобиля. ГУП НИЦИАМТ. Дис. ... канд. техн. наук. — М., 2000.
8. Козлов Ю.Н. Влияние углов установки задних колёс на управляемость легкового автомобиля. Дис. ... канд. техн. наук. — М., 2011.
9. Козлов Ю.Н. Исследование изменения углов установки колёс передней и задней оси легкового автомобиля при вертикальном перемещении / Ю.Н. Козлов, Э.Н. Никульников, Е.В. Балакина // Изв. ВолгГТУ. Серия "Наземные транспортные системы". Вып. 3: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — Волгоград, 2010. — № 10. — С. 13—17.
10. Отрицательный развал задних колёс и управляемость легкового автомобиля / Н.Н. Яценко, Э.Н. Никульников, Е.В. Балакина, Ю.Н. Козлов // Автомобильная промышленность. — 2008. — № 10. — С. 22—23.
11. Петрушов В.А. Автомобили и автопоезда: Новые технологии исследования сопротивлений качения и воздуха. — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2008. — 352 с.
12. РД 37.052.346—2007. Автотранспортные средства. Методы исследования влияния наклона задних колёс на управляемость и устойчивость легкового автомобиля: принят и введён в действие 10.12.2007 / В.И. Котляренко, А.П. Гусаров, А.А. Барашков, Э.Н. Никульников, М.Б. Сыропатов, Е.Б. Сперанский, Ю.Н. Козлов, А.А. Ревин, Е.В. Балакина; Федеральное гос. унитар. предприятие "Науч.-исслед. центр по испытаниям и доводке автотехники". — Дмитров: ФГУП НИЦИАМТ, 2007. — 11 с.
13. Pacejka H.V. Tire and Vehicle Dynamics. Published by Elsevier Ltd, USA, 2012. 672 p.
14. Reza N. Jazar Vehicle Dynamics: Theory and Application. Springer Science + Business Media, LLC, 2008, 1015 p.
15. Viehweger M., Vaseur C., van Aalst S., Acosta M., Regolin E., Alatorre A., Ivanov V., Victorino A. (2020). Vehicle state and tyre force estimation: demonstrations and guidelines. Vehicle System Dynamics, 1—28. Doi:10.1080/00423114.2020.1714672

УДК 629.33

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ КРЫЛА ГОНОЧНОГО АВТОМОБИЛЯ МЕТОДОМ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА

КОРОБКО Д.Д., д-р техн. наук МИКАЕВА С.А.  
РТУ "МИРЭА"

*Рассмотрены некоторые методы параметризации формы профиля крыла и методы его оптимизации. Описана оптимизация методом градиентного спуска профиля крыла серии NACA с расчётом аэродинамических характеристик панельным методом. Представлены результаты одноточечной и многоточечной оптимизации профиля.*

**Ключевые слова:** оптимизация, гоночный автомобиль, аэродинамический профиль, крыло, панельный метод, аэродинамические характеристики.

Korobko D.D., Mikaeva S.A.  
AIRFOIL OPTIMIZATION OF A RACECAR WING  
USING A GRADIENT DESCENT METHOD

*In this paper, some methods of airfoil parameterization and methods of airfoil optimization are considered. Gradient descent optimization of NACA series airfoil with panel method aerodynamic characteristics calculation is described. Results of a single-point and multi-point airfoil optimization are shown.*

**Keywords:** optimization, racecar, airfoil, wing, panel method, aerodynamic characteristics.

В последние десятилетия автомобильный спорт внёс весомый вклад в развитие новых технологий в различных областях — от инженерии до менеджмента. Все эти технологии влияют на результат соревнований, но на улучшение тягово-скоростных характеристик гоночного автомобиля в наибольшей степени влияет изменение аэродинамики [1, 2]. Из-за высокой конкуренции необходимо постоянно улучшать аэродинамические характеристики, поэтому аэродинамические

элементы становятся всё сложнее и поиск оптимальной формы затруднён, особенно при учёте необходимости внесения изменений под различные виды трасс. Программное обеспечение, которое сочетает в себе возможности проектирования, анализа и оптимизации аэродинамических профилей, позволит упростить решение возникающих проблем.

Работа над таким программным обеспечением ведётся не только в автоспорте, но и в авиации [3, 4]. На данный момент существует большой каталог аэродинамических профилей для крыла самолёта. Использование таких профилей в автоспорте возможно, но не является оптимальным решением по некоторым причинам. Крыло самолёта должно удовлетворять определённым требованиям по создаваемому моменту, иметь низкие значения сопротивления для обеспечения заданной топливной эффективности и, соответственно, относительно небольшое значение коэффициента подъёмной силы, которое увеличивается за счёт механизации крыла для режимов взлёта и посадки. При этом ограничение по габаритам крыла исходит из обеспечения необходимых характеристик по жёсткости и прочности. Также должна быть обеспечена устойчивость характеристик профиля в большом диапазоне скоростей и углов атаки [3].

В автоспорте крыло необходимо для создания прижимной силы вместо подъёмной (антикрыло). Это нужно для увеличения нормальной силы на колёсах автомобиля и, как следствие, повышения скорости прохождения поворота. Для каждой гоночной трассы на основе компьютерного моделирования подбирается наилучшее соотношение прижимной силы и силы сопротивления, действующих на автомобиль. Но значение коэффициента прижимной силы чаще имеет больший приоритет.

В большей части гоночных серий регламент соревнований ограничивает максимальные габаритные размеры крыльев, а также запрещает подвижные аэродинамические элементы. Это означает, что изменение угла атаки крыла зависит только от изменения продольного угла наклона автомобиля, что уменьшает соответствующий диапазон по сравнению с крылом самолёта. Как следствие, крыло состоит из нескольких элементов по аналогии с механизацией крыла самолёта, но закреплённых неподвижно. Поэтому закрылки можно проектировать как самостоятельный элемент, а не как часть основного профиля (в случае крыла самолёта). В зависимости от различных условий во время соревнований автомобилю требуется более тонкая настройка аэродинамического баланса, для этого обычно предусмотрена регулировка угла атаки всего крыла либо его отдельных элементов. Эти конфигурации также должны быть рассмотрены при проектировании. На профиль крыла гоночного автомобиля не накладывают ограничение по создаваемому моменту, поскольку это никак не влияет на устойчивость и управляемость автомобиля и при этом позволяет изменить распределение давления для увеличения прижимной силы [5].

Расчёт аэродинамики транспортных средств является ресурсозатратным процессом. Выполнение одного расчёта может занимать от нескольких часов до нескольких дней. Соответственно, для достижения необходимых аэродинамических характеристик необходимо совершить несколько таких расчётов, на что уходят недели, а иногда месяцы. Поэтому актуальным является развитие методов оптимизации аэродинамики на этапе концептуального моделирования. На данном этапе используются более простые методы расчёта, которые рассчитывают ограниченный диапазон воздушных потоков, но с достаточной для этого этапа точностью в течение нескольких секунд и позволяют начать моделирование методами вычислительной гидродинамики с моделью, приближённой к оптимальной. В данной работе рассматривалась возможность оптимизации профиля крыла методом градиентного спуска, при этом характеристики профиля рассчитывались панельным методом с моделированием пограничного слоя. Для оценки эффективности метода рассматривались задачи максимизации коэффициента подъёмной силы ( $C_l$ ) профиля и максимизации аэродинамического качества ( $LD$ ) — отношения коэффициентов подъёмной силы и силы сопротивления профиля. Работа по оптимизации профиля крыла на этапе концептуального моделирования гоночного автомобиля была выполнена на кафедре электроники Физико-технологического института РТУ МИРЭА.

Алгоритм включает три этапа: построение геометрии профиля, расчёт аэродинамических характеристик профиля и оптимизацию профиля.

Существует несколько способов задания геометрии профилей. Профили серий *NACA* созданы путём совмещения средней линии с распределением толщины профиля [6]. Уравнения средней линии и распределения толщины профиля выведены на основе анализа экспериментальных исследований различных профи-

лей и затем доработаны с использованием теории пограничного слоя. На основе этих профилей можно создать серии профилей для гоночных автомобилей путём изменения вогнутости профиля и толщины, а также изменения уравнений с целью изменения формы восстановления давления в задней части профиля, что приведёт к увеличению прижимной силы и побочному увеличению момента [5].

Конформное отображение лежит в основе создания профилей Жуковского, а также в методах Эпплера и Селига [7, 8]. При этом с помощью преобразования комплексной плоскости происходит отображение окружности на замкнутую кривую, которая может являться профилем крыла. Изменение формы профиля происходит за счёт смещения координат центра окружности и изменения её радиуса. Эпплер и Селиг предложили разделение окружности на несколько отрезков и задание определённого распределения скорости на каждом отрезке.

В последние годы популярным способом задания формы профиля стал метод *PARSEC* [9], который обычно используется вместе с одним из методов оптимизации. Геометрия профиля задаётся с помощью 11 параметров: радиус передней кромки, расположение наиболее удалённых точек на верхней и нижней кривой и кривизна в этих точках, координата задней кромки, её толщина, направление и угол на задней кромке. В данной работе использовался метод серии "*NACA 4-digit modified*". Форма профиля образуется в результате сложения распределений толщины и вогнутости профиля по его хорде, которые заданы в виде полиномов.

Изменение формы осуществляется выбором коэффициентов полинома с помощью четырёх параметров, выраженных в сотых долях хорды профиля:  $t$  — толщина профиля;  $x_t$  — координата  $X$  максимальной толщины;  $c$  — вогнутость;  $x_c$  — координата  $X$  максимальной вогнутости.

Этот метод обеспечивает широкий диапазон возможных форм профиля, при этом количество параметров позволяет проводить быструю оптимизацию для получения профиля с характеристиками, близкими к необходимым.

На этапе построения профиля сначала задаётся число панелей. Панели — это отрезки, на которые делится контур профиля. Они необходимы для расчёта аэродинамических характеристик. От числа панелей зависит точность и стабильность работы программы расчёта аэродинамических характеристик профиля. При недостаточном количестве панелей в областях большой кривизны профиля увеличиваются углы между панелями, что создаёт большие градиенты давления и провоцирует ранний переход ламинарного течения в турбулентный или отрыв потока. При избыточном количестве панелей могут возникать волнообразные участки, которые также будут способствовать ухудшению сходимости расчёта и неправильному определению характеристик пограничного слоя.

Расчётный модуль для определения аэродинамических характеристик выполнен с помощью открытого программного обеспечения *XFOIL* [10, 11], который

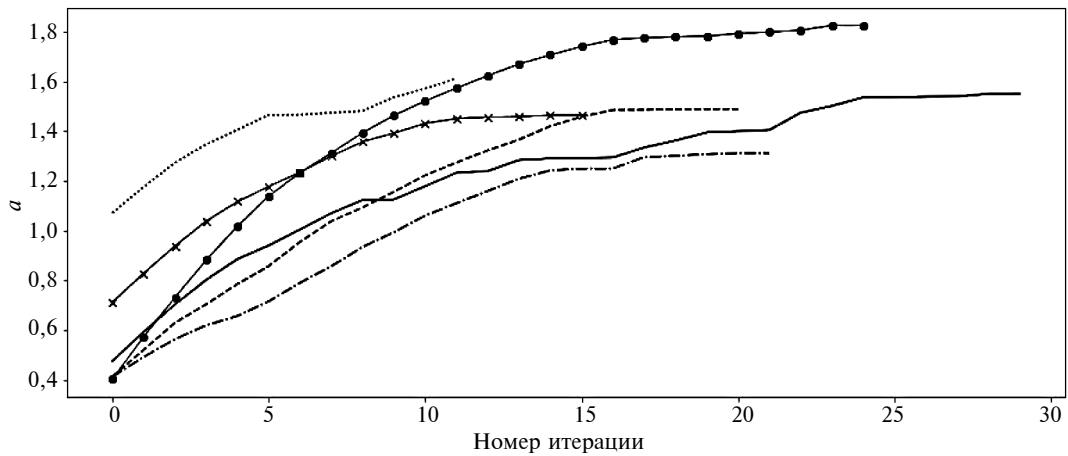


Рис. 1. Пример изменения целевой функции в первом эксперименте для различных начальных точек

осуществляет расчёт вязко-невязкого взаимодействия. С помощью панельного метода рассчитывается обтекание невязким потоком, после этого рассчитывается пограничный слой интегральным методом. Точность такого метода при решении подобных задач близка к точности средств вычислительной гидродинамики [5]. Однако его использование накладывает ограничения на расчёт форм с большими зонами отрыва потока, что необходимо учитывать при составлении алгоритма оптимизации.

Оптимизация осуществлялась методом градиентного спуска [12, 13], который состоит из следующих этапов:

1. Выбор начальных значений переменных.
2. Вычисление новых значений переменных на основании градиента функции:

$$x_1 = x_1 - \alpha \frac{\partial f}{\partial x_1}, \dots, x_n = x_n - \alpha \frac{\partial f}{\partial x_n}.$$

3. Завершение оптимизации при малом изменении целевой функции между итерациями или при достижении заданного максимального количества шагов.

Метод градиентного спуска предназначен для решения задач минимизации, но в ходе экспериментальной работы проводилась оптимизация с целью максимизации аэродинамических характеристик профиля. Это было реализовано с помощью перехода к отрицательным значениям коэффициентов, т.е. от  $Cl$  к  $-Cl$  и от  $LD$  к  $-LD$ . Также это обусловлено практикой применения в автоспорте отрицательного значения коэффициента подъёмной силы автомобиля. Однако далее в статье будут указываться положительные аэродинамические коэффициенты профиля.

Для решения поставленной задачи в начале работы алгоритма исходные значения искомых коэффициентов выбираются случайным образом в заданных пределах: толщина профиля — 0,05...0,30; координата  $X$  максимальной толщины — 0,10...0,50; вогнутость — 0,01...0,10; координата  $X$  максимальной вогнутости — 0,10...0,50. Эти пределы необходимы для обеспечения наличия решения в программе *XFOIL*.

**Максимизация коэффициента подъёмной силы профиля для одного угла атаки.** При выполнении оптими-

зации целевой функцией являлся коэффициент подъёмной силы профиля. Было задано максимальное число шагов и минимальное изменение целевой функции для остановки работы алгоритма, а также шаг сходимости, который был выбран экспериментально.

Итоговые параметры оптимизации: целевая функция:  $f = Cl_{\alpha = \text{const}}$ ; максимальное число шагов — 100; минимальное изменение целевой функции — 0,0001; шаг сходимости — 0,001. Это значение шага сходимости обеспечивало необходимую стабильность работы алгоритма оптимизации при наилучшей скорости решения.

Проведение оптимизации показало способность алгоритма быстро находить локальный минимум функции (рис. 1). Также результатом является изменённый диапазон параметров профиля (рис. 2), который можно использовать для проведения последующей оптимизации. В данном эксперименте оптимизация выполнялась для различных углов атаки, при этом не-

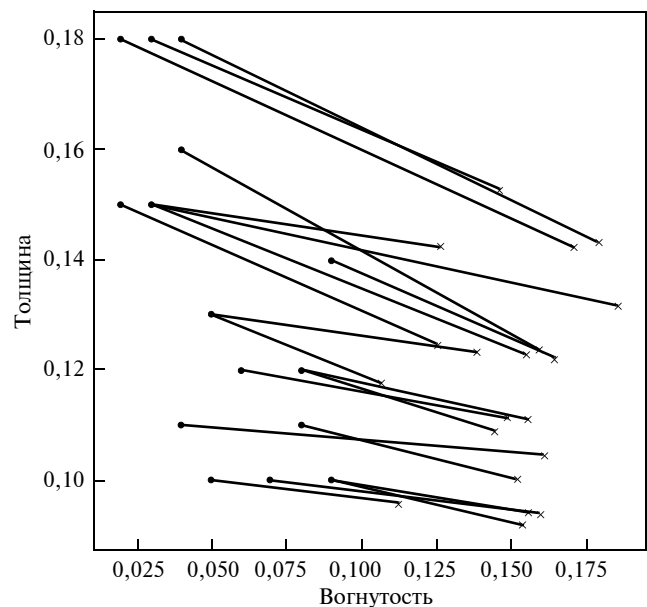


Рис. 2. Разброс параметров толщины и вогнутости профиля для начальных точек "●" и конечных точек "×" в первом эксперименте

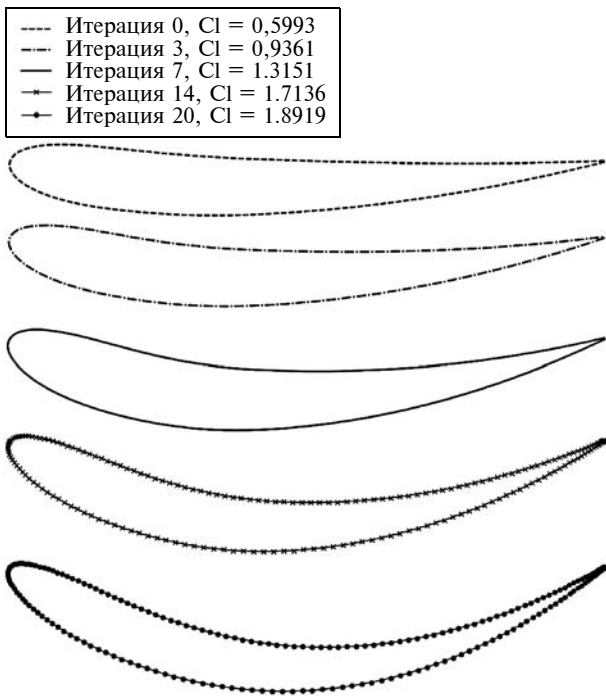


Рис. 3. Изменение формы профиля в течение работы алгоритма

обходимо отметить, что при оптимизации профилей для более высоких значений углов атаки возникали проблемы с нахождением локального минимума, поскольку чаще попадались профили с большими зонами отрыва потока, которые не входят в спектр решаемых задач программой "Xfoil". Однако за счёт увеличения количества стартовых точек удалось получить различные профили с высоким значением прижимной силы, например, до 1,9 при угле атаки  $0^\circ$ , до 2,4 при угле атаки  $15^\circ$ . Изменение формы профиля в течение работы алгоритма показано на рис. 3.

Необходимо отметить, что полученные профили имеют высокий коэффициент прижимной силы в ограниченном диапазоне углов атаки и не всегда имеют

оптимальное аэродинамическое качество из-за присутствия зон с отрывом потока. Это ограничивает их практическое применение, но они могут использоваться как стартовые точки при использовании других методов оптимизации, что подтверждает применимость предложенного метода для решения задач концептуального моделирования. Исходя из описанных проблем можно предположить, что при переходе к многоточечной оптимизации в результате работы алгоритма получатся профили с характеристиками, более приближенными к эксплуатационным.

**Многоточечная максимизация коэффициента подъёмной силы профиля.** Целью многоточечной максимизации является поиск профиля с наилучшими характеристиками в заданном диапазоне углов атаки. При этом целевая функция задаётся в виде  $f = w_1 f_1 + \dots + w_n f_n$ , где  $w_1, \dots, w_n$  — веса для значения функции при каждом угле атаки. С помощью весов можно задавать приоритет части точек для оптимизации. Диапазон углов атаки крыла гоночного автомобиля меньше диапазона крыла самолёта, поскольку ограничен ходом подвески автомобиля. В некоторых случаях диапазон углов атаки заднего крыла также уменьшается за счёт расположенных перед ним дополнительных направляющих элементов или элементов кузова, например, заднего стекла автомобиля.

В данном случае в равной степени учитывалось влияние искомым коэффициентов при разных углах атаки, и целевая функция записывалась следующим образом:

$$f = \frac{1}{3} Cl_{\alpha = -2^\circ} + \frac{1}{3} Cl_{\alpha = 0^\circ} + \frac{1}{3} Cl_{\alpha = 2^\circ}.$$

Шаг сходимости равнялся 0,001. Как и в первом случае, проведение оптимизации показало в некоторых случаях более медленную сходимость алгоритма с нахождением локального минимума функции (рис. 4). Полученные профили имеют меньшее максимальное значение коэффициента подъёмной силы, но, как и планировалось, обладают более стабильными характеристиками в диапазоне углов атаки. Диапазон пара-

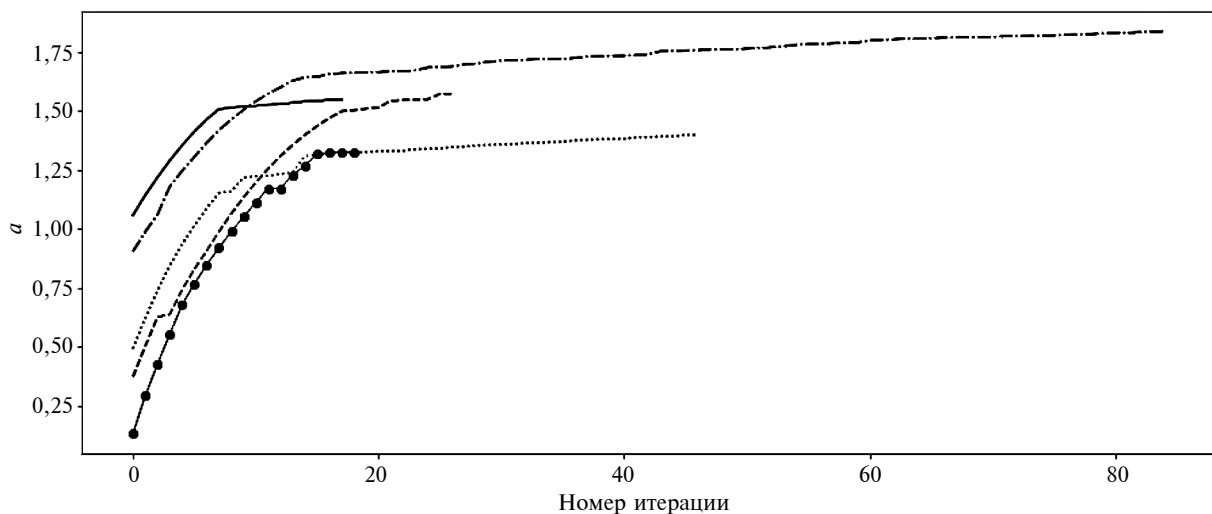


Рис. 4. Пример изменения целевой функции во втором эксперименте для различных начальных точек

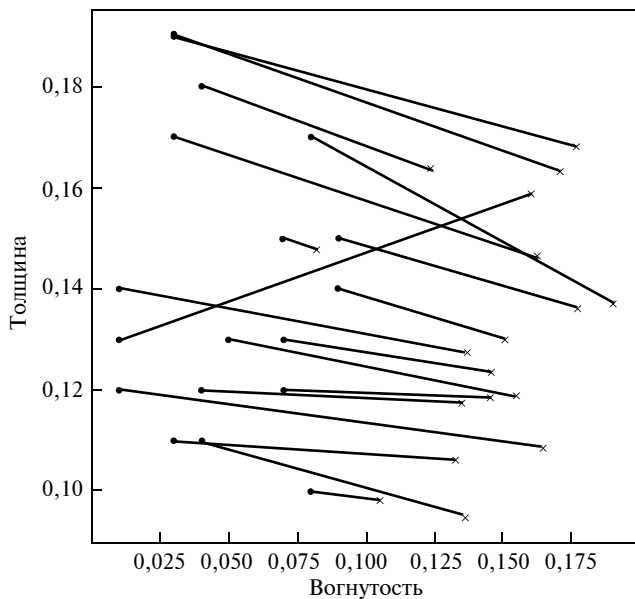


Рис. 5. Разброс параметров толщины и вогнутости профиля для начальных точек "●" и конечных точек "×" во втором эксперименте

метров профиля для последующей оптимизации совпадает с результатами первого эксперимента (рис. 5).

**Многоточечная максимизация аэродинамического качества.** В зависимости от типа автоспортивных соревнований и характеристик трассы выбирается наилучшее соотношение между коэффициентами прижимной силы и силой сопротивления автомобиля. Поэтому при подготовке к соревнованиям необходимо обладать информацией не только о профилях с максимальной прижимной силой, но и о профилях с наилучшим аэродинамическим качеством. Оптимизацию с такой целевой функцией также необходимо проводить по нескольким углам атаки. Таким образом, целевая функция в данном эксперименте была задана в виде:

$$f = \frac{1}{3} \frac{Cl}{Cd_{\alpha=-2^\circ}} + \frac{1}{3} \frac{Cl}{Cd_{\alpha=0^\circ}} + \frac{1}{3} \frac{Cl}{Cd_{\alpha=2^\circ}}$$

Шаг сходимости равнялся 0,000015. В данном случае проведение оптимизации показало менее быструю сходимость алгоритма, но поставленная задача была

успешно решена (рис. 6). Была значительно сужена область дальнейшего поиска параметров оптимального профиля (рис. 7). Наилучшие профили обладают достаточно высоким коэффициентом подъёмной силы (около 1,5 при угле атаки  $0^\circ$ ), при этом значительно уменьшена зона отрыва потока и увеличен диапазон углов атаки. Такие профили наиболее приближены к профилям крыльев, которые могут применяться на гоночных автомобилях.

В данном эксперименте сходимость была затруднена по нескольким причинам. Значение аэродинамического качества оказалось более чувствительным к изменениям параметров профиля, это вызвало увеличение рассчитываемых градиентов и более частый выход профилей за пределы применимости расчётной программы Xfoil, что и потребовало существенного снижения шага сходимости. В ходе предварительных расчётов с целью определения оптимального шага сходимости было отмечено, что в некоторых случаях, когда форма профилей в течение работы алгоритма оставалась допустимой для программы Xfoil, сходимость была аналогична первым двум экспериментам. Исходя из этого можно предположить, что в данном случае необходимо исследовать возможность использования данного алгоритма оптимизации со средствами вычислительной гидродинамики. При некотором увеличении времени расчёта аэродинамических характеристик профиля возможно улучшение сходимости и суммарное время расчёта может остаться на том же уровне.

Как показывают представленные выше результаты применения для оптимизации аэродинамического профиля метода градиентного спуска с расчётом аэродинамических характеристик панельным методом для нескольких целевых функций, данный метод обладает хорошей сходимостью при решении различных задач, и значительно сужает область дальнейшего поиска оптимального профиля, т.е. успешно выполняет одну из задач концептуального моделирования. В случаях ухудшения сходимости и ранней остановки причиной являлись ограничения расчётного модуля, которых, возможно, удастся избежать при переходе на расчёт методами вычислительной гидродинамики. Это является

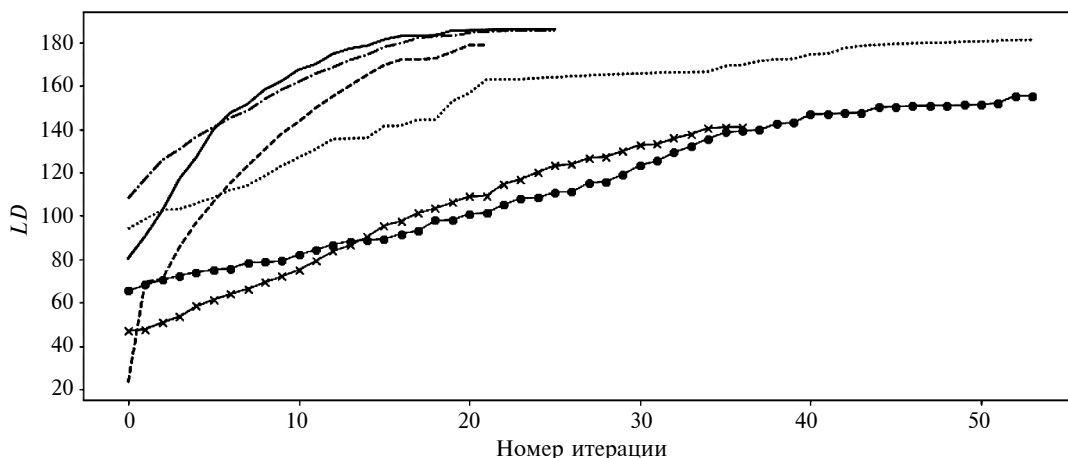


Рис. 6. Пример изменения целевой функции в третьем эксперименте для различных начальных точек

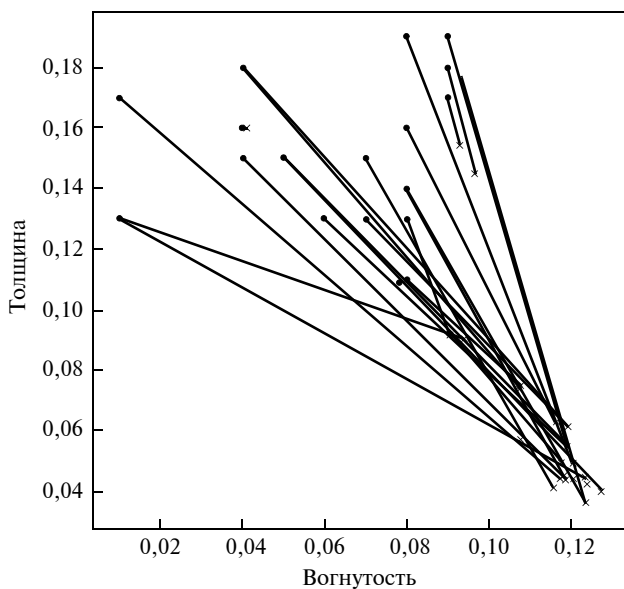


Рис. 7. Разброс параметров толщины и вогнутости профиля для начальных точек "•" и конечных точек "×" в третьем эксперименте

одним из возможных направлений дальнейших исследований.

Целесообразно рассмотреть использование этого метода с другими целевыми функциями и методами параметризации аэродинамического профиля, а так-

же исследовать возможности алгоритма для решения иных задач инженерной оптимизации.

#### Литература

1. Katz J. Race car aerodynamics: designing for speed. — Bentley Publishers, 1995. — 279 p.
2. McBeath S. Competition Car Aerodynamics, 3rd Edition. — Veloce Publishing, 2017. — 320 p.
3. Пархаев Е.С., Семенчиков Н.В. Некоторые вопросы оптимизации профиля крыла малоразмерного беспилотного летательного аппарата // Труды МАИ. — 2015. — № 80 — 20 с.
4. Печеник Е.В. Оптимизация несущего аэродинамического профиля методом сопряжённого градиента // Вестник СГАУ. — 2011. — № 2.
5. Sriram P., Gopalarathnam A., Misenheimer A. High-Downforce Airfoil Design for Motorsports // SAE Int. J. Mater. Manf. — 2012. — 5(2). — P. 478—489.
6. Fundamentals of Aerodynamics. John D. Anderson, Jr., 5th ed., McGraw—Hill, New York, 2010, 1106 p.
7. Eppler R. Airfoil Design and Data. — Springer-Verlag, Berlin, 1990. — 568 p.
8. Selig M.S., Maughmer M.D. Multipoint inverse airfoil design method based on conformal mapping. // AIAA journal. — 1992. — 30(5). — P. 1162—1170.
9. Sobieczky H. Parametric Airfoils and Wings // Notes on Numerical Fluid Mechanics. — 1998. — P. 71—88.
10. Drela M. XFOIL: An Analysis and Design System for Low Reynolds Number Airfoils // Low Reynolds Number Aerodynamics. Lecture Notes in Engineering. Vol. 54. Springer, Berlin, Heidelberg. — P. 1—12.
11. Katz J., Plotkin A. Low Speed Aerodynamics, Second Edition — Cambridge University Press, 2001. — 629 p.
12. Нестеров Ю.Е. Введение в выпуклую оптимизацию. — М.: МЦНМО, 2010. — 262 с.
13. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. — М.: Наука, 1983. — 384 с.

УДК 629.3.06

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПРЕДУСКОВОЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ

Канд. техн. наук **ПАВЛОВ А.А.**, **ВАТАГИН А.А.**,  
**ЛЕБЕДЕВ Д.В.**, д-р техн. наук **ЛЕБЕДЕВ А.Е.**  
Ярославский ГТУ  
(pavlova@ystu.ru)

*Рассматриваются проблемы работы двигателей внутреннего сгорания в условиях низких температур, а также существующие методы решения данной проблемы. Приведён пример устройства для предпускового подогрева и проанализированы недостатки конструкции. Сделаны предложения по сокращению влияния данных недостатков устройств предпускового подогрева и предложена новая конструкция.*

**Ключевые слова:** автомобиль, транспортное средство, условия низких температур, двигатель, предпусковой обогрев.

**Pavlov A.A., Vatagin A.A., Lebedev D.V., Lebedev E.A.**  
**AUTOMOTIVE PREHEATER**

*The article deals with the problems of operation of internal combustion engines at low temperatures, as well as existing methods for solving this problem. An example of a device for preheating is given and design flaws are analyzed. Proposals are made to reduce the impact of these disadvantages of preheating devices and a new design is proposed.*

**Keywords:** car, vehicle, low temperature conditions, engine, pre-start heating.

В климатических условиях, где температура окружающего воздуха может опускаться до значительных

отрицательных температур, в пределах от  $-15$  до  $-60$  °С, необходимо выполнять ряд подготовительных мер для стабильного и уверенного запуска двигателя, так как при таких температурах вязкость масла увеличивается и при пуске двигатель работает в более жёстких режимах, что может также негативно сказываться на его ресурсе. Для выполнения этой функции, а также функции по обогреву салона до запуска двигателя на рынке существует ряд приспособлений, предназначенных для автономного обогрева. Они представляют собой жидкостные подогреватели-отопители. Наиболее распространённые устройства в настоящее время — это предпусковые подогреватели фирмы "Вебасто".

Автономные жидкостные отопители достаточно давно и успешно используются на транспорте, однако при своих оценённых достоинствах имеют существенный недостаток, а именно повышенное энергопотребление от аккумуляторной батареи, вследствие чего они склонны к быстрому разряду.

Авторами предлагается новое устройство для предпускового подогрева с рядом улучшений, как по качеству работы автомобильного предпускового обогревателя, так и снижению влияния существующих недостатков подобных систем. Особенностью предлагаемой конструкции является возможность использовать часть энергии для самозапитывания. Схема автотранспортной климатической установки для подогрева и отопления представлена на рисунке.

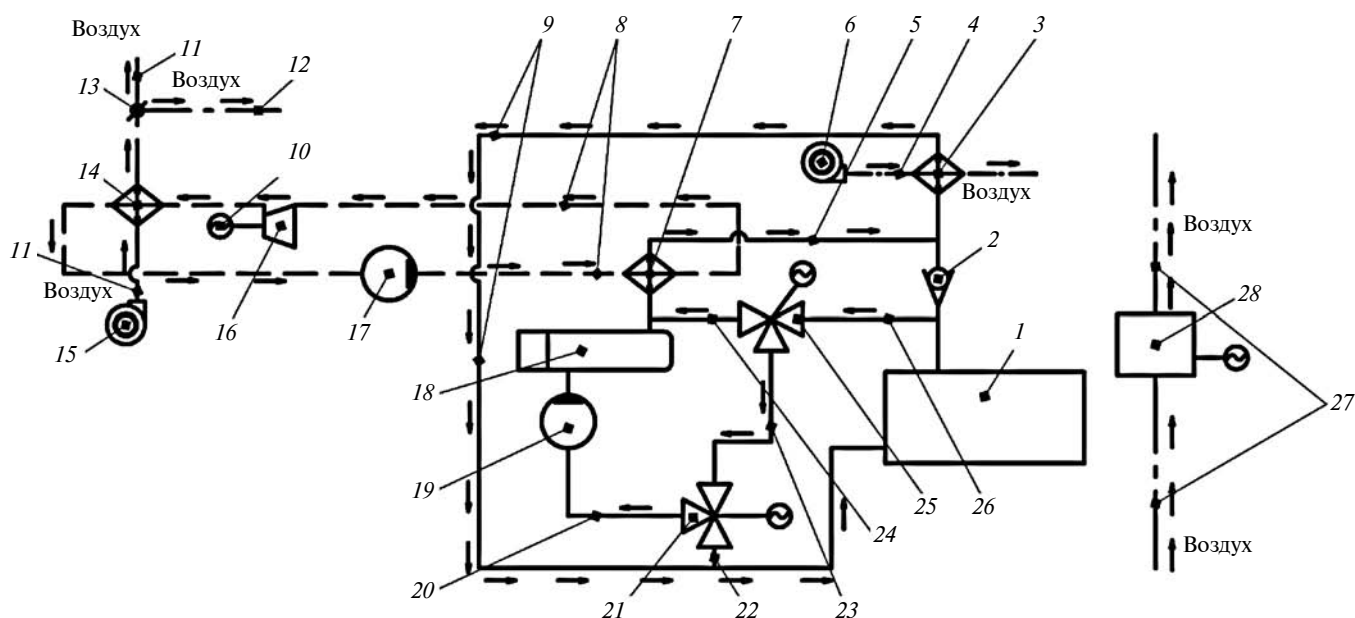


Схема автотранспортной климатической установки:

1 — двигатель; 2 — обратный клапан; 3 — теплообменник отопителя салона; 4 — воздуховод теплообменника отопителя салона; 5, 9, 20, 22, 23, 24, 26 — гидролинии; 6 — воздушный вентилятор теплообменника отопителя салона; 7 — испаритель; 8 — трубопроводы органического теплоносителя; 10 — электрогенератор; 11 — воздуховод конденсатора; 12 — воздуховод, подводящий воздух от конденсатора в салон; 13 — заслонка воздуха; 14 — конденсатор; 15 — воздушный вентилятор конденсатора; 16 — расширительная машина; 17 — питающий насос с электроприводом; 18 — автономный жидкостный подогреватель-отопитель; 19 — циркуляционный насос охлаждающей жидкости с электроприводом; 21, 25 — трёхходовой кран с электроуправлением; 27 — воздуховод кондиционера; 28 — кондиционер

Все существующие двигатели оборудованы системой охлаждения, которая препятствует перегреву двигателя при его работе. Главная её функция заключается в рассеивании части тепла в окружающую среду. В предложенном устройстве предлагается использовать выводимую системой охлаждения тепловую энергию для преобразования в электрическую энергию, которая, в свою очередь, будет использована для питания электрических частей автомобильной климатической установки.

Устройство работает следующим образом. При стоянке автомобиля в условиях отрицательных температур, что характерно для нашего климата, при заглушённом двигателе водитель запускает установку. Устройство вырабатывает тепловую энергию, которая предназначена для предпускового подогрева двигателя и воздуха в салоне. При этом автомобильная климатическая установка работает на том же виде топлива, что и сам двигатель автомобиля. Циркуляционный насос с электроприводом подаёт охлаждающую жидкость к устройству, в котором она нагревается и потом поступает в испаритель, а затем — по гидролинии к теплообменнику отопителя салона и по гидролинии к двигателю автомобиля.

В теплообменнике отопителя салона теплота охлаждающей жидкости передаётся воздуху, который подаётся в неё посредством вентилятора, нагревая тем самым её пространство. После охлаждающая жидкость, уже прогретая, поступает в двигатель автомобиля — прогревая его. В испарителе охлаждающая жидкость нагревает, а затем перегревает до сухого насыщенного пара органический теплоноситель, который, в свою очередь, представляет собой хладагент R134a. Хлада-

гент подаётся от конденсатора к испарителю в жидком виде питающим насосом по трубопроводу органического теплоносителя.

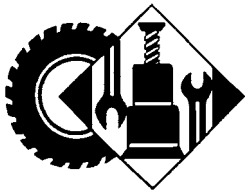
После испарителя сухой насыщенный пар органического теплоносителя по трубопроводу поступает к расширительной машине, где расширяется, вследствие чего вырабатывается механическая энергия. Выработанная генератором электрическая энергия используется для питания бортовой сети автомобиля, зарядки аккумулятора, а также для питания электрических узлов климатической установки.

В автомобильной климатической установке применяются несколько защитных алгоритмов: алгоритм управления при низкой температуре окружающего воздуха; алгоритм работы при остановленном двигателе; алгоритм работы при охлаждении салона в жаркую погоду.

Таким образом, предлагаемое устройство может решить проблему с предпусковым подогревом двигателя внутреннего сгорания, при этом сокращая теплопотери и расход энергии в сравнении с существующими установками.

#### Литература

1. Мааке В., Эккерт Г.-Ю., Кошпен Ж.-Л. Учебник по холодильной технике / Пер. с франц. под редакцией д-ра техн. наук В.Б. Сапожникова. М.: Издательство Московского университета, 1998. 1142 с.
2. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов. — 2-е изд. Перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 416 с.
3. Вайнштейн В.Д. Низкотемпературные холодильные установки / В.Д. Вайнштейн, В.И. Канторович. — М.: Пищевая промышленность, 1972. — Т. 5. — 351 с.



# ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 62-19

## ТРАНСПОРТНО-ТРАСОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

**РАЗГОВОРОВ К.И.**

Бюро независимых автотехнических экспертиз  
(razgovorov@rambler.ru)

*Изучаются следы на автотранспортных средствах, полученные в результате дорожно-транспортных происшествий. Приводятся примеры из практики исследований, выполненных в рамках независимых автотехнических экспертиз.*

**Ключевые слова:** исследование следов на автотранспортных средствах, транспортно-трасологическая экспертиза.

**Razgovorov K.I.**

## TRANSPORTATION-TRANSPORT EXPERTISE

*Traces on vehicles obtained as a result of road traffic accidents are being investigated. Examples from the practice of research carried out within the framework of independent auto-technical expertise are given.*

**Keywords:** study traces on vehicles, transport-trasological expertise.

Трасология — основная подсистема исследования материальных следов — изучает главным образом следы-отображения внешнего строения оставивших их объектов с целью их индивидуальной и групповой идентификации и решения различного рода диагностических задач. Исследователя интересует в первую очередь следовая информация, повреждения автотранспортных средств и физический процесс их образования. Для этого скрупулёзно изучаются все средства передвижения, которые были задействованы в момент аварии.

Трасология исходит из того положения, что в материальных следах определённой группы объектов содержатся признаки, несущие информацию о внешнем строении, индивидуально-неповторимом качестве их внешнего своеобразия. Внешнее строение таких объектов определяется их пространственными границами, формой, размерами, рельефом, микрорельефом и взаимным расположением образующих их элементов. Внешнее строение чаще всего и передаёт индивидуальные особенности следообразующего объекта. Процесс взаимодействия объектов, при котором возникает след, называется механизмом следообразования. При исследовании механизма следообразования различают три основных элемента: следообразующий объект, следовоспринимающий объект и следовый контакт. Следы могут формироваться как в период всего взаимодействия объектов, так и на каком-то определённом этапе их воздействия друг на друга. Момент или процесс контактного взаимодействия объектов, приводящий к возникновению следа, называется следовым

контактом. Следовый контакт может быть активным и пассивным. При активном контакте энергия воздействия исходит непосредственно от одного или обоих взаимодействующих объектов (например, следы, образующиеся при снятии детали или столкновении АТС). При пассивном контакте энергия, приводящая к образованию следа, находится обычно за пределами непосредственного контакта объектов (например, равномерное оседание пыли и грязи на сопряжении деталей).

При контактировании АТС между собой, а также с препятствиями в процессе дорожно-транспортного происшествия вследствие различных по силе и направленности ударов возникают следы (трассы), которые различаются на объёмные и поверхностные следы, статические (вмятины, пробоины) и динамические следы (задиры, царапины, разрезы). Комбинированные следы представляют собой вмятины, переходящие в следы скольжения, либо наоборот, следы скольжения, заканчивающиеся вмятиной.

Деформированные, повреждённые части АТС, которыми они вошли в соприкосновение, дают возможность ориентировочно судить о взаимном расположении и механизме взаимодействия АТС между собой (или АТС и препятствия).

Кузова современных легковых автомобилей (как отечественного, так и зарубежного производства) представляют собой сложную пространственную систему, рассчитанную на статические нагрузки, динамическую прочность и жёсткость. При ДТП в кузове возникает остаточная деформация. Наиболее разрушительные повреждения кузова происходят при столкновениях, когда часть кузова заметно деформируется, даже разрушается, а действующие при этом большие нагрузки в продольном, поперечном и вертикальном направлении передаются всем смежным деталям и особенно его силовым элементам.

Наличие и характер технических повреждений АТС определяются видом воздействий, их вызвавших. Основную долю технических повреждений АТС в результате ДТП составляют повреждения элементов кузова. Механические воздействия чаще всего обусловлены механическим взаимодействием объекта экспертизы с другими АТС или предметами. К основным видам повреждений, обусловленных механическим воздействием, относятся царапина, выкрашивание, вмятина, задыр, выдавливание, скол, отрыв, обрыв, срез, выбивание, выпадение, отслаивание, разрыв, прокол, пробой, складка, трещина, изменение расположения конструктивных элементов относительно друг друга (перекос, смещение, заедание, заклинивание, западание, биение, растяжение, скручивание, изгиб), полное разрушение.





Рис. 1. Крыло переднее правое со следами повреждения (вид сбоку)



Рис. 2. Крыло переднее правое со следами повреждения (вид сзади)

Наряду с первичными принято выделять вызванные деформации, которые характеризуются отсутствием признаков непосредственного контактирования деталей и частей АТС, но являются следствием первичных контактных деформаций. Детали изменяют свою форму под воздействием сил, возникающих в случае контактных деформаций по законам механики и сопротивления материалов. Такие деформации располагаются на удалении от места непосредственного контакта. Например, повреждение лонжерона (лонжеронов) легкового АТС могут привести к перекосу всего кузова, т.е. образованию вторичных (вызванных) деформаций, появление которых зависит от интенсивности, направления, места приложения и величины усилия в процессе ДТП. При осмотре АТС в первую очередь выявляются следы контактных деформаций и только после этого можно правильно распознать и выделить вторичные или вызванные деформации.

Рассмотрим пример транспортно-трассологического исследования. На передней части АТС в левой верхней части переднего бампера имеются динамические следы в виде царапин и задиrow, расположенные на высоте от 0,25 до 0,55 м от опорной поверхности, а также следы ранее проведённого ремонта (шпатлевания), расположенные на высоте от 0,55 до 0,7 м от опорной поверхности (рис. 1, 2).

В нижней средней части переднего бампера АТС имеются динамические следы в виде двух вертикально ориентированных царапин и задиrow, расположенных на высоте около 0,25 м от опорной поверхности. В нижней правой части переднего бампера АТС имеются динамические следы в виде разнонаправленных царапин и задиrow, расположенных на высоте около 0,25–0,3 м от опорной поверхности. Также имеется неравномерность зазоров между облицовкой бампера и смежными деталями. На левой кромке капота АТС имеются статические следы (повреждения) в виде сколов лакокрасочного покрытия (ЛКП).

Толщина комплексного ЛКП капота АТС составляет 0,1 мм (100 мкм), что находится в пределах интервала значений толщины ЛКП, не подвергавшихся ремонту, и является признаком того, что деталь не имеет следов предыдущих ремонтных воздействий (шпатлевания, окраски). Следов (повреждений) аварийного характера и ранее проведённого ремонта капота также не имеется.

На переднем правом крыле, на задней его части имеются статические следы (повреждения) в виде вмятины, расположенной на высоте от 0,7 до 0,9 м от опорной поверхности. При этом отсутствуют признаки воздействия твёрдыми предметами (царапины, забоины, задиrow и др.). Площадь повреждения около 40 % от общей площади детали.

В нижней части переднего правого крыла АТС на высоте от 0,5 до 0,55 м от опорной поверхности имеются статические следы (повреждения) в виде вмятины и динамические следы (повреждения) в виде горизонтально ориентированных царапин, задиrow на площади около 5 % от общей площади детали (рис. 3).

На передней правой стойке кузова АТС на высоте около 1,05 м от опорной поверхности имеется статический след (повреждение) в виде вмятины на площади около 5 % от общей площади детали. Направление действия силы, вызвавшей повреждение указанной детали, сверху вниз и справа налево под углом около 45° относительно продольной оси АТС, показано стрелкой (рис. 4).

В правой части ветрового стекла АТС на высоте от 1,05 до 1,1 м от опорной поверхности имеются следы (повреждения) разрушения и трещины на площади около 30 % от общей площади детали.



Рис. 3. Стойка кузова передняя правая (вид сзади справа)



Рис. 4. Стойка кузова передняя правая и правая боковая часть ветрового стекла



Рис. 5. Результат измерения толщины ЛКП стойки

Визуально фиксируемые следы и повреждения на верхней части АТС — крыше — отсутствуют. Толщина комплексного ЛКП (рис. 5) стойки кузова и крыши составляет 0,1 мм (100 мкм), что находится в пределах интервала значений толщины ЛКП автомобилей, не подвергавшихся ремонту, и является признаком того, что детали не имеют следов предыдущих ремонтных воздействий (шпатлевания, окраски).

Следов откручивания (закручивания) деталей крепежа капота, передних крыльев и боковых дверей не имеется. Визуально фиксируется целостность герметизирующего слоя на сварных швах лонжеронов, их соединениях с брызговиками и панелями пола (днища).

Установление обстоятельств и причин образования повреждений АТС основывается на сопоставлении повреждений АТС с телом человека при контактировании в ДТП; анализе сведений, зафиксированных в документах о ДТП, судебно-медицинской экспертизе, их сравнении с повреждениями, зафиксированными при осмотре АТС.

Проверка взаимосвязанности повреждений на АТС и теле человека проводится с использованием методов транспортной трасологии, основывающейся на анализе характера деформаций и направления действий сил, вызвавших повреждения частей АТС, а также следов, имеющих на АТС и теле человека, с которыми АТС взаимодействовало при ДТП.

Механизм взаимодействия между АТС и телом человека, включая наезды на пешехода, имеет 3 фазы (предшествующая контактированию, контактирование и последующие взаимодействия АТС и тела человека

с другими предметами). В рамках данного исследования изучается вторая фаза — контактирование между АТС и телом человека при ДТП.

Следы и повреждения в виде разрушения и трещин в правой боковой нижней части ветрового стекла АТС могут указывать, что был нанесён не прямой удар боковой стороной ветрового стекла, поверхность которой расположена под углом около 45° к поперечному направлению. Отсюда следует, что следы и повреждения, имеющиеся на переднем правом крыле, передней правой стойке кузова, нижней правой боковой части ветрового стекла АТС, могут являться признаками наезда на пешехода при ДТП. Визуально фиксируемые следы и повреждения на верхней части АТС — крыше — отсутствуют.

Следы и повреждения (царапины, задиры), имеющиеся на других деталях правой боковой части АТС — дверях, заднем крыле и бампере, не имеют признаков наезда на пешехода, образованы при иных обстоятельствах в результате нескольких контактов с твёрдыми предметами.

Основываясь на анализе характера деформаций и направления действий сил, вызвавших повреждения частей АТС, с учётом судебно-медицинского диагноза потерпевшего (перелом двух костей левой голени), данных протокола осмотра места ДТП и схемы к нему, построена вероятная графическая модель наезда на условного пешехода при ДТП (рис. 6).

Рассматриваемый наезд на условного пешехода можно классифицировать:

- по характеру движения АТС в момент наезда — наезд при движении АТС с некоторым отклонением от направления движения (заносом), когда удар нанесён боковой стороной АТС;
- по характеру воздействия частей АТС на тело пешехода — скользящий (касательный) удар, при котором на тело воздействует удар, не совпадающий с направлением движения АТС, и оно отбрасывается с отклонением в сторону от полосы движения АТС;
- по характеру действий пешехода — наезд на пешехода, пересекавшего проезжую часть справа налево.

Удар по телу пешехода мог быть произведён передней боковой частью АТС — крылом передним правым, стойкой кузова передней правой, нижней правой боковой частью ветрового стекла под углом около 45°

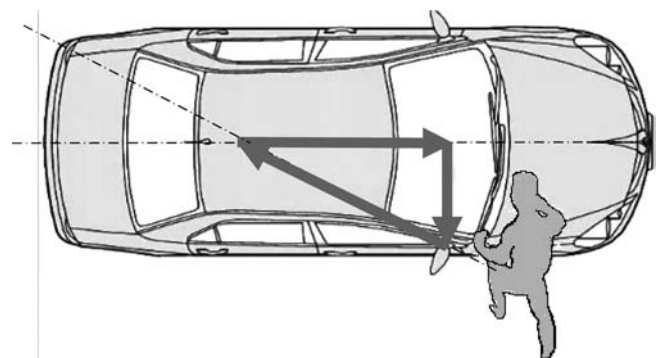


Рис. 6. Графическая модель наезда АТС на условного пешехода при ДТП

к направлению движения пешехода, в результате чего могли возникнуть силы взаимодействия, направленные под углом к направлению движения АТС, что могло привести к отбрасыванию тела пешехода в сторону от полосы движения АТС.

Таким образом, в результате исследования установлено, что на частях АТС имеются следующие повреждения.

1. На переднем бампере АТС имеются следы и повреждения в виде разнонаправленных царапин и задигов, а также следы ранее проведённого ремонта (шпатлевания). Также имеется неравномерность зазоров между бампером и смежными деталями.

2. На кромке капота АТС имеются следы и повреждения в виде сколов ЛКП. Следов и повреждений аварийного характера не имеется.

3. На переднем правом крыле АТС имеются следы и повреждения в виде вмятины. При этом отсутствуют признаки воздействия твёрдыми предметами (царапины, забоины, задиры и др.). В нижней части переднего правого крыла АТС имеются следы и повреждения в виде вмятины, царапин и задигов.

4. На передней правой стойке кузова АТС имеется след (повреждение) в виде вмятины. Направление действия силы, вызвавшей повреждение, сверху вниз и справа налево под углом около 45° относительно продольной оси АТС.

5. В правой боковой части ветрового стекла АТС имеются следы (повреждения) разрушения и трещины.

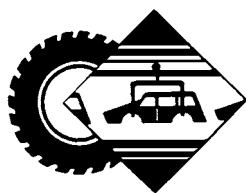
6. Визуально фиксируемые следы и повреждения на крыше АТС — отсутствуют.

7. На правых боковых дверях, заднем правом крыле и заднем бампере АТС имеются следы и повреждения в виде царапин, а также следы ранее проведённого ремонта (шпатлевания) крыла.

Следовательно, следы и повреждения на переднем правом крыле, передней правой стойке кузова и нижней правой боковой части ветрового стекла АТС могут являться признаками наезда на пешехода при ДТП. При этом отсутствуют признаки воздействия твёрдыми предметами (царапины, забоины, задиры и др.).

#### Литература

1. Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ "О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации".
2. Транспортно-трасологическая экспертиза по делам о дорожно-транспортных происшествиях (Диагностические исследования). (Методическое пособие для следователей, судей и экспертов). Изд. 2 (переработанное и дополненное). Ч. 1, 2. М.: ИПК РФЦСЭ, 2006.
3. Судебная автотехническая экспертиза: Метод. пособие для экспертов автотехников, следователей и судей / Под ред. В.А. Иларионова. М.: ВНИИСЭ, 1980. Ч. 1, Ч. 2.
4. Коршаков И.К. Автомобиль и пешеход: Анализ механизма наезда. — М.: Транспорт, 1988.
5. Илларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. — М.: Транспорт, 1989.
6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М.: Транспорт, 1993.
7. Байэтт Р., Уотте Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий / Пер. с англ. М.: Транспорт, 1983.
8. Григорян В.Г. Определение наличия (отсутствия) у водителя ТС технической возможности предотвратить наезд на пешехода // Проблемы судебной автотехнической экспертизы. М.: ВНИИСЭ, 1988.
9. Григорян В.Г. Применение в экспертной практике параметров торможения автотранспортных средств: Метод, рекомендации. М.: РФЦСЭ, 1995.
10. Дорожная терминология: Справочник / Под ред. М.И. Вейцмана. М.: Транспорт, 1985.
11. Жилинский Г.В., Суворов Ю.Б. Особенности исследования технического состояния транспортных средств, участвовавших в ДТП // Автомобильный транспорт. 1986. № 9.
12. Жулев В.И. Предупреждение дорожно-транспортных происшествий. М.: Юрид. лит., 1989.
13. Иларионов В.А., Чернов В.И., Дадашев Ф.А. Расчёт параметров манёвра транспортных средств: Метод, письмо для экспертов. М.: ВНИИСЭ, 1988.



## ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 621:05.22.10

### ДЛЯ РЕНОВАЦИИ ПОЛУОСИ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ-2107

ДУБОВИК Е.А.

Донской ГТУ

(dubovik1982@list.ru)

*Рассматривается технологическое оборудование и оснастка, применяемые для реновации полуоси, мероприятия и технические средства контроля, а также нормативно-техническая документация, обеспечивающая их. Приведены нормы времени выполнения ремонтно-восстановительных работ, полученные при теоретическом расчете ренодетали.*

**Ключевые слова:** автомобиль, износ, контроль, полуось, рабочая поверхность.

Dubovik E.A.

### FOR THE RENOVATION OF THE SEMI-AXLE OF THE CAR VAZ-2107

*The technological equipment and equipment used in the renovation of the semi-axle is considered. The measures and technical means of control of the semi-axis, as well as the regulatory and technical documentation that provides them, are considered. The norms of the time of performing repair and restoration works obtained during the theoretical calculation of the renodetalny are given.*

**Keywords:** car, wear, control, semi-axis, working surface.

Оборудование для восстановления полуосей автомобилей ВАЗ классической компоновки выбирают с учётом обеспечения оптимальной производительности при условии обеспечения требуемого качества. В со-

ответствии с необходимым оборудованием по каждой операции технологического процесса осуществляется подбор технологической оснастки, режущего и измерительного инструмента. Выбор технологической оснастки производится на основе анализа возможности реализации технологического процесса при выполнении технических требований к реновации полуоси, технических возможностей оснастки, а также конструктивных характеристик детали и восстанавливаемых поверхностей и др.

Выбор оборудования и технологической оснастки обычно производится по специальным каталогам. Если же для технологического процесса отсутствуют подходящее серийное оборудование и оснастка, то необходимо модернизировать существующие или разработать новые образцы. Тип станка определяется в соответствии с типом производства, выбранным методом обработки, а также формой и размерами заготовки, необходимой точностью обработки.

Для операций 005 (токарная) выбираем токарно-винторезный станок 16Б16А, техническая характеристика которого приведена в табл. 1.

Для выполнения фрезерной обработки 035 (фрезерование) режимов фрезерования принимаем горизонтальный консольно-фрезерный универсальный станок модели 6М82. Его техническая характеристика показана в табл. 2.

Для операции 030 (токарная) выбираем токарно-винторезный станок 16К20. Технические характеристики станка представлены в табл. 3.

Таблица 1

Параметр	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной над суппортом	180 180
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя, мм	36
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	750
Шаг нарезаемой резьбы: метрической дюймовой модульной питчевой	0,25—56 112—0,5 0,25—56 112—0,5
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	20—2000
Число скоростей шпинделя	21
Наибольшее перемещение суппорта, мм: продольное поперечное	700 210
Подача суппорта, мм: продольная поперечная	0,01—0,7 0,005—0,35
Мощность электродвигателя главного привода	2,8
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	2280 1060 1485
Масса станка, кг	2100

Параметр	Значение
Размеры рабочей поверхности стола, мм	200 × 800
Наибольшее перемещение стола, мм: продольное поперечное вертикальное	500 160 300
Расстояние от оси горизонтального шпинделя до поверхности стола, мм	20—320
Наибольший угол поворота стола, град.	±45
Внутренний конус шпинделя по ГОСТ 15945—82	40
Число скоростей шпинделя	12
Частота вращения шпинделя	50—2240
Число рабочих подач стола	12
Подача стола, мм: продольная поперечная вертикальная	700 вручную и механически 260 вручную и 240 механически; 380 вручную и механически
Скорость быстрого перемещения стола: продольного поперечного вертикального	2300 2300 1120
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	3
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	1525 1875 1515
Масса станка, кг	1290

На операции 045, 060, 075 (шлифовальная) шлифование выбираем круглошлифовальный станок 3М151, технические характеристики которого отражены в табл. 4.

При выборе технологической оснастки необходимо учитывать тип производства, размеры и форму заготовки, метод обработки, тип и модель станка. Предпочтение отдается стандартной и унифицированной оснастке и лишь при невозможности обеспечения заданной производительности, точности, схемы базирования, формы поверхности проектируется и изготавливается специальная технологическая оснастка. Станочные приспособления реализуют выбранную схему базирования при установке заготовки, поэтому их выбирают в соответствии с формой и размерами заготовки, типом производства, моделью станка, выбранного для проектируемой технологической операции. При выборе режущих инструментов учитывается форма и размеры обрабатываемых поверхностей, присоединительные размеры рабочих поверхностей станка, реализуется выбранный метод обработки. Выбор материала режущей части инструмента, в основном, зависит от материала заготовки.

Патрон комбинированный мод. ПЗКП-315Ф8.95 (конструкции ЭНИМС) обеспечивает быструю замену кулачков и их быструю переналадку с зажима заготовки при её установке в центрах на зажим заготовки при её установке в кулачках (за счёт смены втулки с плавающим центром на втулку с отверстием). При этом благодаря наличию отверстия патрон обеспечивает возможность обработки как штучных, так и прутковых заготовок. Зажим и разжим заготовок осуществляются от гидравлических, пневматических или электромеханических приводов, устанавливаемых на заднем конце шпинделя станка. Для компенсации центробежных сил на силу зажима при высокой частоте вращения шпинделя в конструкции патрона предусмотрено наличие контргруза, соединённого рычагом с основным кулачком.

Патроны Барановичского завода станкопринадлежностей оснащаются одним комплектом закалённых многоступенчатых сменных универсальных кулачков и комплектом мягких (сырых) кулачков с "мышинным зубом" для крепления их к основным кулачкам. Уни-

Таблица 3

Параметр	Величина параметра
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной над суппортом	400 220
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя, мм	53
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	710; 1000; 1400; 2000
Шаг нарезаемой резьбы: метрической, мм дюймовой, число ниток на дюйм модульной, модуль питчевой, питч	0,5—112 56—0,5 0,5—112
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup>	12,5—1600
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта, мм: продольное поперечное	645—1935 300
Подача суппорта, мм/об (мм/мин): продольная поперечная	0,05—2,8 0,025—1,4
Число ступеней подач	24
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин: продольного поперечного	3800 1900
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Габаритные размеры (без ЧПУ), мм: длина ширина высота	2505—3795 1190 1500
Масса, кг	2835—3685

Таблица 4

Параметр	Величина параметра
Наибольший диаметр устанавливаемой заготовки, мм	280
Рекомендуемый диаметр наружного шлифования, мм	20...180
Наибольшая длина наружного шлифования, мм	700
Высота центров над столом, мм	185
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	700
Угол поворота стола	±3°
Скорость автоматического перемещения стола, м/мин	0,05...5
Частота вращения шпинделя заготовки с бесступенчатым регулированием, мин <sup>-1</sup>	40...600
Конус Морзе шпинделя и пиноли задней бабки	5; 4
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм: наружный диаметр высота	600 50
Перемещение шлифовальной бабки, мм: наибольшее по винту на одно деление лимба	185 0,05
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, мин <sup>-1</sup>	1112
Скорость врезной подачи шлифовальной бабки, мм/мин	0,1...3
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,5
Габаритные размеры с приставным оборудованием, мм: длина ширина высота	4800 2585 1982
Масса с приставным оборудованием, кг	5760

версальные закалённые кулачки обеспечивают зажим заготовок, диапазон размеров которых предусмотрен технической характеристикой патронов.

С целью обеспечения большей точности обработки (радиальное биение 0,015—0,04 мкм) применяют мягкие вставки, которые растачивают в патроне непосредственно перед обработкой данной партии заготовок.

Патрон комбинированный мод. ПЗКП-315Ф8.95 оснащается тремя различными центрами для установки в них заготовок с разными центровыми отверстиями. Плавающий центр в патроне подпружинен пакетом тарельчатых пружин, сжимаемых при утапливании центра под действием усилия заднего вращающегося центра, установленного в панели задней бабки. Величина усилия тарельчатых пружин в центре и поджима пиноли задней бабки к центру влияет на точность обработки. Высокая точность обработки обеспечивается при таком соотношении усилий поджима пиноли задней бабки и тарельчатых пружин, при котором гарантируется стабильность положения заготовки в ради-

альном направлении во время её обработки. Усилия тарельчатых пружин после контакта торца заготовки и опорной поверхности фланца патрона должны быть не менее 5,5–6,0 кН. Усилие поджима пиноли задней бабки на плавающий центр должно превышать усилие тарельчатых пружин после контакта заготовки с опорной поверхностью фланца патрона не менее чем на 7,5–8,0 кН.

Для восстановления деталей наплавкой наиболее широко используется специальная установка УД-209. Наплавка осуществляется методом винтового или прямолинейного наложения сварочных швов на восстанавливаемую поверхность детали. Установка обеспечивает практически все виды наплавочных работ: наплавку цилиндрических поверхностей по спирали с шагом наплавки от 2,8 до 12,6 мм; наплавку деталей с колебаниями электрода на ширину наплавляемой поверхности (до 60 мм); линейную наплавку; наплавку конусных поверхностей. На установке возможна наплавка деталей диаметром от 25 до 360 мм и длиной от 100 до 800 мм. В качестве электродного материала используют проволоку сплошную и порошковую диаметром 1,2–3,2 мм.

При выборе средств контроля принимают во внимание тип ремонтного производства, точность контролируемого размера, форму контролируемой поверхности, погрешность выбираемого средства измерения. Выбираемое средство контроля должно соответствовать применяемому методу контроля. В серийном ремонтном производстве для контроля вободных размеров и грубых промежуточных размеров применяют метод непосредственной оценки, а для контроля точных размеров — метод сравнения. Предпочтительным является применение стандартных измерительных средств, причём для точных размеров — предельных калибров. Состав средств контроля должен обеспечивать заданные показатели с учётом метрологических и эксплуатационных характеристик (используются государственные, отраслевые стандарты и стандарты).

Порядок измерения рассматриваемой детали (рис. 1) и оценки её точности следующей. Замеряем диаметры посадочных поверхностей (микрометром МК 50-1 ГОСТ 6507). Оцениваем биение полуоси, замеренное в центрах на рабочей поверхности "с" не более 0,08 мм (прибор ПБ-1400, штатив ШМ-ПВ-8 ГОСТ 10197, индикатор ИЧ-10 ГОСТ 577): при биении от 0,08 до 0,16 мм — производить правку (рис. 2) согласно ТИ, при биении более 0,16 мм — полуось выбраковать.

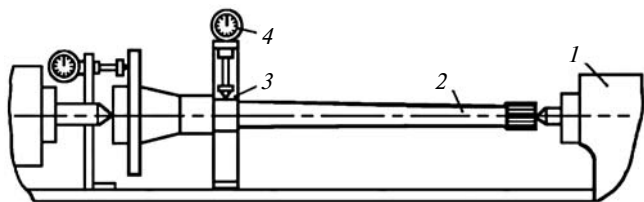


Рис. 1. Установка полуоси для определения биения вала и торца фланца: 1 — прибор ПБ-1400; 2 — полуось; 3 — стойка индикатора; 4 — индикатор ИЧ-10 ГОСТ 577

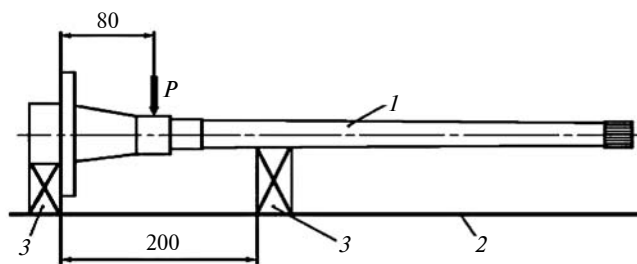


Рис. 2. Правка полуоси: 1 — полуось; 2 — стол пресса; 3 — опоры

Оцениваем биение торца фланца, замеренное в центрах, не более 0,05 мм (прибор ПБ-1400, штатив ШМ-ПВ-8 ГОСТ 10197, индикатор ИЧ-10 ГОСТ 577): при биении от 0,05 до 0,08 мм — выполнить проточку фланца полуоси по настоящей ТИ, при биении более 0,08 мм — полуось выбраковать. Установить полуось в прибор, определить точку максимального изгиба полуоси и отметить мелом; снять полуось с прибора. Установить полуось на стол пресса и произвести правку с периодическим контролем биения, биение полуоси должно быть не более 0,08 мм (пресс гидравлический типа 2135-ИМ ГАРО). Снова установить полуось в прибор ПБ-1400 и проверить биение торца фланца. При биении более 0,08 мм полуось выбраковать. При биении от 0,05 до 0,08 мм — выполнить проточку фланца полуоси: снять полуось с прибора, установить в токарный станок (16К20) и проточить фланец полуоси.

Состав средств контроля должен обеспечивать заданные показатели с учётом метрологических и эксплуатационных характеристик (используются государственные, отраслевые стандарты и стандарты ремонтных предприятий на средства контроля, классификаторы и каталоги средств контроля). Средства измерений при механической обработке деталей с наиболее распространёнными линейными размерами (6...120 мм). При точности размеров 5–6-го квалитетов применяют: рычажные микрометры типов МП и МРИ, рычажные скобы типа СР при использовании в стойке, рычажно-зубчатые головки типа ИГ с ценой деления 0,001 мм. Для проверки отклонения формы и расположения поверхностей применяют средства контроля линейных размеров в сочетании с различными приспособлениями.

Экономическая целесообразность выбора и применения станочных приспособлений в любом производстве, особенно в серийном и массовом, определяется их окупаемостью. Все затраты на оснащение производства приспособлениями должны быть компенсированы за счёт экономии производственных затрат. В общем виде экономическая целесообразность применения приспособлений может быть выражена в ожидаемой экономии при применении приспособления к затратам на изготовление приспособления и на его эксплуатацию.

Целесообразность оснащения производственного процесса специальными приспособлениями подтверждают расчётом. Для снижения себестоимости из-

готовления приспособления и сменных наладок в их составе следует широко использовать стандартизованные узлы и детали. Важным показателем совершенства конструкции является условие равной прочности и равной долговечности всех элементов, поскольку наличие в конструкции хотя бы одного недостаточно долговечного элемента снижает надёжность конструкции в целом. Главное, на что было обращено внимание при проектировании — чтобы ни один из этих элементов не выходил из строя раньше намеченного срока очередного планового ремонта.

Экономические аспекты при проектировании проявляются при выборе материалов, термообработки, упрочняющей технологии, формы и способа изготовления детали. Технологичность деталей и узлов является одним из важнейших условий в создании приспособлений с оптимальными технико-экономическими показателями. При серийном производстве наиболее экономичным является формообразование деталей (частичная или окончательная) методом литья или пластическим деформированием (обработка давлением) в отличие от формообразования снятием стружки. При этом ускоряется процесс производства, уменьшается расход материалов и снижаются затраты на электроэнергию и инструмент.

Исполнительные размеры гладких калибров рассчитывают по формулам ГОСТ 24851—81 или принимают по ГОСТ 21401—75 без проведения расчётов. Калибр-скоба применяется для измерения размера поверхности диаметром 29,7 мм. Деталь считается годной, если проходной калибр под действием собственного веса проходит, а непроходной калибр не проходит по контролируемой поверхности. В качестве материала для изготовления применяется сталь 65Г ГОСТ 1080—74 с последующей закалкой рабочих поверхностей до твёрдости HRC 55—58.

Предельные размеры диаметра:  $D_{\max} = 29$  мм;  $D_{\min} = 28,81$  мм. Формулы для расчёта исполнительных размеров: скоба — гладкий *проходной* калибр

$$PR_{\max} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}; \text{ скоба — гладкий } \textit{непроходной}$$

$$\text{калибр } HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2}, \text{ где } z_1 \text{ — отклонение сере-$$

дины поля допуска на изготовление калибра-скобы PR относительно наибольшего предельного размера вала,  $H_1$  — допуск на изготовление калибров-скоб.

Согласно ГОСТ 24853—81 для 11-го качества  $Z_1 = 0,025$  мм,  $y_1 = 0,05$  мм,  $H_1 = 0,013$  мм. Исполнительные размеры скобы:  $PR_{\max} = 28,81 - 0,025 - 0,0065 = 28,778$  мм. В чертеже проставляем размер  $PR_{\max} = 28,778^{+0,013}$ ;  $HE_{\min} = 28,81 - 0,0065 = 28,8035$  мм. В чертеже запишем  $HE_{\min} = 28,8035^{+0,013}$ ;  $PR_{\text{изн}} = d_{\max} - y_1 = 28,81 - 0,05 = 28,76$  мм. Назначение и теоретический расчёт технических норм времени для всех операций ремонтно-восстановительных работ в табл. 5 получены при их теоретическом расчёте.

В комплект технологической документации на реставрации детали входят: ремонтный чертёж, маршрут-

Операция	Техническая норма времени $T_{шт}$ , мин
005 Токарная	0,46
010 Слесарная	1,64
015 Наплавочная	7,52
020 Слесарная	2,48
025 Термическая	4,32
030 Токарная	1,91
035 Фрезерная	8,52
040 Термическая	3,58
045 Шлифовальная	1,14
50 Моечная	0,54
055 Шлифовальная	3,58
060 Шлифовальная	2,54
065 Гальваническая	8
070 Моечная	1,70
075 Шлифовальная	1,40
080 Моечная	1,95
085 Контрольная	1,20
Итого:	64,5 н/мин = 1,075 н/час

ная и операционная карты (МК и ОК соответственно), карты эскизов (КЭ), контрольная карта (КК). Допускается вместо маршрутной и операционной карт оформлять карту технологического процесса (КТП).

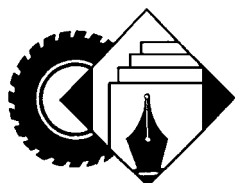
Ремонтный чертёж является основным документом, разрабатываемым при технологической подготовке производства по восстановлению деталей. Их выполняют в соответствии с правилами, предусмотренными ГОСТ 2.604 — 68 "Чертежи ремонтные", а также отраслевыми стандартами.

Исходными данными для разработки ремонтного чертежа являются: рабочий чертёж детали; технические требования на дефектацию детали; данные по выбору рациональных способов устранения дефектов; технические требования на восстановленную деталь — технические требования на новую деталь и дополнительные технические требования на восстановленную деталь.

В заключение — о безотказности (потоке отказов  $P$ ) работы оборудования и любого его элемента. Оно, как известно, определяется законом нормального распределения  $P = \exp(-\lambda \cdot t)$  и, как видно из формулы, зависит от двух составляющих — интенсивности  $\lambda$  потока отказов и наработки  $t$ .

#### Литература

1. Режимы резания металлов: справочник / Под редакцией Ю.В. Барановского. Изд. 4-е. перераб. и доп. М.: НИИТавтопром, 1995. — 456 с.
2. Косилова А.Г., Мешерякова Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. М.: Машиностроение. В 2-х томах. Том 1, 4-е издание, 1986. — 656 с.



## ИНФОРМАЦИЯ

### "КОМТРАНС 2021"

В начале сентября 2021 г. в московском ВЦ "Крокус Экспо" прошла международная выставка коммерческих автомобилей "Комтранс", в которой приняли участие 141 компаний из девяти стран мира. Крупнейшие автопроизводители представили на своих стендах новые модели грузовых и лёгких коммерческих автомобилей, автобусов и прицепов, специальной автотехники. Большое внимание в этом году было уделено теме перехода на альтернативные источники топлива — электричество, природный газ, водород.

Группа "ГАЗ" представила 15 единиц техники — автомобилей и автобусов нового поколения. В том числе электромобили и "водоробусы", машины с интеллектуальными цифровыми сервисами, автобусы повышенной комфортности для маломобильных пассажиров, транспортные средства с системами обеззараживания воздуха для дополнительной за-

щиты здоровья в период эпидемии, грузовые автомобили с автоматической коробкой передач и системами ADAS.



Прототипов электробуса с двигателем на водородных элементах было показано сразу два: большой городской "СитиМакс Гидроген" и маршрутное такси "ГАЗель сити". Ещё две модели электрических транспортных средств — электробус большого класса "Е-СитиМакс 12" и лёгкий коммерческий грузовик "ГАЗель е-НН". Также среди новинок Группы был показан дизельный городской автобус нового поколения "СитиМакс 9" с двигателем экологического стандарта "Евро-6".

Автомобильный завод "Урал", ныне в Группу "ГАЗ" не входящий, представил на своем стенде четыре модели нового бескапотного семейства дорожных автомобилей. Это, прежде всего, флагманский "Урал С35510" — самосвал 6×4 полной массой до 35 т

и грузоподъёмностью до 21,5 т. Второй самосвал — "Урал С34520" полной массой 27,5 т и грузоподъёмностью 16 т.

Ещё одна новинка предприятия — седельный тягач "Урал С35410" для строительных и технологических перевозок на малые и средние расстояния. Кроме того, партнёром автозавода — компанией "Меркатор" — на стенде демонстрировался образец коммунально-дорожной машины на новом шасси, на котором установлено современное надёжное и функциональное навесное оборудование европейского качества.

На стендах **КамАЗа** была показана вся линейка новейших самосвалов поколения К5: мод. 65951 (8×4), 65959 (6×6) и 65953 (8×8); пригородный автобус НефАЗ-5299-31-57 (на сжатом природном газе), водоробус КамАЗ-6290, сочленённый электробус КамАЗ-6292, троллейбус КамАЗ-62825 с увеличенным автономным ходом; электромусоровоз КамАЗ-53198 ("Чистогор"), а так-







ной площадкой" на все 5 дней выставки.

Центральное место на стенде **МАЗа** занял мощный спортивный грузовик, в конце июля вернувшийся с ралли-рейда "Шёлковый путь" с серебряной наградой. Из своих новинок МАЗ показал: седельный тягач с гидроотбором МАЗ-54402N, оборудованный двигателем "Вейчай Пауэр" WP13NG430E2; полуприцеп-самосвал МАЗ-953001 в составе автопоезда с упомянутым выше тягачом; седельный тягач МАЗ-6410XX колёсной формулы 6×2 с двигателем экологического класса "Евро-5"; самосвал МАЗ-651428 колёсной формулы 6×6; полноприводное шасси МАЗ-6302С5 колёсной формулы 6×6, оборудованное кран-манипуляторной установкой "Соосан" SCS746L с верхним управлением.

В сегменте пассажирских АТС — электробус третьего поколения МАЗ 303Е10. Данный электробус — инновационное пассажирское транспортное средство, объединяющее в себе



же малотоннажный грузовик "Компас 9" и другие современные модели автотехники.

В рамках уличной экспозиции компания презентовала седельный тягач КамАЗ-5490, работающий на КПП, в сцепке со шторным полуприцепом НефАЗ-93348, а также автобетоносмеситель 58146W на газобаллонном шасси. В зоне карьерных самосвалов были продемонстрированы КамАЗ-65805 ("Атлант 60"), КамАЗ-65807 ("Атлант 65") и КамАЗ-6561 "Геркулес". Кроме того, совместно с компаниями-партнёрами был представлен целый ряд спецтехники на шасси КамАЗ.

Особое место в камазовской экспозиции занял прототип "Континент" — тягач поколения К6, полностью "оцифрованный" и оснащённый полуприцепом-фургоном с солнечными батареями на крыше. Он стал главной "демонстрацион-



одновременно преимущества как автобуса, так и троллейбуса.

"Исудзу" вместе с партнёрами из компании "Арктик Тракс" представили на стенде долгожданную версию пикапа "D-Мак АТ35 2021" с улучшенными относительно базовых моделей характеристиками проходимости. Также на стенде было представлено новое малотоннажное шасси ELF 8.0 колёсной формулы 4×4. В линейке строительной техники "Исудзу Рус" совместно с заводом по изготовлению спецтехники ТФК "Феникс" показали трёхосный самосвал на базе мод. "GIGA 6×4" с задней разгрузкой. Другая презентованная трёхосная модификация — шасси FVR 21T — представляет собой доработанный "Форвард FVR34". В линейке пассажирского транспорта "Исудзу" вместе с партнёрами из компании "СИМАЗ" была презентована удлинённая версия междугороднего автобуса.

Немецкий концерн "Шмитц Каргобулл Русланд" под девизом "100 % CONNECTED" представил вниманию российских компаний современный и высокоэффективный рефрижераторный полуприцеп "S.KO Кул Смарт Эксклюзив" с электронным температурным самописцем и в комплектации "S.CU" холодильной установкой "Шмитц-Каргобулл".

Вопросы экологии и защиты окружающей среды в стране — одно из серьёзных направлений поиска альтернативного топлива для автомобильных заводов. И, судя по представленным экспонатам на стендах автопроизводителей, можно сделать вывод, что отечественный автопром взял реальный курс на скорый переход на альтернативное топливо: электричество, газ и водород. Эти и другие актуальные темы были подняты в масштабной **деловой программе**, которая проходила на специально оборудованной площадке "Комтранс Арена" на протяжении четырёх дней. Спикерами программы выступили *более 70 ведущих экспертов автомобильной индустрии* и транспортной



выступил генеральный директор Ассоциации европейского бизнеса Таdziо Шиллинг, и аналитическая сессия "Рынок коммерческих автомобилей: состояние отрасли и прогноз на среднесрочную перспективу", модератором которой выступил исполнительный директор аналитического агентства "Автостат" Сергей Удалов. Сессии организованы совместно с Ассоциацией Европейского бизнеса. Продолжила программу первого дня панельная сессия "Использование водородного топлива на коммерческом транспорте", организованная совместно с Российско-Германской внешнеторговой палатой (АНК). Модерировал сессию Юрий Добровольский, руководитель Центра компетенций НТИ "Новые и мобильные источники энергии".



отрасли — руководители компаний-производителей, представители Минпромторга и Минтранса России, Правительства Москвы, а также специалисты других государственных организаций, аналитических компаний и профессиональных объединений. Посетителями мероприятий деловой программы стали более 615 операторов автопарков, дилеров автотехники и запчастей, представителей автосервисных организаций и водителей коммерческого транспорта. В рамках деловых мероприятий были подняты наиболее актуальные и волнующие темы, затрагивающие состояние автомобильной отрасли в целом и её отдельных сегментов.

Программу первого дня открыли стратегическая панельная сессия "Рынок коммерческого транспорта: влияние коронавирусной пандемии — точки роста", модератором которой



родных автомобильных перевозчиков (АСМАП). Модератором сессии выступил Вадим Захаренко, глава постоянного представительства IRU в Евразии. Завершилась деловая программа второго дня панельной сессией "Коммерческий транспорт на газомоторном топливе", соорганизатором которой выступила Национальная газомоторная ассоциация (НГА), а модератором — исполнительный директор ассоциации Василий Зинин.

Третий день программы деловых мероприятий был посвящён теме "Актуальные проблемы цифровой трансформации и зелёных технологий на транспорте". Соорганизатором программы третьего дня выступила "Транспортная Ассоциация Московской Агломерации" (Ассоциация "ТАМА"). Открытие программы третьего дня началось с приветствия



Второй день программы деловых мероприятий открыла панельная сессия "Введение нового утилизационного сбора и его влияние на рынок коммерческих автомобилей", организованная совместно с АНК. Модератором сессии выступил Андрей Сизых, старший менеджер по связям с государственными структурами Российско-Германской внешнеторговой палаты. Продолжила программу второго дня панельная сессия "Цифровая трансформация в сфере международных и внутрироссийских автоперевозок. Перспективы перехода к электронным транспортным и таможенным документам". Соорганизатором сессии выступили Международный союз автомобильного транспорта (IRU) и Ассоциация междуна-

Председателя Правления, Директора "Транспортной Ассоциации Московской Агломерации" (Ассоциация "ТАМА") Норайра Оганесовича Блудяна.

Программа третьего дня открылась сессией "Цифровая Эра транспорта" "Актуальные вопросы беспилотных логистических коридоров", модератором которой выступил президент ассоциации А.Д. Журавлёв.

Продолжили программу рабочая сессия Межотраслевого экспертного совета по развитию грузовой автомобильной и дорожной отрасли (МОЭС) "Современные технологии и развитие транспорта в период пандемии и постпандемии COVID-19" (модератор — Б.Б. Рыбак, Председатель МОЭС) и панельная сессия



"Цифровой и зелёный транспорт: тренды развития и агломерационный аспект" (модератор — Д.В. Пронин, заместитель руководителя Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы). Ключевыми темами, поднятыми в последней, были: мировые тренды цифрового и зелёного транспорта; национальная стратегия развития транспорта и транспортных средств в РФ; цифровизация агломерационного пассажирского и грузового транспорта, умный город; зелёный агломерационный транспорт; использование средств индивидуальной мобильности.

Завершила работу деловой программы третьего дня рабочая сессия Гильдии логистических операторов при МТПП "Организация работы грузового транспорта в условиях агломерационных ограничений" (модера-

тор — председатель гильдии С.В. Домнина). Ключевыми темами, поднятыми в данной сессии, стали: состояние и перспективы развития рынка грузовых перевозок; зелёная логистика и зелёное финансирование; транспортная дипломатия — подготовка специалистов; весовой контроль: автоматизация и бортовые системы; электронные навигационные пломбы: защита автомобиля и груза в режиме on-line.

Четвёртый день программы деловых мероприятий открыла панельная сессия "Что нужно сделать, чтобы система мониторинга автопарка реально помогала его управляющему?" (модератор — Виктория Шербакова-Слюсаренко, генеральный директор, ООО "Проектное моделирование бизнеса"). В завершении программы была проведена панельная сессия: "Женщина — водитель коммерческо-

го транспорта", соорганизатором которой выступил Международный союз автомобильного транспорта, а модератором — Вадим Захаренко, глава постоянного представительства IRU в Евразии.

В рамках выставки, в день её открытия, состоялось награждение победителей конкурса "Гран-при "За рулём" — Коммерческие автомобили", учреждённого редакциями двух изданий — "За рулём" и "Рейс".

На конкурс было заявлено 35 новинок техники, вышедших на российский рынок с 01.06.2020 г. по 30.06.2021 г. Профессиональное жюри, состоящее из представителей крупных автотранспортных компаний, торговых и ремонтных предприятий определило лучшие модели в семи номинациях:

- легкие коммерческие автомобили — "ГАЗель НН";
- среднетоннажные грузовые автомобили — "Хино" 300 XZU720;
- магистральные грузовые автомобили — "Мерседес-Бенц Актрос";
- строительные грузовые автомобили — КамАЗ-6595;
- автобусы малого и среднего класса — "Форд Транзит";
- автобусы большого класса — КамАЗ-6292;
- полуприцепы — "Шмитц Каргобулл S.KO Кул Сمارт".

Партнёрами мероприятия выступили российская компания производитель шин "Кордиант" и турецкая Ассоциация экспортёров автомобильной промышленности ОЭВ.

За рубежом



УДК 629.33

## КИТАЙ: РАЗВИТИЕ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ АВТОНОМНОГО ВОЖДЕНИЯ

Канд. экон. наук **САЗОНОВ С.Л., ВАН ЦЗИНВЭЙ**  
Институт Дальнего Востока РАН  
(sazonovch@mail.ru)

*В наши дни автомобильная промышленность КНР претерпевает существенную трансформацию — крупнейшие китайские автопроизводители с научно-техническими компаниями, исследовательскими центрами и крупными телеком-*

*муникационными корпорациями активно разрабатывают и внедряют в производство искусственные нейронные сети, основанные на технологиях искусственного интеллекта (ИИ), цифровые технологии и технологии "Больших данных", создают алгоритмы для использования ИИ и облачных вычислений в области беспилотного вождения, мониторинга дорожной обстановки, контроля и управления городским трафиком — в целом эта работа направлена на превращение китайских мегаполисов в "умные" города с удобной транспортной инфраструктурой и интеллектуальным автомобильным транспортом, а основной тренд уже очевиден — будущее китайского автопрома будет связано с автономным вождением, которое станет массовым явлением.*

Уже сегодня в Китае обмен информацией между автомобилями по технологии V2V вместе с получением автомобилями через технологию V2I данных о ситуации на дорогах и актуальных цифровых карт дорог позволяет в тестовом режиме обеспечивать безопасное и эффективное дорожное движение автономных автомобилей. Стремительное развитие новых технологий связи и беспилотного вождения в КНР становится не только одним из важнейших драйверов инновационного развития китайской промышленности, который генерирует значительный социальный и экономический мультипликативные эффекты в экономике страны, но и конкурентным преимуществом китайских компаний на мировом рынке продаж "умных" автомобилей и строительстве инновационных магистралей для беспилотных автомобилей, использующих альтернативные источники энергии.

**Ключевые слова:** Китай, автомобильная промышленность, беспилотное (автономное) вождение, искусственный интеллект, облачные вычисления, алгоритмы, мобильная связь 5G, драйвер, мультипликативный эффект.

### S.L. Sazonov, Wang Jingwei CHINA: DEVELOPMENT OF HIGH TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF AUTONOMOUS DRIVING

*Today, the automobile industry in China is undergoing a significant transformation — major Chinese automakers with scientific and technical companies, research centers and large telecommunications corporations are actively developing and implementing artificial neural networks based on artificial intelligence (AI) technologies, digital technologies and "Big data" technologies, creating algorithms for using AI and cloud computing in the field of driverless driving, road monitoring, control and management of urban traffic — in general, this work is aimed at turning Chinese megacities into "smart" cities with convenient transport infrastructure and intelligent road transport, and the main trend is already obvious — the future of the Chinese car industry will be associated with autonomous driving, which will become a mass phenomenon. Even today, in China, the exchange of information between cars using V2V technology, together with the receipt of data on the road situation and up-to-date digital road maps by cars through V2I technology, allows the safe and efficient road traffic of autonomous cars in a test mode. The rapid development of new communication technologies and driverless driving in China is becoming not only one of the most important drivers of innovative development of Chinese industry, which generates significant social and economic multiplier effects in the country's economy, but also a competitive advantage of Chinese companies in the global market of "smart" cars' sales and the construction of innovative highways for driverless cars, using alternative energy sources.*

**Keywords:** China, automotive industry, driverless (autonomous) driving, artificial intelligence, cloud computing, algorithms, 5g mobile communication, driver, multiplier effect.

Сегодня в Китае практически все крупные автопроизводители стремятся занять заметное место не только на развивающемся рынке продаж высокотехнологичных автомобилей, использующих альтернативные источники энергии (АИАИЭ), но и на пока еще мало "разработанном", но перспективном мировом рынке технологий автомобилестроения полу- и автоматического вождения, а также инновационного программного обеспечения со встроенной возможностью вождения без участия водителя (иначе — беспилотном или автономном вождении). Ныне в Китае уже практически разработаны автомобили, оснащённые автопилотом, работающим в полуавтоматическом режиме (в КНР

для полуавтоматического режима по степени автономности управления введены три уровня или классификатора системы вождения: L-1...L-3), а сами машины оборудуются разного рода датчиками и камерами видеофиксации и слежения, компьютерными модулями, которые анализируют складывающуюся на дороге обстановку и автоматически управляют автомобилем. Аналитики Китайской ассоциации автопроизводителей (КААП) уверены, что автономная система вождения наиболее безопасна, поскольку 90 % дорожных аварий происходит в силу человеческого фактора — усталости водителя, невнимательности при возникновении препятствий, дефектах дорожного полотна или вследствие вождения в нетрезвом виде<sup>1</sup>. Автомобили, которым будут присваивать уровень L-4 и уровень L-5, ещё находятся в стадии доработки и будут запущены в эксплуатацию в период 2022—2025 гг. [1]. Они будут обладать полностью автономной системой вождения при любых скоростях, причём последняя получит способность самообучения: в процессе эксплуатации, а компьютер системы станет собирать и обрабатывать данные о дорожной обстановке и отправлять их на центральный сервер автопроизводителя, который будет посылать обратно обновлённые программы и алгоритмы действий для автономной системы вождения<sup>2</sup>. Суть работы алгоритмов состоит в комбинировании данных с датчиков автомобиля в режиме реального времени (real-time) и данных карт в автономном режиме (offline). Метод одновременной локализации и построения карт и метод обнаружения и отслеживания движущихся объектов сегодня уже разработаны в Китае и будут применяться в беспилотных автомобилях — в результате подобного обмена информацией система автономного (беспилотного) вождения будет постоянно улучшаться и совершенствоваться. Системы 1...3-го уровня оборудованы радаром миллиметрового диа-

<sup>1</sup> В конце 2019 г. муниципальные власти Пекина заявили, что с 2020 г. они начнут решать задачу беспилотного вождения АИАИЭ уровня L-1, который, в частности, предусматривает способность беспилотной парковки за 1,5 минуты (двойной парковки — за 3,5 минуты), а также автоматического определения скорости впереди идущего транспортного средства, а также функцию распознавания знаков дорожного движения и возникающих препятствий без участия водителя.

<sup>2</sup> Специалисты КААП (как и международные автомобильные ассоциации) определяют пять уровней автоматизации автомобиля. Нулевой уровень (level-0) присваивается неавтоматизированным автомобилям. Первый уровень (level-1) присваивается автомобилям, оснащённым рядом функций, содействующих водителю. Второй уровень (level-2) свидетельствует о том, что автомобиль может самостоятельно управлять своим движением, но водитель должен постоянно контролировать действия автомобильной автоматики. Третий уровень (level-3) присваивается автомобилю, который может самостоятельно управлять своим движением в хороших погодных условиях на скорости около 50 км/ч, но при этом требуется присутствие водителя (например, для ликвидации внештатных ситуаций). Четвёртый уровень (level-4) свидетельствует, что автомобиль может полностью управлять своим движением, но только в определённой зоне перемещения. Пятый уровень (level-5) присваивается автомобилю, который может полностью управлять своим движением на любой территории, в любой точке мира (Zhang Dandan. Self-driving in China gets investment boosts. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202003/30/WS5e8164aea310128217282fa2.html> (дата обращения: 31.03.2020).

пазона, которые обеспечивают обнаружение пешеходов и других препятствий с разрешением 25 см даже на расстоянии до 50 м менее чем за 0,2 секунды и рассчитаны на то, что водитель постоянно следит за обстановкой на дороге и в любой ситуации может взять на себя управление автомобилем, либо в случае того, что водитель временно отвлекся, система контроля может оповестить его о проблеме на пути движения и принудительно возвратит его внимание к дорожной обстановке. Те системы, которые находятся выше по классификации (L-4 и L-5), автономно от водителя занимаются управлением АИАИЭ и полностью не требуют при этом его участия и контроля, а отличительная характеристика 5-го уровня заключается в том, что это происходит на любой дороге [2].

Китайские автопроизводители постоянно наращивают усилия по разработке технологии автономного вождения — автомобили компании *"Chongqing Changan Automobile"* (являющейся единственным китайским автомобильным производителем, получившим лицензии в США и КНР на испытания беспилотных автомобилей), прошли более 12 млн км дорожных испытаний в автономном режиме, включая 1 млн км в режиме испытаний автономного управления 3-го уровня. Руководство компании заявляет, что в ближайшие 10 лет намерено инвестировать 20 млрд юаней (2,98 млрд долл.) в исследования и разработки, а к 2025 г. начать массовое производство автомобилей со степенью автоматизации четвертого уровня. Ведущие китайские автопроизводители *"FAW Group"* и *"Hongqi"* к 2025 г. намерены запустить в эксплуатацию 17 и 14 новых моделей электромобилей соответственно, которые смогут осуществлять пробег до 600 км без дозаправки. Модели, которые будут выпускаться в 2023 г. (примерно по 100 тыс. автомобилей у каждого из указанных производителей), будут оснащены системами беспилотного вождения четвертого уровня, в 2025 г. (по 300 тыс. соответственно) системами автономного "умного" вождения уровня L-4 и в 2035 г. (по 500 тыс. единиц) с системами автономного вождения пятого уровня [3]. В декабре 2019 г. китайский автопроизводитель *"Dongfeng Motor"* стал первой китайской компанией, которая получила разрешение на тестирование беспилотных автомобилей на общественных дорогах в Европе. В октябре 2012 года *"Dongfeng Motor"* выкупила шведскую компанию *"T Engineering AB"*, которая стала первой зарубежной исследовательской базой китайского предприятия. В настоящее время техническая компания *"T Engineering AB T"* состоит из 80 инженеров и занимается исследованиями в области автономного вождения. Модель беспилотного автомобиля, которая предназначена для испытаний на общественных дорогах была разработана конструкторами *"Dongfeng Motor"*, а благодаря камере с высоким разрешением, радару и системе управления автономным вождением удалось достичь наивысшего в настоящее время уровня автономного вождения L-4, который уступает лишь технологии полностью автономного движения — уровню L-5 [4].

Китайская компания *"Baidu"* (первая в Китае научно-техническая компания по продвижению техноло-

гий искусственного интеллекта (ИИ) и автономного вождения), которая начала исследования систем беспилотного вождения в 2013 г., в последние годы вышла в мировые лидеры в области разработки систем автоматического управления и в январе 2018 г. на Международной выставке достижений в сфере электронных систем в Лас-Вегасе объявила об обновлении своей платформы *"Apollo 2.0"*, призванной в сотрудничестве с китайскими автопроизводителями *"JAC Motors"* и *"BAIC Motor"* в 2020 г. наладить производство беспилотных автомобилей третьего уровня [5]. 8 января 2019 г. на автомобильной выставке "CES 2019" в Лас-Вегасе (США) компания *"Baidu"* представила свою новую платформу *"Apollo Enterprise"*, которая представляла собой набор настраиваемых решений для автономного вождения и системы *IoV<sup>3</sup>* для серийных АИАИЭ, решающую проблему возможной аварийности, возникающей вследствие человеческих ошибок и обеспечении совместимости при обмене цифровыми данными между "интеллектуальными" автомобилями. Представленная *"Baidu"* платформа *"Apollo Enterprise"* совместима с картами высокого разрешения и платформами на базе ИИ и, посредством API и SDK, предоставляет разработчикам такие возможности беспилотного вождения, как ощущение личного присутствия, планирование маршрутов, управление транспортным средством и др. [6]. К августу 2019 г. платформе *"Apollo Enterprise"* было предоставлено более 100 лицензий на общедоступные дорожные испытания автономных транспортных средств в таких городах, как Пекин, Тяньцзинь и Чунцин. Последнее обновление *"Apollo Enterprise"* включает возможность управления в условиях сложных городских и пригородных сред, включая автономное определение наличия незащищённых поворотов, лежащих полицейских, "слепых зон", пересечений с боковыми улицами, сужение полос движения и обеспечение автономной парковки.

В конце января 2019 г. 22 автомобиля, оборудованных автономной системой вождения, прошли тестирование в г. Янцюань (пров. Шаньси). Автомобили самостоятельно пересекли пункты взимания платы, прошли по туннелю протяжённостью 10 км и специально оборудованному мосту, совершили повороты и развороты, перестроения и т.п. Испытания показали, что уже сегодня АИАИЭ, оборудованные автономной системой вождения, способны самостоятельно участвовать в городском движении без нарушений правил и без ДТП [7]. В 2019 г. китайская корпорация *"Baidu"*, лидер в области разработки систем ИИ в Китае, приняла решение создать центр облачных вычислений с применением технологий ИИ в г. Баодин (пров. Хэбэй). Новый центр облачных вычислений обещает стать самым крупным по масштабам и будет обслуживать пользователей в новом районе Сюньань и

---

<sup>3</sup> *IoV* — *Input/Output Virtualization* (виртуализация систем ввода/вывода цифровых данных на единой базе) — алгоритм, координирующий синхронизацию автомобилей с ИИ и других транспортных средств, который к ней подключены, а также способствует цифровизации систем управления/автомобилями и технологическому развитию в области "умного" транспорта.

других районах на севере Китая благодаря своей гигантской базе данных и высокопроизводительным вычислительным мощностям. Этот центр станет 2-м по счёту мегацентром облачных вычислений корпорации Baidu после 1-го подобного центра, созданного в г. Янцюань (пров. Шаньси). Эти центры займутся разработкой искусственной нейронной сети "Baidu Brain", основанной на технологиях ИИ и над созданием алгоритмов для использования ИИ и облачных вычислений в области беспилотного вождения и мониторинга дорожной обстановки, для контроля и управления городским трафиком — в целом эта работа будет направлена на превращение китайских мегаполисов в "умные" города с удобной транспортной инфраструктурой и интеллектуальным автомобильным транспортом<sup>4</sup>.

С тех пор, как в 1886 г. был произведён первый в мире автомобиль, автомобилестроение ещё никогда не сталкивалось с такими грандиозными изменениями, как сегодня — появляются "умные, обладающие контактом с сетью Интернета и владеющие навыком беспилотного вождения" автомобили нового поколения. С целью повышения конкурентоспособности на мировом рынке китайских автомобилей на новых источниках энергии, 15 ноября 2017 г. Государственный комитет по делам развития и реформ Госсовета КНР опубликовал проект "Стратегии инновационного развития производства интеллектуальных транспортных средств", в которой была поставлена задача (в рамках реализации "Стратегии развития национальной цифровой экономики", выдвинутой Председателем КНР Си Цзиньпином) стимулировать и расширять разработку систем ИИ, цифровых технологий и технологий "больших данных" ("BigData"). Согласно данным аналитиков Министерства, в 2021 г. в Китае ожидается бурный рост рынка технологий обработки "больших данных" и объём этого рынка превысит 800 млрд юаней (более 120 млрд долл.), а ежегодные темпы его прироста составят 25—30 % [8]. Вслед за провинциями Восточного Китая, где отрасль обработки "Больших

<sup>4</sup> Согласно данным исследовательского подразделения Министерства промышленности и информационных технологий КНР "China Industrial Systems", в 2019 г. Китай опередил США по количеству поданных заявок на патенты в области разработки систем ИИ — на конец 2019 г. китайские компании подали заявки на более 440 тыс. патентов в области разработки алгоритмов ИИ, из них компания "Baidu Inc" подала 5712 заявок на патенты, связанные с ИИ (первое место в Китае второй год подряд), за ним следовали компании "Tencent" (4115), "Microsoft China" (3978), "Inspru" (3755) и "Huawei" (3656). Отчет показал, что "Baidu" является лидером патентных заявок в нескольких ключевых областях разработки ИИ, включая моделирование рассуждений (1429), обработку естественного языка (938) и распознавание речи (933). Компания "Байду" также занимает лидирующие позиции в области разработки алгоритмов беспилотного вождения — 1237 патентные заявки, превосходя по этому показателю многие иностранные автомобильные компании. Согласно анализу крупнейшей международной консалтинговой компании "Pricewaterhouse Coopers", в 2019 г. мировые расходы на исследование и разработку в области ИИ составили 35,8 млрд долл., что на 44 % больше, чем в 2018 г., а вклад ИИ в мировую экономику вырастет с 2 трлн долл. в 2018 г. до 15,7 трлн долл. к 2030 г. (Nation leads the world in applications for AI patents. URL: [http://www.chinYHK-ToBna.org.cn/business/2019-12/19/content\\_75528749.htm](http://www.chinYHK-ToBna.org.cn/business/2019-12/19/content_75528749.htm) (дата обращения: 20.12.2019).

данных" стремительно развивается, лидерами сектора на юго-западе страны станут провинции Сычуань и Гуйчжоу, а также город центрального подчинения Чунцин. Правительство страны ориентирует отрасль "Больших данных" на увеличение объёма ежегодных продаж отраслевого продукта с 280 млрд юаней в 2015 г. до 1 трлн юаней к 2021 г. при средних ежегодных темпах роста объёмов продаж в размере около 30 % в период с 2016 по 2021 гг. В 2018 г. добавленная стоимость, создаваемая с помощью цифровой экономики в Китае составила 22,58 трлн юаней (3,41 трлн долл.) — по этому показателю КНР занимала 2-е место в мире [Cheng Yu, Hu Meidong]. На состоявшейся 18—20 сентября 2018 г. Международной конференции по цифровой экономике и цифровизации ЭПШП (г. Ханчжоу, пров. Чжэцзян) было подчеркнуто, что "развитие цифровой экономики рассматривается в Китае как одна из важнейших задач по формированию современной системы национальной экономики и обеспечению высококачественного развития страны". Согласно данным Государственной канцелярии интернет-информации КНР, в начале 2018 г. вклад цифровой экономики в ВВП страны составила 32,9 %, а её объёмы составили 27,2 трлн юаней. В ближайшие пять лет руководство Китая намерено инвестировать около 100 млрд юаней (14,5 млрд долл.) в развитие цифровой экономики, которые будут направлены на реализацию проектов в сфере больших данных, облачных вычислений, развитие "умных" городов и городского транспорта с ИИ, цифровизации ЭПШП. Эти цели были предусмотрены в соглашении, подписанном Банком развития Китая и ГКРР во время проведения Международной конференции [9].

*(Продолжение — в следующем номере)*

#### Источники

1. World's largest auto market eyes NEV, AI for new growth. URL: [http://www.china.org.cn/business/2019-04/19/content\\_74698594.htm](http://www.china.org.cn/business/2019-04/19/content_74698594.htm) (дата обращения 20.04.2019).
2. New Infrastructure Construction to Push Economic Growth. China's construction of new infrastructure is expected to create new drivers for economic growth. URL: [http://www.bjreview.com/Business/202003/t20200315\\_800197102.html](http://www.bjreview.com/Business/202003/t20200315_800197102.html) (дата обращения 17.03.2020).
3. Chen Liubing. China's AI ecosystem is changing real economy, says Li Kaifu. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201904/04/WS5ca561c3a3104842260b464f.html> (дата обращения 05.04.2019).
4. Liu Kunin, Zhao Ruixue. Sweden. OK's Chinese firm to test self-driving cars on roads. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/13/WS5df33de8a310cf3e3557e050.html> (дата обращения 14.12.2019).
5. Zhou Zheng. China supports development of new energy intelligent cars. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202001/15/WS5a5c41faa3102c394518f46a.html> (дата обращения 17.01.2020).
6. Year-ender: Major achievements in internet and technology. URL: [http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/21/WS5dfd4dc9a310cf3e3557fad9\\_6.html](http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/21/WS5dfd4dc9a310cf3e3557fad9_6.html) (дата обращения 23.12.2019).
7. Baidu tests driverless cars on expressway in Shanxi. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201901/23/WS5c483a32a3106c65c34e61f3.html> (дата обращения 23.01.2019).
8. Liu Yukun. China to further boost electric, smart car sales. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/03/WS5de61fafa310cf3e3557bb37.html> (дата обращения 06.12.2019).
9. Developing Big Data in the New Era. URL: [http://www.bjreview.com/Nation/20181218/t20181218\\_800112562.html](http://www.bjreview.com/Nation/20181218/t20181218_800112562.html) (дата обращения 19.12.2018).

# Содержание

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

**Козловский В.Н., Благовещенский Д.И., Айдаров Д.В., Шахов Н.Р.** — Организация и управление комплексными мероприятиями по улучшению качества продукции и услуг в автомобилестроении . . . . . 1

АСМ-факты . . . . . 6

## КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Шпилевский Г.Б.** — Задача автоматического управления распределением мощности по осям многоосной колёсной машины и методические принципы её решения . . . . . 7

**Денисов Д.М., Иванов М.Ю., Омаров А.Н.** — Динамика процессов в гидротрансформаторе . . . . . 11

**Балакина Е.В., Кочетов М.С., Сарбаев Д.С., Сергиенко И.В.** — Углы наклона колёс. Оценка влияния на устойчивость автомобиля по поперечному скольжению и поперечному опрокидыванию . . . . . 13

**Коробко Д.Д., Микаева С.А.** — Оптимизация профиля крыла гоночного автомобиля методом градиентного спуска . . . . . 17

**Павлов А.А., Ватагин А.А., Лебедев Д.В., Лебедев А.Е.** — Автомобильный предпусковой подогреватель . . . . . 22

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

**Разговоров К.И.** — Транспортно-трасологическая экспертиза . . . . . 24

## ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

**Дубовик Е.А.** — Для реновации полуоси автомобиля ВАЗ-2107 . . . . . 27

## ИНФОРМАЦИЯ

"Комтранс-2021" . . . . . 32

За рубежом

**Сазонов С.Л., Ван Цзинвэй** — Китай: развитие высоких технологий в области автономного вождения . . . 36

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"*

**Ксеньвич 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*

**Бурьян В.А.** — *главный конструктор ОАО "МЗКТ"*

**Кухаренок Г.М.** — *д-р техн. наук, профессор БНТУ*

**Лустенков М.Е.** — *д-р техн. наук, проф., ректор Белорусско-Российского университета (Могилёв)*

**Мариев П.Л.** — *д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси*

**Рынкевич С.А.** — *д-р техн. наук, БНТУ (Минск)*

**Степук О.Г.** — *генеральный конструктор — начальник НТЦ ОАО "БелАЗ"*

**Харитончик С.В.** — *д-р техн. наук, ректор БНТУ (Минск)*

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*

Корректор *Сажина Л.И.*

Сдано в набор 09.09.2021. Подписано в печать 05.10.2021.

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 "Авансд солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://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](mailto:avtoprom-atd@mail.ru)

[www.mashin.ru](http://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.