



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113:339.137.2

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА НОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Д-р техн. наук **КОЗЛОВСКИЙ В.Н.**, кандидаты техн. наук **АЙДАРОВ Д.В.**,
ПАНЮКОВ Д.И.; **КЛЕЙМЕНОВ С.И.**, **ШИХАРЕВ Л.Л.**
Самарский ГТУ, Поволжский ГУ сервиса (846.278-44-60)

Представлены результаты исследования качества новых автомобилей в состоянии поставки потребителю в процессе производственного контроля и по результатам ресурсных испытаний. Дана обобщенная оценка качества новых автомобилей и её роль в удовлетворённости потребителей.

Ключевые слова: качество, автомобильная промышленность, мониторинг качества.

Kozlovskiy V.N., Aydarov D.V., Panyukov D.I., Kleimenov S.I., Shikharev L.L.
RESEARCH QUALITY OF NEW CARS

The article presents the results of a study of the quality of new cars in the production control process, in the state of delivery to the consumer, according to the results of life tests. A generalized assessment of the quality of new cars and its role in customer satisfaction is given.

Keywords: quality, automotive industry, quality monitoring.

Как известно, качество автомобиля закладывается при его проектировании, а обеспечивается в производстве. Проявляется же оно на последующих этапах его жизненного цикла. И требует измерения — как после изготовления, так и в эксплуатации.

Цель настоящей работы — актуализировать проблему обеспечения качества автомобильной техники на основе комплексного исследования массива данных, отражающих дефекты новых автомобилей (выявляемые на этапе производственного выходного контроля качества) и отказы систем автомобилей в гарантийный период эксплуатации, с выделением наиболее важных систем, с точки зрения эксплуатационного качества. В качестве базы исследо-

вания выбраны данные по результатам производственного выходного контроля качества, а также данные из гарантийной эксплуатации одной из наиболее популярных моделей легковых автомобилей, производимых в нашей стране. Период исследования охватил весь 2017 календарный год и шесть месяцев 2018 г. Также в процессе исследования были использованы данные независимой экспертной лаборатории, которая проводила исследование нескольких автомобилей рассматриваемой марки в состоянии поставки, как аналог производственного контроля, и в процессе эксплуатации, как аналога гарантийного периода. В качестве инструментария исследования используется модифицированная диаграмма Парето, отражаю-

щая накопленный уровень дефектности по статистическим данным по конкретным системам автомобиля. Также в качестве инструментария используется экспертный метод анализа проблем качества новых автомобилей.

Рассмотрим результаты исследования качества автомобилей по данным из цеха выходного контроля качества продукции и от предприятий фирменного автосервиса в головную компанию, которые отражают уровень дефектности на новых автомобилях до продажи и в период гарантийной эксплуатации (рис. 1...4). Наибольшее число дефектов автомобилей рассматриваемой марки по данным цеха за полтора года анализа (с января 2017 г. по июнь 2018 г. включительно) приходится на системы "Салон автомобиля" (около 34 %) и "Кузов автомобиля" (около 26 %). На них же приходится и большая часть затрат на устранение дефектов. Система "Электрооборудование" занимает третье место как по дефектам (23,8 %), так и по затратам (20,2 %). То есть из функциональных систем она является наиболее дефектной. Следует также отметить, что не все автомобили с одним дефектом фиксируются при контроле в цехе. В силу этого фактические значения дефектности и рекламации системы "Электрооборудование" могут быть выше.

По данным гарантийной эксплуатации — по результатам устранения за те же полтора года — боль-

шинство дефектов автомобилей проявляется в системе "Электрооборудование" — 17,5 %. По затратам в гарантии система "Электрооборудование" занимает второе место: 17,8 % всех затрат в гарантии. (Первое место занимает система "Двигатель", на

долю которую приходится 17,9 % затрат.)

Таким образом, анализ дефектов и их причин, вскрытых в цехе выходного контроля, а также в период гарантийной эксплуатации, позволяет выделить наиболее существен-

ные проблемы качества автомобилей: сборочные дефекты кузова, дефекты двигателя, проблемы с качеством электрооборудования. Именно эти проблемные стороны качества автомобильной техники в настоящее время определяют перечень наиболее актуальных задач, решение которых позволит существенно снизить затраты на устранение дефектов (на качество) как внутри производства, так и в гарантии, а также повысить качество продукции.

Перейдём теперь к анализу результатов независимых испытаний автомобильной техники, полученных в ходе работ в международной сертифицированной лаборатории. В обобщённом виде выделенные в ходе контрольных испытаний шести автомобилей исследуемой марки проблемы, а также их визуализация представлены в таблице. Испытания проведены по нескольким направлениям экспертной оценки качества: качество автомобилей в состоянии поставки; качество по результатам испытания узлов и агрегатов на долговечность; оценка рисков безопасности эксплуатации автомобилей.

Анализ качества автомобилей в состоянии поставки (см. колонки 1 и 2 таблицы). В результате оценки выделены следующие проблемы: не выдержаны требования по креплению шланга подачи топлива (проблема № 1) к двигателю, что повлекло утечку топлива; несоответствие тормозной характеристики блокировки заднего колеса при резком торможении; сломан соединитель провода к передней фаре системы освещения; не работают индикаторы на панели приборов. Среди проблем, способных снизить потребительскую удовлетворённость, в состоянии поставки определены: шум и вибрация двигателя; затруднённое переключение передач (проблема № 2); некачественное крепление панелей обивки салона; затруднённое открывание/закрывание двери задка (проблема № 3). Рассматривая выделенные проблемы, обобщив их, можно вскрыть основную причину несоответствия требованиям к качеству автомобилей в состоянии поставки, — это та же причина, показанная ранее при анализе

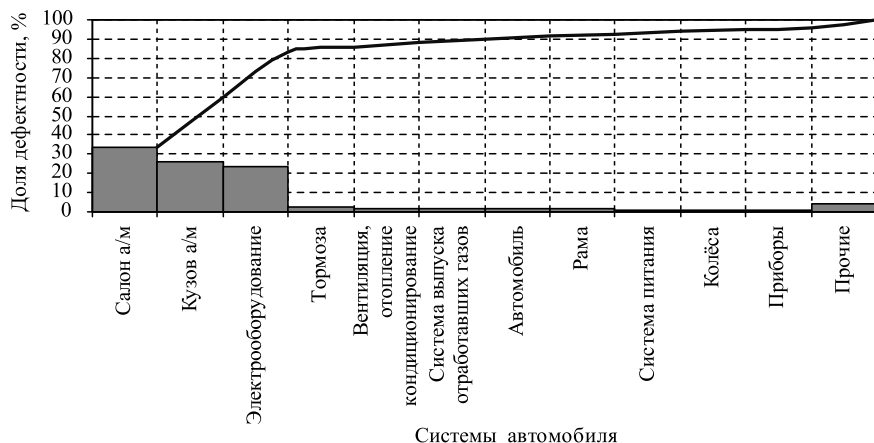


Рис. 1. Распределения дефектности по системам в цехе выходного контроля

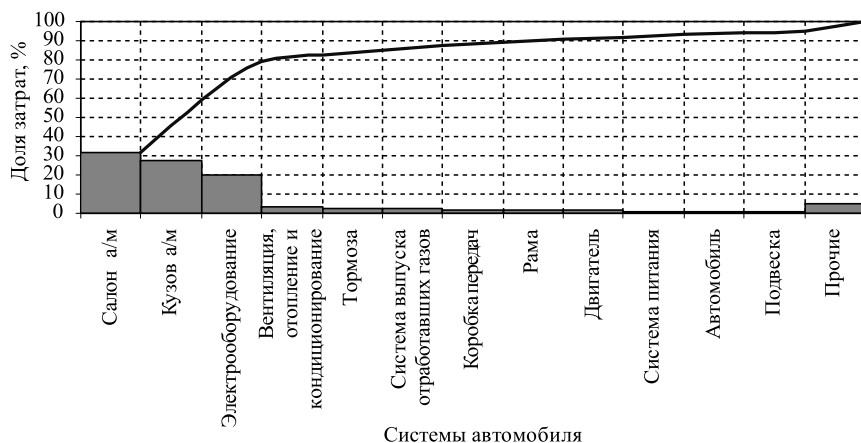


Рис. 2. Распределение затрат по системам в цехе выходного контроля

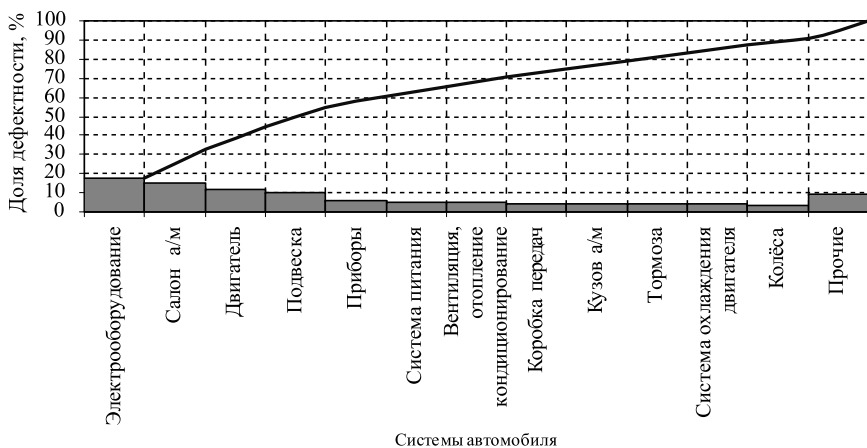


Рис. 3. Распределение дефектности по системам в гарантии

качества по результатам производства и связанная с невысоким качеством сборки.

Качество по результатам испытания узлов и агрегатов на долговечность (см. колонки 3 и 4). Во время дорожных испытаний по дорогам общего пользования в пределах 5000 км были выделены следующие проблемы в автомобилях в области качества: отказ трансмиссии (после остановки водитель не смог включить вторую и третью передачи); потеря первоначального момента затяжки гайки приводного вала передней левой (проблема № 1); от-

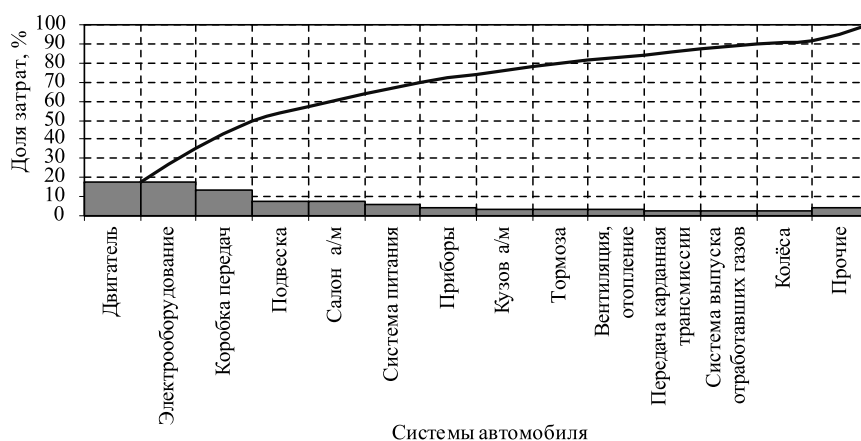


Рис. 4. Распределение затрат по системам в гарантии

Результаты испытаний новых автомобилей российского производства (номер и визуализация проблемы)					
в состоянии поставки		на долговечность		риски безопасности	
1	2	3	4	5	6
1.		1.		1.	
2.		2.		2.	
		3.		3.	
3.		4.		4.	
		5.			

каз соединителя топливного насоса (проблема № 2); отсоединился колпак переднего левого колеса (проблема № 3); отказ переднего левого электростеклоподъёмника; высокое потребление масла двигателем; неправильное подключение датчика температуры двигателя; негерметичность задних ветровых окон.

Оценка рисков безопасности эксплуатации автомобилей (см. колонки 5 и 6). В ходе испытаний были выделены следующие проблемы: вредный контакт кабеля контроля дроссельного клапана с крышкой вентилятора двигателя (проблема № 1); вредный контакт трубки тормоза с топливным шлангом (проблема № 2); вредные контакты шлангов охлаждения с несколькими соединениями (проблема № 3); вредный контакт электропроводки свечи зажигания с кронштейном крышки двигателя (проблема № 4).

Обобщая результаты ресурсных испытаний шести автомобилей, на наш взгляд, следует особое внимание обратить на проблемы, причинами которых является качество сборки продукции. Фактически, большая часть из выделенных проблем касается именно вопросов исполнительского качества, формируемого на сборочных конвейерах предприятий автопроизводителей.

В заключение проанализируем результаты эксплуатационных испытаний десяти автомобилей рассматриваемой марки на пробеге до 240 тыс. км по дорогам общего пользования.

Ранжирование полученных в ходе эксплуатационных испытаний автомобильной техники данных по основному классификационным причинам отказов показывает: порядка 40 % выявленных проблем так или иначе связано с качеством сборки агрегатов, узлов и автомобилей в целом; примерно 30 % проблем связано с недостаточным конструктивным качеством кронштейнов, трубок, шлангов и других элементов различных систем автомобилей; до 20 % проблем связано с отказами элементов системы электрооборудования; около 10 % проблем связано с наличием вредных контактов различных элементов и систем автомобилей.

Таким образом, результаты эксплуатационных испытаний, также как и результаты прочих рассмотренных выше исследований, вскрывают наиболее значительные проблемы качества автомобилей, заключающиеся в недостаточном качестве выполнения сборочных операций на конвейерах, наличия проблем качества отдельных узлов и агрегатов, а также проблем качества элементов системы электрооборудования транспортных средств. Также следует выделить систему электрооборудования автомобилей, значимость которой с точки зрения качества и эксплуатационной эффективности будет неуклонно возрастать. Данные по уровню дефектности и по затратам на их устранение однозначно показывают, что система электрооборудования уверенно занимает одно из двух лидирующих мест антирейтинга. В то же время результаты экспертной оценки и ресурсных испытаний автомобилей однозначно показывают важность обеспечения качества производства и сборки компонентов электрооборудования.

Теперь можно перейти к вопросу оценки качества новых автомобилей со стороны потребительской среды. Проведённый анализ корреляционных связей между отдельными оценками, определяющими единичные элементы обеспечения качества новых автомобилей, позволяет сделать некоторые выводы относительно первоначального, послепроизводственного качества новых автомобилей, так сказать, в состоянии поставки. Согласно полученным данным потребитель более подвержен к изменению удовлетворённости: в случае изменения качества готового продукта (автомобиля) коэффициент корреляции равен 0,65. Это говорит о том, что потребитель наиболее чувствителен именно к первичному качеству новых автомобилей и если оно высокое, то и удовлетворённость имеет соответствующее значение. При этом также важно обеспечение качества сервиса (коэффициент корреляции 0,61), и цена владения (0,6). Чувствительная связь наблюдается между удовлетворённостью сервисом и ценой владения (0,56); между удовлетворённостью сервисом и качеством автомобиля (0,51).

Как видим, для потребителя важны: первичное высокое качество приобретаемого автомобиля, приёмая воспринимаемая ценность качества (цена владения) и качество сервисного обслуживания. Причём всё это должно быть обеспечено уже на старте, т.е. когда автомобиль только что куплен. Потребитель не очень чувствителен к тому, что возможные в процессе эксплуатации проблемы с качеством, которые возникают на автомобиле, будут решаться быстро, будь то на конструкторском или производственном уровне или в сервисе. Это, мягко говоря, не повышает лояльность и удовлетворённость.

Таким образом, в результате комплексного исследования, установлено, что в существующих в настоящее время производственных условиях (на этапе выходного контроля) наиболее полно уровень дефектности, а также прогнозируемый уровень соответствующих показателей по компонентной базе системы электрооборудования оценить невозможно. К сожалению, как и ранее, для оценки качества электрооборудования необходимо использовать в первую очередь данные из периода эксплуатации.

В то же время, исходя из перекрестного анализа данных по дефектам, выявляемым в процессах выходного контроля качества, гарантийной эксплуатации, экспертной оценки и ресурсных испытаний, формируется достаточно полная картина, позволяющая выделить систему электрооборудования как ключевую, с точки зрения обеспечения качества новых автомобилей. Возникает потребность в развитии аналитических и аппаратных методов и инструментов оценки и прогнозирования качества электрооборудования автомобилей на стадии производства, для чего необходима разработка соответствующих диагностических производственных систем, решающих задачи как оценки, так и прогноза эксплуатационной эффективности новых автомобилей хотя бы в пределах гарантийного периода.

Работа подготовлена при поддержке гранта Президента РФ НШ-2515.2020.8

На АвтоВАЗе внедрена новая, более современная и эффективная методика контроля качества готовых автомобилей. Вместо уличного трека, который с 1973 года использовался для проверки каждого выпущенного автомобиля, открыта новая испытательная трасса, расположенная внутри главного корпуса. Это минимизирует влияние погодных условий на качество проверки автомобиля и улучшает условия труда водителей-испытателей. После сборки тест проходит каждый автомобиль. На новом треке длиной 300 метров расположены искусственные препятствия и виражи, обеспечивающие всеобъемлющую проверку качества сборки интерьера и работы основных систем и агрегатов автомобиля: ходовой части, коробки передач, рулевого управления. Всего задействовано восемь разнообразных участков: имитация бордюров, "лежачий полицейский", покрытие "рыбья кость", два крутых виража, асимметричная поверхность, брусчатка с крупным и мелким булыжником. Трек позволяет испытывать до 150 автомобилей в час и гарантировать неизменные характеристики дорожного полотна, препятствий, а также отсутствие повреждений кузова от погодных и дорожных условий.



Отметим, что финальная проверка автомобиля — это важная, но не единственная операция контроля качества. Современные стандарты качества предусматривают проверку на всех этапах производства: штамповка, литые металл и пластика, сварка и окраска кузова. Отдельно, и также в несколько этапов, тестируется двигатель и трансмиссия. Через процедуру промежуточных и финальных испытаний, как и ранее, проходит 100 % автомобилей, выпускаемых на АвтоВАЗе. Новая методика контроля качества полностью соответствует стандартам Альянса "Рено-Ниссан".

Компания "МВМ Моторс", частный мелкосерийный производитель премиальных электромобилей в Чехии, анонсировала выпуск сразу двух инновационных модификаций на базе УАЗа. Созданный на основе модели "Хантер" электромобиль МВМ "Спартан" сочетает передовые технологии с легендарной проходимостью ульяновского внедорожника. Будущий электромобиль полностью сохранит узнаваемую внешность. Мощный электродвигатель, который в данный момент проходит финальные испытания, и блок аккумуляторных батарей ёмкостью 56...90 кВт·ч обеспечат новинке необходимые динамические показатели и внушительный запас хода. Геометрические параметры проходимости и подключаемый полный привод с понижающей передачей позволяют сохранить возможности за пределами асфальта на традиционно высоком для УАЗа уровне. Надёжность, практичность, минимализм, доступность, ремонтопригодность — по словам представителей чешской компании, именно за эти качества выбор пал именно на УАЗ. Автомобили линейки "Спартан" призваны закрыть собой фактически пустующую западно-европейскую нишу моделей для работников фермерских хозяйств, лесной промышленности и горнодобывающих компаний, чья деятельность напрямую связана с движением по бездорожью. Изначально доступная цена и невысокие затраты на регулярное обслуживание априори подразумевают невысокие эксплуатационные издержки.



Кроме того, МВМ "Спартан" вновь откроет дорогу автомобилям УАЗ на рынки стран с левосторонним движением. На третий и четвёртый кварталы 2020 г. по окончании сертификационных испытаний запланировано производство внедорожников для Великобритании соответствующим с бензиновой и электрической силовыми установками. Запуск же версии EV для остальной Европы ожидается к концу года. Сборка обеих модификаций будет осуществляться в Чешской Республике на производственных мощностях "МВМ Моторс".

"Объединённая машиностроительная группа" (ОМГ) Дмитрия Стрельнева закрыла сделку по приобретению активов Группы "ГАЗ" в сфере производства грузовых, дорожно-строительной и спецтехники. В частности, ОМГ стала владельцем 100 % АО "Автомобильный завод "Урал" и ООО "РМ-Терекс" (управляет ЗАО "Тверской экскаватор", ЗАО "Челябинские строительные-дорожные машины", ЗАО "Брянский арсенал" и ЗАО "Заволжский завод гусеничных тягачей"), а также 47,2 % ПАО "Ярославский моторный завод" (примерно такой же пакет остаётся у Группы "ГАЗ"). Сделка с ОМГ сократила долг Группы "ГАЗ" и поддержала её финансовый результат на фоне падения рынка и негативного влияния американских санкций, что позволит не сокращать инвестпрограмму в 2020 году.

Д. Стрельнев в начале 2000-х годов возглавлял автомобильный холдинг "Руспромавто" и параллельно был гендиректором ГАЗа; в 2003—2018 гг. был главой "ЕвроХима", подконтрольного Андрею Мельниченко. О готовящейся сделке стало известно в конце 2018 года. "ГАЗ" аргументировал возможную сделку тем, что группа давно вела поиск стратегического инвестора на непрофильные активы и намерена сосредоточиться на сегменте коммерческих автомобилей и автобусов. В апреле 2018 г. Группа "ГАЗ" подпала под американские санкции вместе со своим владельцем Олегом Дерипаской. Ограничения пока не вступили в силу: OFAC (Office of Foreign Assets Control, подразделение Минфина США, отвечающее за правоприменение в области санкций) периодически отодвигает дедлайн, чтобы дать время для завершения переговоров о выводе Группы из-под санкций. Две другие крупнейшие компании О. Дерипаски — "En + Group" и "РусАл" — были исключены из SDN List после того, как бизнесмен отказался от контроля в них. Группа "ГАЗ" неоднократно заявляла, что санкции плохо влияют на финансовое положение компании. Санкционное давление называлось одной из причин перехода на четырёхдневную рабочую неделю, который, впрочем, пока не состоялся — благодаря поддержке посредством госказаса.

Минский автозавод выпустил первый серийный газовый мусоровоз МАЗ-4901С4. Автомобиль собран на заводе "Могилёвтрансмаш" и работает на сжатом природном газе. На нём используется топливная система четвёртого поколения от норвежской компании "Хексагон". Для заправки газом установлены два блока из композиционных баллонов общим объёмом 420 литров, обеспечивающие запас хода около 200 км. По сравнению с традиционными дизельными новыми мусоровозами на 40 % экономичнее именно за счёт затрат на топливо. Ещё одно преимущество — высокая экологичность: двигатель автомобиля выбрасывает в 10 раз меньше угарного газа и вдвое меньше оксидов азота. Кроме того, автомобиль практически не шумит на фоне классических мусоровозов.

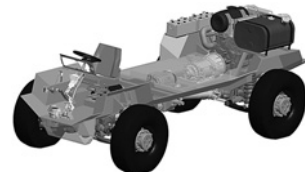


Кузов — с задней загрузкой, вмещает более 10 м³ мусора. В машине используется быстроразборная арматура, которую легко ремонтировать. В передней части кузова и на заднем борту встроены отстойники. Тем самым жидкая грязь не растекается вокруг техники, а накапливается и сливается в специально отведённых местах. Направляющие плиты-пресса и загрузочная "ванна" изготовлены из шведской износостойкой стали. А основная гидравлика, в том числе распределители, гидроблок управления и насос, поставлены мировыми брендами. Машина поддерживает евростандарт по безопасности. Так, монитор и камера заднего вида позволяют вести контроль над загрузкой и разгрузкой, а задний упрощают движение задним ходом. Предусмотрен и двуручный алгоритм закрытия заднего борта. (Водитель мусоровоза подходит к заднему борту, при помощи двойных ручек закрывает его, одновременно контролируя отсутствие в кузове нежелательных эле-

ментов.) Мусоровоз уже прошёл длительные испытания по безопасности и экологии. Новинка получила одобрение типа транспортного средства Таможенного союза. Машина может прижиться не только в Беларуси — её планируют поставлять в Россию и другие страны СНГ.

Автомобилестроительный завод "Автотор" с 30 марта по 5 апреля 2020 года полностью останавливает работу во исполнение Указа Президента РФ № 206 "Об объявлении в Российской Федерации нерабочих дней". В целях обеспечения дополнительной санитарно-эпидемиологической защиты в период нерабочих дней на всех производствах предприятия в Калининграде и Калининградской области будет проведена дезинфекция производственных цехов, административных и бытовых помещений, включая столовые и складские помещения, где размещаются комплекты для производства автомобилей, прибывающие из стран Европы и Азии. Общая площадь обрабатываемых помещений составляет порядка 200 тысяч кв. м. Санитарная обработка будет производиться сертифицированным высокоэффективным составом, уничтожающим все вновь выявленные виды вирусов, включая COVID-19, и все ранее известные штаммы любого гриппа. Для проведения данных работ будет привлечена организация, имеющая лицензию на дезинфекционную деятельность в соответствии с законодательными нормами РФ.

Линейку своих самоходных шасси расширяет КраЗ. Главной особенностью новой модели, которая получила название КраЗ-"Атлант", стало расположение силового агрегата в задней части автомобиля. Такая компоновка является востребованной для различных видов военной техники, и аналогичных предложений на рынке от автомобильных брендов не так много. А их цена на подобные специальные модификации зачастую заставляет бронестроителей и спецнастройщиков самостоятельно дорабатывать стандартные автомобильные шасси, что не лучшим образом влияет на качество и рабочие характеристики конечного изделия. "КраЗ" принял решение откликнуться на потребности рынка — предложить универсальную готовую шасси-платформу с современными компонентами, при этом побороться за лучшее на рынке соотношение цены и качества, а также технических параметров.



Разработка новинки уже на завершающей стадии. Основные преимущества нового шасси с задним расположением силового агрегата: увеличенная рабочая зона экипажа с уменьшенной высотой общего профиля автомобиля; возможность увеличить фронтальную баллистическую защиту изделия; значительный клиренс (400 мм); система автоматического регулирования и поддержания давления в шинах; высокоэффективные дисковые тормоза с АБС; шасси уже в базовой версии укомплектовано независимой подвеской, днищем с противоминной защитой для уровней 2-3 по "Stanag 4569".

На Брянском автомобильном заводе состоялся общее собрание молодых специалистов, на котором был избран новый состав Совета молодых специалистов, подведены итоги 2019 г. и утверждён план работы на 2020 г.

Деятельностью совета будет руководить актив, избранный всеобщим открытым голосованием на один год. Новая команда — это 15 работников предприятия — инженеры-конструкторы, технологи, специалисты по безопасности, метрологии, социальной работе, а также представители производственных цехов, которым предстоит в 2020 году внести свой вклад в развитие корпоративных ценностей и традиций предприятия. Основными направлениями работы молодежного совета определены: помощь молодым сотрудникам в адаптации на предприятии и решение социальных проблем, развитие системы наставничества, повышение квалификации на базе корпоративного научно-образовательного учебного центра, поощрение получения ученой степени, проведение конкурсов технических идей, общественных, культурных, социальных, спортивных и других мероприятий. Ключевыми мероприятиями в нынешнем году станут подготовка к празднованию 75-летия Победы в Великой отечественной войне и участие в молодежном фестивале творчества и спорта работающей молодежи предприятий Концерна воздушно-космической обороны "Алмаз — Антей" "Кураж-2020".





УДК 629.37

ВОДОРОД: СЖИГАТЬ ИЛИ НЕ СЖИГАТЬ?

ХОРТОВ В.П., канд. физ.-мат. наук **ЗУЕВ С.М.**,
д-р физ.-мат. наук **СКВОРЦОВ А.А.**,
канд. техн. наук **ФИРОНОВ А.М.**, **ВЕЛИКИЙ М.Д.**,
СВИНЦОВ М.В., **ШИРОКОВ П.С.**

Московский политехнический университет (МАМИ)
(sergei_zuev@mail.ru)

Описываются назначение, область применения, основные параметры водородных систем. Показаны преимущества от использования водорода в качестве топлива для современных гибридных автотранспортных средств. Представлено описание упрощённой схемы электрохимического генератора, блок-схема гибридного электромобиля с электрической трансмиссией и ЭХГ, схема топливного элемента. Показаны преимущества новых методов преобразования энергии.

Ключевые слова: водород, топливные элементы, гибридные транспортные средства, электрическая трансмиссия, электрохимический генератор, энергоэффективность.

Khortov V.P., Zuev S.M., Skvortsov A.A., Fironov A.M., Veliky M.D., Svintsov M.V., Shirokov P.S.
HYDROGEN: BURN OR DO NOT BURN?

The article describes the purpose, scope, basic parameters of hydrogen systems. The benefits of using hydrogen as a fuel for modern hybrid vehicles are shown. The article also provides a description of a simplified diagram of an electrochemical generator, a block diagram of a hybrid electric vehicle with an electric transmission and ECG, and a diagram of a fuel cell. The advantages of new methods of energy conversion are shown.

Keywords: hydrogen, fuel cells, hybrid vehicles, electric transmission, electrochemical generator, energy efficiency.

Бурное развитие мировой экономики требует всё большего и большего количества ископаемых топлив — основных энергоносителей. Однако необходимо считаться с тем, что все их виды будут в перспективе исчерпаны. Горючее из биомассы, на которое надеются некоторые специалисты, также не в состоянии удовлетворить мировую потребность в моторном топливе. Между тем есть основания предполагать, что идеальным топливом будущего станет водород, представляющий собой очень лёгкий, широко распространённый газ, по сути являющийся природным аккумулятором энергии.

Основные свойства водорода приведены в табл. 1. Их анализ показывает, что этот газ обладает действительно уникальными свойствами. Так, его плотность настолько мала, что его уже давно и успешно используют в космических аппаратах. Как аккумулятор энергии, он превосходит бензин, дизельное топливо и природный газ в три раза. При этом водород является одним из самых распространённых элементов на Земле. При сгорании его в атмосфере кислорода образуется вода, из которой можно снова получить водород.

Анализ этих свойств водорода настолько заворожил учёных и специалистов, что в научных и производственных сферах давно муссируется идея использования водорода, например, в двигателях внутреннего сгорания. На первый взгляд, водород — это идеальный источник энергии, о котором можно только мечтать. Но мечтами дело уже не ограничивается. Ряд фирм и научных организаций всюду разрабатывают двигатели и установки, работающие на водороде и добившись в решении этого вопроса больших успехов, начиная от первого стационарного одноцилиндрового двигателя воздушного охлаждения, созданного фирмой "Биллингс" (США, 1964 г.). На базе этого образца фирма в дальнейшем разрабатывает ещё два десятка разновидностей водородных двигателей, выполненных на базе серийных вплоть до шестицилиндрового двигателя на базе дизеля рабочим объёмом 5,766 л. Финансирование научно-исследовательских работ по водородным двигателям начала фирма "Форд", и совершенно понятно почему. В настоящее время такие работы ведутся в сотнях научных организаций и на тысячах моделей различных двигателей внутреннего сгорания во всех развитых странах.

Однако иначе на этот процесс смотрят в Московском политехническом университете: имеются очень большие сомнения в правильности и эффективности сжигания водорода в двигателях внутреннего сгорания. На кафедре "Электрооборудование и промышленная электроника" проанализировали водородные технологии, которые чётко разделены на ветви: непосредственно сжигать водород в двигателях внутреннего сгорания или всё же использовать другую технологию — направлять водород в топливные элементы или химические генераторы, где происходит реакция соединения водорода с кислородом с получением непосредственно электрической энергии без сжигания водорода при обычной температуре.

Сомнения учёных университета имеют веские основания. Стоит ли водород, с энергетической способностью втрое большей, чем у бензина и дизельного топ-

Таблица 1

Свойства	Топлива		
	Бензин	Дизельное	Водород
Плотность, кг/дм ³	0,73	0,86	0,071
Температура кипения, °С	38—204	160—343	—253
Теплотворная способность, кДж/кг	4,49 · 10 ⁴	4,3 · 10 ⁴	12,0 · 10 ⁴
Температура воспламенения, °С	257	254	574
Скорость горения, м/с	0,34	0,34	2,7

лива, сжигать в ДВС, коэффициент полезного действия которого немногим выше 20 %, если существуют электрохимические генераторы (ЭХГ) с КПД 75 %? При сгорании в ДВС мы теряем 75 % энергии водорода, а при направлении водорода для получения электрической энергии непосредственно в электрохимический генератор получаем эффективность такой водородной технологии примерно в 9 раз эффективнее непосредственно сгорания в ДВС.

Но это ещё не всё. Замечено, что водород легко проникает в любые зазоры в ДВС, в том числе через клапаны во впускном и выпускном трубопроводе, и это становится причиной взрывов в них, что приводит к авариям двигателей.

Далее. Так как водород занимает большой объём, он уменьшает общее количество горючей смеси в конце такта впуска по сравнению с использованием жидкого топлива, подаваемого в каплеобразном состоянии. Это приводит к тому, что объём рабочей смеси уменьшается и удельная мощность работающего на водороде двигателя оказывается ниже, чем у двигателя, работающего на бензине.

И самое интересное. Многие сторонники водородных двигателей внутреннего сгорания и впрямь думают, что из выпускной трубы такого двигателя выделяется только вода. Однако, к сожалению, это не так. При работе двигателя на водороде в камеру сгорания подаётся не чистый кислород, а атмосферный воздух, состоящий примерно из 22 % кислорода и 75 % азота, а значит, при сгорании водорода образуется ещё и букет оксидов азота, многие из которых ядовиты. Если же в ДВС в качестве окислителя использовать чистый кислород, то возникает ряд новых проблем: во-первых, необходимо иметь ещё один баллон со сжатым кислородом, а во-вторых, сгорание водорода в кислороде происходит с очень большой скоростью, практически взрывом, т.е. двигатель должен будет работать чрезвычайно жёстко, со всеми вытекающими последствиями.

Что же касается экологически чистой воды, то, образуясь в камерах сгорания двигателя, она неизбежно вызывает его коррозию — значительно большую, чем в случае работы на других топливах.

Все эти мелки, как считают некоторые сторонники водородных двигателей, недостатки конечно можно так или иначе устранить, но в таком случае радикально повышается стоимость производства и эксплуатации такого двигателя. Это при том, что стоимость единицы энергии, полученной в виде водорода электролизом воды, в 2...3 раза дороже единицы энергии, содержащейся в бензине.

Судите сами после этого — стоит ли сжигать водород в ДВС?

Очевидно, что применяемые методы преобразования химической энергии топлива в механическую несовершенны, что и показал предыдущий анализ современного использования углеродного топлива в частотности в ДВС. Не спасает положение и применение водорода, несмотря на его тройное превосходство по удельной энергии. Однако в настоящее время широким фронтом ведутся работы по созданию новых ме-

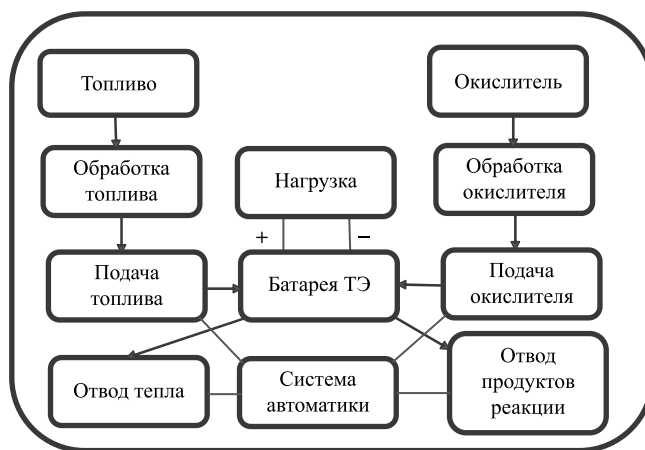


Рис. 1. Упрощённая схема электрохимического генератора

тодов преобразования энергии. Одним из таких методов является упомянутый выше электрохимический, при котором получают непосредственно электрическую энергию.

Энергетическая установка такого типа состоит, как правило, из батареи топливных элементов. Одного элемента для непрерывного получения электрической энергии недостаточно, так как напряжение его не превышает 1 В, да и токи, отдаваемые им, также невелики. Поэтому топливные элементы и собирают в батареи — для получения желаемых тока и напряжения. Для постоянного получения электроэнергии необходимо непрерывно подводить окислитель и восстановить в батарею элементов, выводить продукты реакции из батареи, поддерживать температуру, регулировать напряжение и т.д.

Такой агрегат, состоящий из устройства для очистки и подвода топлива и окислителя, вывода продуктов реакции, контроля и поддержания температуры и напряжения и других устройств, и называется электрохимическим генератором (рис. 1). Отдельные системы ЭХГ взаимосвязаны и в зависимости от назначения генераторов могут быть видоизменены, но в любом случае должны осуществляться подвод топлива, окислителя, вывод продуктов реакции и контроль температуры.

Выполнять свои функции ЭХГ должен не только в стационарном режиме, но и при переменных нагрузках. Сам же он входит в состав энергетической установки, которая включает системы хранения топлива, окислителя, устройства преобразования энергии, например, инвертора, контроля температуры и систему автоматики.

Топливный элемент — это устройство, в котором энергия взаимодействия топлива и окислителя непрерывно и отдельно подводимых к электродам, непосредственно превращается в электрическую энергию. По принципу действия топливный элемент подобен обычному гальваническому элементу. Однако он имеет две важные особенности, из-за которых протекающие в нём процессы существенно отличаются от процессов в элементе гальваническом. Так, электроды в топливном элементе не расходуются; активные ком-

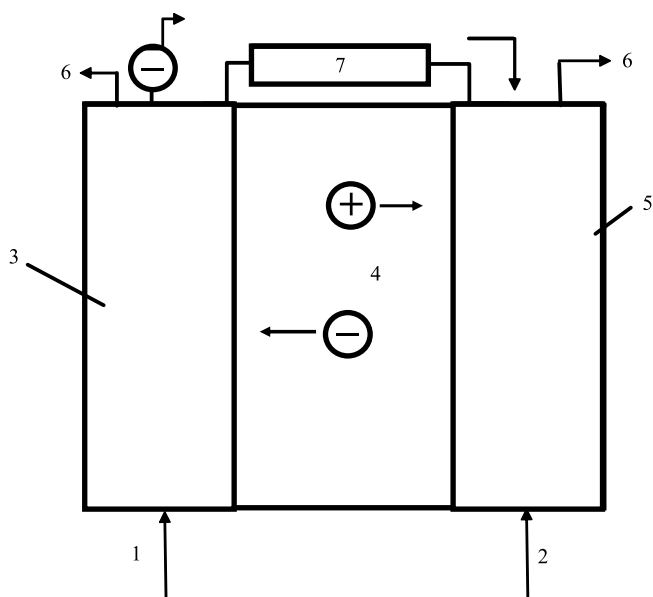


Рис. 2. Схема топливного элемента:

1 — топливо; 2 — воздух (кислород); 3 — анод; 4 — электролит; 5 — катод; 6 — продукты реакции; 7 — нагрузка

поненты не закладываются единожды, а подводятся непрерывно. Топливный элемент работает до тех пор, пока в него поступают восстановитель (топливо) и окислитель, тогда как срок службы гальванических ограничен. То есть использовать топливные элементы можно сколь угодно долго по времени, лишь бы подавались компоненты реакции, а это радикально и расширяет области применения таких источников тока.

На эту особенность топливных элементов обратили внимание учёные многих стран, сразу после создания первого топливного элемента ещё в 1839 году (У. Гроув). Однако он имел очень низкие характеристики и не мог найти технического применения. В дальнейшем топливными элементами занимались П.Н. Яблонков (1887 г.), В. Оствальд (1894 г.), В. Нерст, Е. Бауер и другие учёные. И только когда получила развитие теоретическая электрохимия, стали появляться работы в области кинетики электродных процессов, появились успехи в области химического катализа, металлокерамики и полимерных материалов. Кроме того, развитие топливных элементов способствовало потребности в новых источниках энергии для космической техники, транспорта и других областей.

Простейшая схема топливного элемента представлена на рис. 2. Он состоит из двух электродов и электролита между ними. На одном из электродов — аноде — происходит электрохимическое окисление топлива. На втором — катоде — происходит электрохимическое восстановление окислителя. В электролите происходит движение положительно заряженных ионов к катоду и отрицательно заряженных ионов к аноду. Электролит также служит для разделения топлива и окислителя. При работе топливного элемента электроды подключаются к нагрузке обыкновенными проводниками.

В топливном элементе с щелочным электролитом окислителем служит кислород, восстановителем — во-

дород. На аноде происходит электрохимическое окисление водорода: $2\text{H}_2 + 4\text{OH}^- \rightarrow 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$, получаемые в результате реакции электроны по внешней цепи перетекают на катод, совершая на своём пути работу. На катоде происходит восстановление кислорода: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$. В электролите гидроксил-ионы двигаются от катода к аноду. Суммарная токообразующая реакция: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$.

Таким образом, весь процесс складывается из нескольких последовательных стадий: *растворение газообразного водорода в электролите; диффузия растворённого водорода к поверхности электрода; адсорбция молекулы водорода на электродной поверхности; расщепление молекул водорода на адсорбционные атомы; разряд, т.е. ионизация адсорбированного атома с переносом электрона; десорбция иона гидроксила.*

Описанный процесс получения тока в топливном элементе значительно сложнее и его можно рассчитать, используя элементы химической термодинамики, постоянные Гиббса, Фарадея, законы термодинамики, а также зная энтальпию реакции, её энтропию и абсолютную температуру.

В общем виде ЭДС топливного элемента равна: $E = -\Delta H/(zF) + T\Delta S/(zF)$, где ΔH — энтальпия реакции; z — число электронов, участвующих при электрохимическом превращении одной молекулы вещества; F — число Фарадея, равное 96 500 Кл/моль; T — абсолютная температура, °К; ΔS — энтропия реакции.

Мощность топливного элемента: $P = UI = UI_T S$, где U — напряжение топливного элемента, В; I — ток топливного элемента, А; I_T — ток с единицы площади топливного элемента, А; S — площадь поверхности топливного элемента, см².

Анализируя последние формулы, видим, что в основном мощность топливного элемента зависит от площади поверхности электродов и температуры реакции. Отсюда вытекает основное требование к электродам топливного элемента: они должны иметь пористую структуру для увеличения площади поверхности электрода. Известно, что площадь поверхности можно увеличить в 1000 раз, поэтому все электроды изготавливают пористыми. Но если быть точным, то пористость должна быть переменной, т.е. со стороны поступления газа она должна быть большей, чтобы газ более свободно проходил к электролиту, а со стороны электролита — меньшей, чтобы электролит не мог попасть в область поступления газа. И это при толщине электрода всего в 1,0–1,2 мм.

Второе требование к топливным элементам — использование катализаторов для активации процессов как на аноде, так и на катоде. Причём катализаторы для топлива и окислителя могут быть разные. В качестве катализаторов служат металлы и полупроводниковые материалы в основном платиновой группы — никель, серебро и некоторые сплавы.

В качестве носителя электролита в кислородно-водородных топливных элементах применяется природное волокнистое вещество — асбест. Из него делается хризотил-асбестовая бумага толщиной 0,3 мм, которая поглощает большое количество электролита и прочно его удерживает. В случае водородно-кислородных топ-

ливных элементов электролитом служит 38%-ный раствор КОН.

В качестве топлива в электрохимических генераторах, вообще говоря, могут использоваться различные восстановители и окислители (табл. 2 и 3). Но к настоящему времени наиболее разработаны ЭХГ, использующие в качестве топлива водород, а в качестве окислителя кислород воздуха, так как они уже с 1970 года начали разрабатываться для наземных систем. Начиная с 1980 г. ЭХГ заинтересовались такие фирмы-производители автомобилей, как "Форд", "Дженерал-Моторс", "Тойота", "Рено", БМВ, "Даймлер-Крайслер" и др. Они опробовали на практике такие источники тока применительно к автомобилям и электромобилям. Однако работы эти, как и следовало ожидать, потерпели фиаско, так как изготовить ЭХГ мощностью 100—150 кВт в настоящее время довольно дорого и сложно, да и масса такого генератора вместе с водородными баллонами будет внушительной. Тем более,

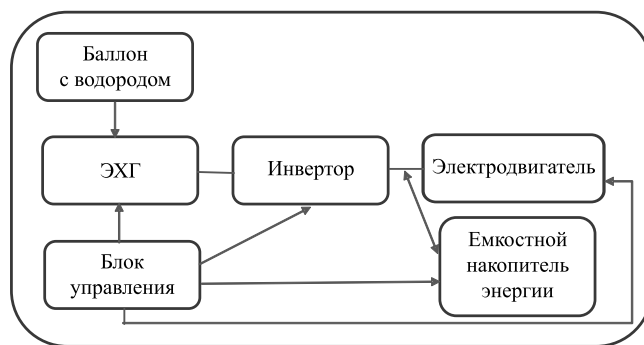


Рис. 3. Характер движения автомобиля в городе:
1 — разгон, 2 — равномерное движение, 3 — торможение

что углеводородное топливо на Земле ещё не закончилось, т.е. идея признана преждевременной.

Однако так не считают специалисты некоторых кафедр Московского Политеха. Такие генераторы уже можно использовать в транспортных средствах с комбинированными энергоустановками, причём обязательно с электрической трансмиссией и ёмкостными накопителями энергии. Суть предложения основана на уже проведённых исследованиях характера движения автомобильного транспорта в современных городах (рис. 3).

Проанализировав виды движения городского транспорта, специалисты получили очень интересные данные: в городском цикле средняя используемая мощность для легкового автомобиля составляет 16,6 % от максимальной, для грузового — 13,3, а для автобуса — 11,9 %. Отсюда напрашивается вывод: установленная мощность на транспортном средстве может быть равна средней мощности цикла, а пики мощности при разгоне, обгоне и на подъёмах достигаются за счёт накопителей энергии. В основном ёмкостными, хотя, в принципе, это могут быть и аккумуляторные батареи.

Дело в том, что ЭХГ на такие мощности, которые соответствуют средней мощности движения автомобилей в городском режиме, уже есть, и по последним данным удельная энергия водородно-кислородных топливных элементов составляет 1 кг на 1 кВт. Правда, без вспомогательных систем, имея в виду баллоны с водородом, систему охлаждения и автоматики. В этом случае удельная энергия составит 2 кг на 1 кВт мощности, а 10 литров жидкого водорода хватит двигателю средней мощности для легкового автомобиля на 3000 км.

В случае же использования подобных транспортных средств в магистральных режимах, где средняя мощность должна быть больше, чем в городских циклах, в качестве накопителей энергии можно с успехом применять дополнительно к ёмкостным накопителям аккумуляторные батареи, что позволит уменьшить массу конденсаторов.

Блок-схема такого гибридного электромобиля, непременно с электрической трансмиссией, показана на рис. 4. Здесь используется водородно-кислородный генератор мощностью 15 кВт. Энергия от ЭХГ подаётся на инвертор в случае применения синхронного или асинхронного двигателя, так как они, в отличие от

Таблица 2

Восстановители	Стандартный потенциал, В
Литий Li	-3,04
Натрий Na	-2,71
Магний Mg	-2,38
Алюминий Al	-1,66
Марганец Mn	-1,18
Цинк Zn	-0,76
Боргидрид лития LiBH ₄	-0,50
Гидразин N ₂ H ₄	-0,33
Муравьиная кислота HCOOH	-0,25
Формальдегид CH ₂ O	-0,11
Оксид углерода CO	-0,10
Водород H ₂	0,00
Метанол CH ₃ OH	+ 0,02
Аммиак 2NH ₃	+ 0,05
Пропан C ₃ H ₈	+ 1,45
Метан CH ₄	+ 0,17
Углерод C	+ 0,21

Таблица 3

Окислители	Стандартный потенциал, В
Фтор F ₂	+3,06
Перекись водорода H ₂ O ₂	+1,776
Хромовая кислота H ₂ CrO ₄	+1,477
Хлорная кислота 2HClO ₄	+1,385
Кислород O ₂	+1,229
Хлор Cl	+0,978
Азотная кислота HNO ₃	+0,967



Рис. 4. Блок-схема гибридного электромобиля с электрической трансмиссией и ЭХГ

двигателей постоянного тока, имеют меньшую массу и более высокий КПД. Ёмкостной накопитель имеет энергию, достаточную для компенсации мощности при разгонах, обгонах и езде на подъёмах и принимает энергию рекуперации при торможении. Водород в ЭХГ поступает из баллона ёмкостью 10 л (масса данного количества водорода составляет 710 г.). Суммарная масса баллона — 15 кг.

Если следовать теоретическим расчётам авторов, то городской автомобиль будущего представляет собой устройство, оснащённое электрохимическим генератором, мощность которого равна средней мощности двигателя аналогичного автомобиля в городском режиме, что составляет в данном случае 15 кВт. Учитывая, что легковой автомобиль расходует 5–6 л топлива на 100 км, потребитель вшестеро менее мощный будет расходовать только 1 л на 100 км; с учётом втрое более высокой теплотворной способности водорода, расход его будет порядка 330 г на 100 км; а помня о КПД электрохимического генератора, втрое превосходящем КПД ДВС, расход водорода такого автомобиля следует прогнозировать на уровне 100...110 г на 100 км. Тогда 1 л водорода хватит такому автомобилю на 1000 км пробега, а 10 литровый баллон обеспечит запас хода 10 тыс. км пробега при собственной массе топлива 710 г. Фантастика!

Разумеется, нельзя не сказать о получении самого водорода. В настоящее время его получают различными способами разложения воды, но все эти методы весьма энергозатратны. На очереди новый метод получения водорода — фотоэлектролиз. В отличие от обычного электролиза в нём в качестве анода используют чувствительный к свету полупроводник, полученный из оксида железа. От коррозии в растворе электролита (в данном случае поташа K_2CO_3) анод защищён тонкой плёнкой диоксида титана. Если на такой электрод падает свет, то возникает электрический ток и происходит процесс электролиза с выделением водорода и кислорода. То есть подвод энергии извне для получения водорода уже не нужен. В настоящее время метод совершенствуется.

Отдельная проблема — хранение водорода на автомобиле, когда приходится применять высокопрочные баллоны для давления 2,0–2,5 МПа. Но и она успешно решается. Так, в Лос-Аламосской исследовательской лаборатории США, например, был создан бак для хранения жидкого водорода NVE-50 ёмкостью 190 дм³. Масса заправленного водорода — 13,6 кг, что энергетически эквивалентно 75 л бензина. Масса бака в заправленном состоянии составляет 59 кг. Однако в ав-

томобилях будущего с применением ЭХГ водорода, перевозимого на автомобиле, будет достаточно ёмкости резервуаров 5...10 л, что резко снижает массу баллонов.

Кроме того, в настоящее время отработаны гидридные баки. Некоторые металлические сплавы при определённом давлении могут образовывать с водородом химические соединения — гидриды, что резко снижает давление водорода в топливных баках и снижает их массы. К таким сплавам относят FeTi, NiMg. При эксплуатации при небольшом подогревании водород выделяется из соединения и поступает в ЭХГ.

Итак, перечислим в заключение преимущества предложенной концепции автомобиля будущего: *малый расход топлива (100 г водорода на 100 км); экологически чистый "выхлоп" — вода; отсутствие шума, характерного для работы ДВС и отсутствие самого ДВС; отсутствие коробки передач и сцепления; сниженная в 5...7 раз стоимость обслуживания и ремонта; редкая заправка (1 раз в месяц); лёгкость управления; длительный срок службы ЭХГ.*

Анализ материалов статьи заставляет заглянуть в недалекое будущее двигателя внутреннего сгорания, — а не постигнет ли его судьба паровоза?

Литература

1. Эйдинов А.А., Краснов А.К. Перспективы водородной энергетики для транспортных средств. Автотракторное электрооборудование. ФГУП НИИ АЭ. 2004 г. № 1-2.
2. Дидманидзе О.Н., Иванов С.А. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств. М.: УМЦ "Триада", 2004 г.
3. Хортов В.П., Скворцов А.А., Зуев С.М. Высоковольтные системы пуска двигателей внутреннего сгорания. Автомобильная промышленность, 2016. № 10. С. 24–27.
4. Skvortsov A.A., Khortov V.P., Zuev S.M. High-voltage starting systems of combustion engines. International Journal of Pure and Applied Mathematics, 2016. Vol. 111. No. 3. P. 455–465. DOI: 10.12732/ijpam.v11i3.9.
5. Акимов А.В., Варламов Д.О., Зуев С.М. Конструкция, описание работы и проведение диагностики системы электростартерного пуска современных транспортных средств. Учебное пособие. Москва: Московский Политех, 2017. — 52 с.
6. Шматков Ю.М., Зуев С.М., Лавриков А.А. Исследование работы системы электростартерного пуска транспортных средств. Методические указания. М.: Московский Политех, 2017. — 20 с.
7. Зуев С.М., Шматков Ю.М., Малеев Р.А., Хортов В.П., Лавриков А.А., Варламов Д.О. Электрооборудование и электроника автомобилей в основных терминах с их объяснением на русском и английском языках. Учебный справочник. Москва: Московский Политех, 2017. — 196 с.
8. Зуев С.М., Алексюк М.Р., Канарейкин А.И., Хабарова С.Д., Богачев С.А. Исследование метода балансировки зарядной станции для литий-ионных аккумуляторов. Известия МГТУ "МАМИ", 2019. № 1 (39). С. 17–23. DOI: 10.31992/2074-0530-2019-39-1-17-23.
9. Малеев Р.А., Зуев С.М., Лавриков А.А., Гребенчиков Н.П. Исследование режимов работы ёмкостных накопителей энергии в системах пуска автомобильных двигателей. Известия МГТУ "МАМИ", 2019. № 1 (39). С. 29–35. DOI: 10.31992/2074-0530-2019-39-1-29-35.
10. Зуев С.М., Шматков Ю.М., Малеев Р.А., Хортов В.П., Лавриков А.А., Варламов Д.О. Под общ. ред. С.М. Зуева. Система управления бензиновым двигателем транспортных средств. Учебное пособие. Москва: Московский Политех, 2019. — 120 с.
11. Фиронов А.М., Хортов В.П., Зуев С.М. О выборе концепции разработки перспективных приводных установок наземных транспортных средств. Автомобильная промышленность, 2019. № 6. С. 13–19.
12. Лавриков А.А., Малеев Р.А., Зуев С.М., Шматков Ю.М. Математическое моделирование адаптера для выравнивания напряжений аккумуляторной батареи. Известия МГТУ "МАМИ", 2019. № 3 (41). С. 57–65.

УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА СЦЕПЛЕНИЯ

РУМЯНЦЕВ Л.А.

(495.354-61-34)

Автоматический привод сцепления разомкнутого типа обеспечивает в эксплуатации все необходимые режимы работы сцепления, включая режим торможения двигателем на стоянках и режим запуска двигателя буксированием автомобиля.

Ключевые слова: цилиндр сцепления, центробежный регулятор, золотниковый клапан, насос, электродвигатель, дополнительный насос, обратные клапаны, аккумулятор давления, цилиндр блокировки сцепления.

Rumyantsev L.A.

DEVICE FOR AUTOMATIC CLUTCH OPERATION

The automatic open clutch drive provides all the necessary clutch operation modes, including the engine braking mode in Parking lots and the engine start mode by towing the car.

Keywords: clutch cylinder, centrifugal regulator, spool valve, pump, electric motor, additional pump, check valves, pressure accumulator, clutch lock cylinder.

Автоматический привод сцепления (АПС) обеспечивает "двухпедальное управление автомобилем", когда используются лишь педали акселератора и тормоза. Педаль сцепления ликвидируется, что существенно упрощает управление автомобилем.

Известны устройства для автоматического управления сцеплением в механической трансмиссии, содержащие насос, приводимый от двигателя, и цилиндр управления сцеплением, соединённый с регулятором давления, изменяемого от частоты двигателя. Для выключения сцепления при переключении ступеней в коробке передач предусмотрен электромагнит, прерывающий связь регулятора давления с цилиндром сцепления и соединяющий цилиндр сцепления с гидробаком [1].

Такие устройства в эксплуатации имеют два недостатка — невозможность запуска двигателя буксированием автомобиля и отсутствие режима "торможения двигателем" на стоянке. Недостатком известных устройств автоматизации работы сцепления нормально разомкнутого типа следует также считать наличие постоянно действующей при движении автомобиля осевой силы, создаваемой подшипником сцепления, передающейся на коленчатый вал двигателя.

На данном этапе развития регулятор давления АПС целесообразно применять с гидравлическим управлением или с пневматическим управлением, если двигатель снабжён компрессором.

Разработчик АПС должен знать, что регулятор давления совместно с цилиндром сцепления, приводом нажимного диска и ДВС на режимах трогания автомобиля образуют замкнутую систему автоматического регулирования, критериями работоспособности которой является статическая (расчётная) характеристика $M_c = f(n)$ и динамическая характеристика $n = f(t)$, определяющая форму переходного процесса включения сцепления. Динамическая характеристика определяется при ступенчатой полной подаче топлива в двигатель и заторможенном первичном вале КПП. Она отражает устойчивость процесса включения сцепления, когда в течение переходного процесса устанавливается M_c в соответствии с статической характеристикой. Если же включение сцепления происходит неуправляемо, то

принятая система управления АПС неустойчива, т.е. неработоспособна.

Исследование возможности режима "ползучести" выполняется при пробуксовывающем сцеплении на заданном крутящем моменте M_c , когда водитель периодически с периодом 0,5—1,2 с регулирует частоту двигателя (входной параметр) в диапазоне 10—20 мин⁻¹. При этом синхронно должно происходить изменение M_c (змейка). Если это не выполняется, то АПС неработоспособен, например, из-за большого внутреннего трения.

В 1964 г. автором впервые в СССР был разработан АПС для автомобиля "Москвич-408" с использованием разряжения во впускном коллекторе двигателя и серийного рычажного сцепления. На рис. 1 приведена конструкция его электромеханического регулятора, содержащего центробежный регулятор 1 и электромагнитный блок 2. Электромеханический регулятор приводился от вала насоса системы охлаждения ДВС с передаточным числом i_p . Управление сцеплением выполнялось вакуумной диафрагменной сервокамерой и серийным гидроприводом сцепления.

Для наглядности, на рис. 2 (а и б) приведены динамические характеристики $n = f(t)$ при включении сцепления на стенде при различных передаточных числах i_p . На рис. 2, а характеристика АПС является неустойчивой при $i_p = 0,95$, а на рис. 2, б следящая система АПС при $i_p = 0,635$ работает устойчиво, несмотря на некоторое увеличение крутизны

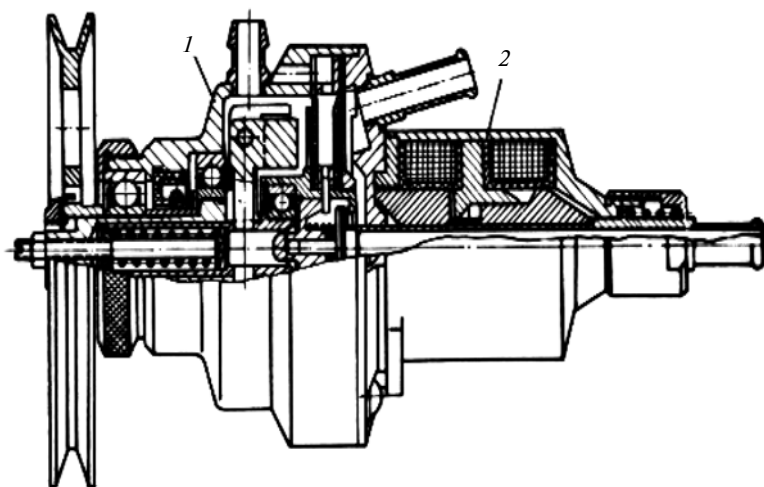


Рис. 1. Электромеханический регулятор вакуумного автоматического управления сцеплением

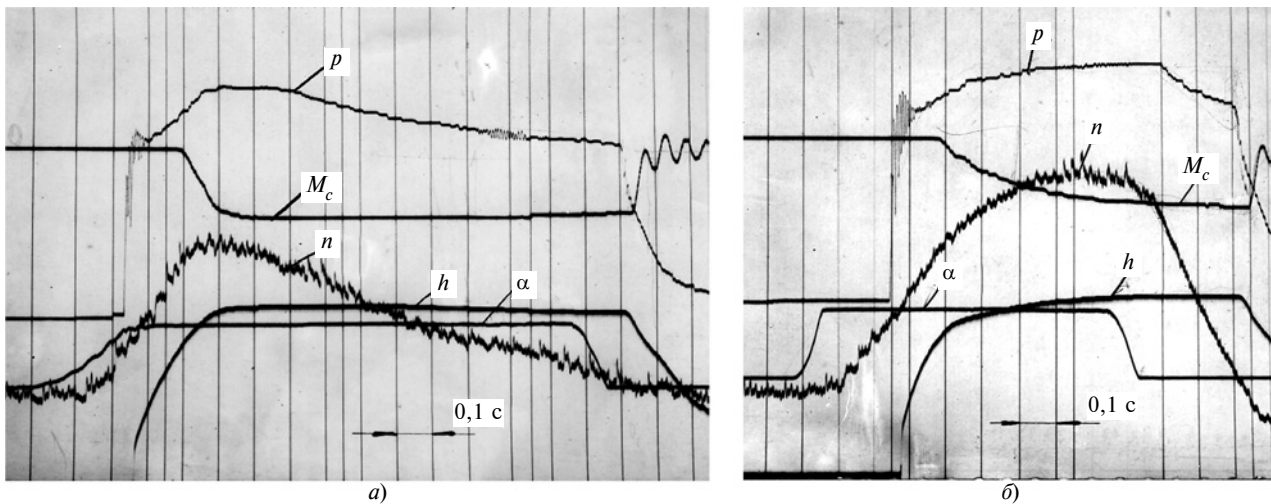


Рис. 2. Динамические характеристики вакуумного АПС при $\alpha = 100\%$.

p — разрежение в сервокамере управления сцеплением; M_c — крутящий момент, передаваемый сцеплением; n — частота вращения двигателя; α — угол открытия дроссельной заслонки; h — положение привода сцепления

$M_c = f(n)$. При этом начальная частота включения сцепления не изменилась благодаря регулировочному винту в оси центробежного регулятора.

Устойчивое регулирование в АПС (рис. 2, б) получено за счёт увеличения коэффициента добротности центробежного регулятора. При проведении лабораторно-дорожных испытаний была подтверждена возможность реализации "ползучести" режимов работы АПС при буксующем сцеплении. При добавлении объёма к сервокамере управления сцеплением АПС становился неустойчивым.

После анализа влияния компонентов АПС на качество выполнения режимов управления сцеплением был разработан АПС с гидравлическим управлением сцеплением нормально разомкнутого типа. Сравнение работы различных АПС проводилось при пробеге протяжённостью около 50 тыс. км в различных дорожных условиях (горы, пустыни, грязь) на четырёх автомобилях "Москвич-412" Ижевского автозавода. Куда входили: автомобиль с вакуумным АПС, два автомобиля с гидравлическим АПС и серийный автомобиль. Испытания показали, что автомобили с гидравлическим АПС более стабильны в работе, легко управляются и имеют меньшую работу буксования в сцеплении. На автомобиле с вакуумным управлением серийным сцеплением требовались регулировки АПС и замена

ведомого диска сцепления. Ведомый диск сцепления был также заменён в серийном автомобиле.

Предлагаемое устройство автоматического управления сцеплением нормально разомкнутого типа обеспечивает получение режима пуска двигателя буксированием автомобиля и режим торможения автомобиля двигателем на стоянках, что существенно расширяет функциональные возможности устройства, а также ликвидирует осевую силу, действующую на коленчатый вал двигателя.

На рис. 3 представлена схема трансмиссии автомобиля с устройством автоматического управления сцеплением нормально разомкнутого типа 1, расположенного в картере сцепления 2, соединённого с механической коробкой передач 3, снабжённой рычагом переключения ступеней 4, рукоятка которого содержит выключатель 5, срабатывающий при переключениях ступеней для выключения сцепления, и механизмом переключения ступеней 6.

Управление сцеплением осуществляется от масляного насоса 7, приводимого электродвигателем 8 при его соединении с аккумулятором 9 выключателем 10. При включённом электродвигателе на насосе поддерживается давление p_n клапаном — ограничителем давления 11.

Включение сцепления 1 выполняется поршень 12 цилиндра сцепления 13, соединяемого с регулятором давления 14 или с масляным насосом через электромагнитный клапан

выключения сцепления 15 и клапан режимов управления сцеплением 16, содержащий электромагнит 17, соединённый с датчиком 18. Датчик расположен в механизме переключения ступеней коробки передач. Его контакты замкнуты при включении в коробке передач первой ступени (U1) и ступени заднего хода (UR).

Регулятор давления 14 содержит центробежный регулятор 19, управляющий золотниковым клапаном 20, охваченным отрицательной обратной связью по давлению. Регулятор при трогании автомобиля осуществляет регулирование давления p , поступающего в цилиндр сцепления, в зависимости от частоты n вращения двигателя $p = f(n)$ (рис. 4). На минимальной частоте n_0 вращения двигателя при $p = p_0$, сцепление выключено, а при $p = p_n$ полностью включено.

Регулятор давления также снабжён дополнительным насосом 21 (см. рис. 3) в составе блока управления. Этот насос через канал 22 соединён с другим цилиндром 23 блокировки сцепления на стоянках автомобиля, подпружиненный поршень 24 которого упёрт в муфту 25 сцепления, содержащую подшипник 26. Поэтому при выключенном электродвигателе сцепление находится во включённом состоянии.

Устройство управления сцеплением также содержит соединённый с цилиндром сцепления аккумулятор давления 27, управляемый элек-

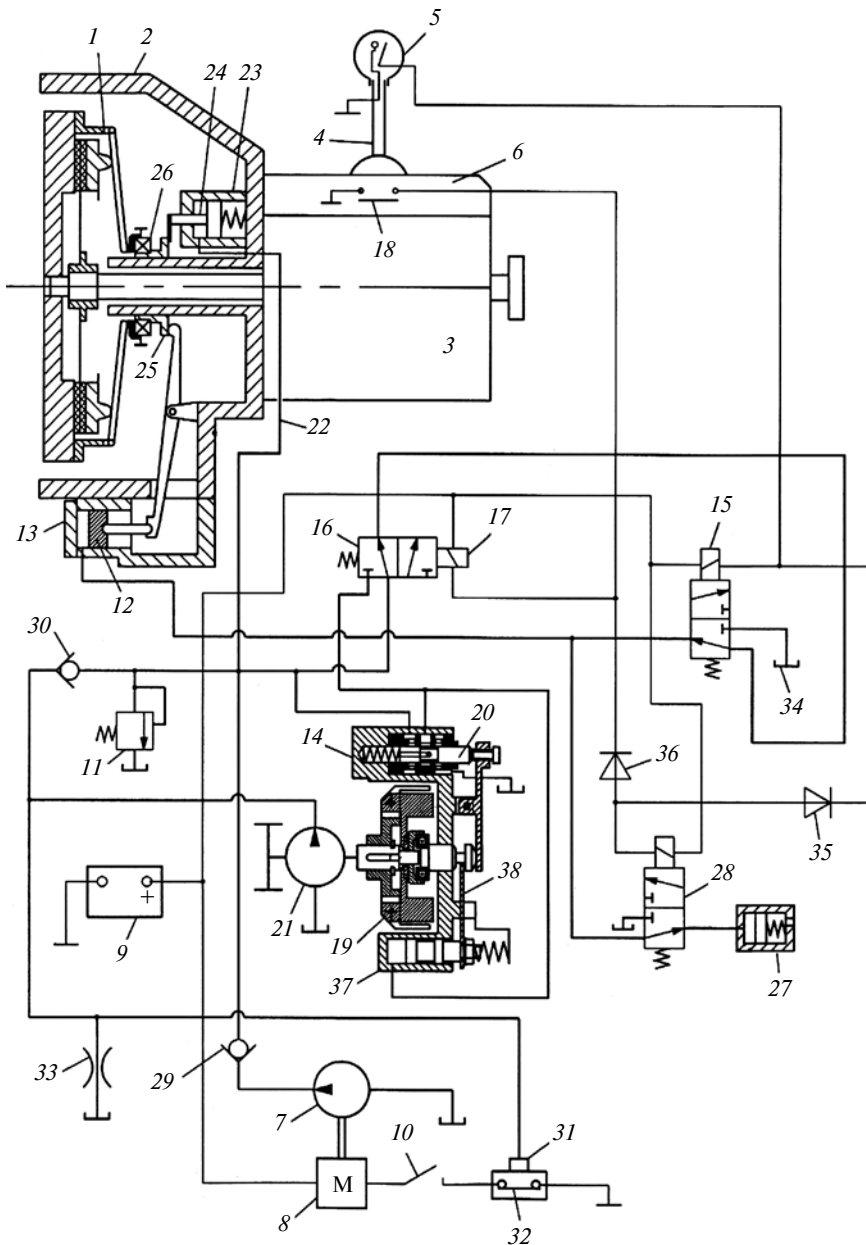


Рис. 3. Схема АПС нормально разомкнутого типа с гидравлическим управлением:

1 — сцепление; 2 — картер сцепления; 3 — коробка передач; 4 — рычаг; 5 — выключатель; 6 — механизм переключения передач; 7, 21 — насосы; 8 — электродвигатель; 9 — аккумулятор; 10 — выключатель; 11 — ограничитель давления; 12 — поршень; 13 — цилиндр сцепления; 14 — регулятор давления; 15, 28 — электромагнитные клапаны; 16 — клапан режимов работы сцепления; 17 — электромагнит; 18 — датчик; 19 — центробежный регулятор; 20 — золотниковый клапан; 22 — канал; 23 — цилиндр блокировки сцепления; 24 — поршень; 25 — муфта сцепления; 26 — подшипник; 27 — аккумулятор давления; 29, 30 — обратные клапаны; 31 — датчик давления; 32 — выключатель электродвигателя; 33 — жиклёр; 34 — гидробак; 35, 36 — диоды; 37 — цилиндр; 38 — рычаг

тромагнитным клапаном 28 и датчиком 18. На первой ступени и ступени заднего хода в коробке передач, аккумулятор давления отключен.

Насос 7 соединён с регулятором давления 14 и другим цилиндром 23 через обратный клапан 29. Дополнительный насос 21 блока управления через обратный клапан 30 соединён с ограничителем давления 11 и другим цилиндром 23. Кроме того,

дополнительный насос 21 соединён каналом с датчиком давления 31, управляющим выключателем 32, и с жиклёром 33, предназначенным для смазки и охлаждения сцепления 1.

Для трогания автомобиля с места и движения автомобиля с переключением ступеней в коробке передач водитель включает выключатель 10 электродвигателя 8. На выходе насоса 7 создается давление p_H , кото-

рое через обратный клапан по каналу 22 воздействует на поршень 24 цилиндра блокировки сцепления, отводя поршень от муфты сцепления. Сцепление при этом выключается.

Водитель выводит рычаг переключения ступеней в положение нейтрали в коробке передач и запускает двигатель автомобиля. Вступает в работу дополнительный насос 21, имеющий большую производительность, чем насос 7. Давление масла от дополнительного насоса подаётся на датчик давления 31, который размыкает контакты 32, что ведёт к выключению электродвигателя. Следовательно, при работающем двигателе автомобиля дополнительный насос служит источником давления p_H для работы автоматического привода сцепления.

При минимальной частоте n_0 двигателя водитель включает первую ступень U_1 в коробке передач. Срабатывает датчик 18 и цилиндр сцепления соединяется через электромагнитный клапан выключения сцепления 15 и клапан режимов управления сцеплением 16 с регулятором давления.

При нажатии педали подачи топлива частота двигателя n возрастает, а регулятор давления повышает давление в цилиндре сцепления, что обеспечивает плавное трогание и разгон автомобиля. За счёт расширенной зоны регулирования по частоте двигателя $n_1 - n_0$ (см. рис. 4) существенно упрощается получение режима "ползучести" автомобиля при буксующем сцеплении.

Аналогично происходит процесс трогания автомобиля и при включе-

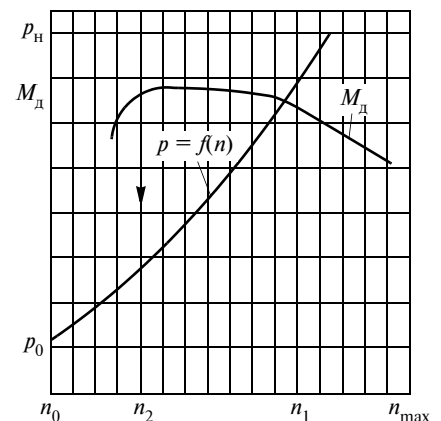


Рис. 4. Статические характеристики АПС по рис. 3

нии в коробке передач ступени заднего хода *UR*.

Переключение в коробке передач на ступень *U2* производит водитель рычагом переключения ступеней *4*, что приводит к выключению сцепления электромагнитным клапаном *15*, так как цилиндр сцепления соединяется с гидробаком. В момент каждого переключения высших ступеней, одновременно с электромагнитным клапаном выключения сцепления *15*, через диод *35* вступает в работу электромагнитный клапан *28*, соединяющий аккумулятор давления *27* с гидробаком. Поэтому происходит более быстрое выключение сцепления, так как в цилиндре сцепления сброс давления выпол-

няет электромагнитный клапан выключения сцепления *15*, а в подключенном к цилиндру аккумулятора давления *27* — электромагнитный клапан *28*.

При переключениях высших ступеней в коробке передач, включению электромагнита *17* препятствует диод *36*.

Данное устройство управления снабжено цилиндром положительной обратной связи *37*, подпружиненный поршень которого через рычаг *38* при частоте двигателя $n \geq n_1$ имеет возможность дополнительного воздействия на золотниковый клапан *20*. В результате этого давление p в цилиндре сцепления *13* ступенчато увеличивается до p_H , т.е.

происходит дополнительное включение сцепления согласно рис. 4. Выключение положительной обратной связи происходит при частоте n_1 . В диапазоне частот $n_1 - n_2$ регулятор давления *14* работает в релейном режиме. Благодаря этому, до частоты n_2 , при которой положительная обратная связь отключается, движение автомобиля на ступенях *U1* и *UR* будет происходить без буксования сцепления, что расширяет эксплуатационные характеристики трансмиссии.

При включении ступени *U2* цилиндр сцепления соединяется с аккумулятором давления *27* электромагнитным клапаном *28*, а клапан режимов работы сцепления *16* через обратный клапан *30* соединяет электромагнитный клапан выключения сцепления *15* с дополнительным насосом *21*. Аккумулятор давления *27* на всех высших ступенях коробки передач обеспечивает плавное включение сцепления, что снижает динамические нагрузки в трансмиссии автомобиля.

Таким образом, регулятор давления *14* служит для плавного трогания автомобиля с места и при начальном движении автомобиля на ступенях *U1* и *UR*. А клапан режимов работы сцепления *16* и электромагнитный клапан *28* обеспечивают плавное включение сцепления на всех высших ступенях коробки передач аккумулятором давления *27*.

Включение режима торможения двигателем выполняет водитель при выключенном автомобильном двигателе, но работающем электродвигателе. Водитель включает рычагом *4* переключения ступеней, например, первую передачу или ступень заднего хода, после чего выключает электродвигатель. Давление на выходе насоса *7* сбрасывается. Подпружиненный поршень *24* цилиндра блокировки сцепления *23* воздействует на муфту *25*, происходит включение сцепления и соединение двигателя с трансмиссией автомобиля, что обеспечивает режим торможения автомобиля двигателем на стоянках.

Для получения режима пуска двигателя буксированием автомобиля водитель при работающем электродвигателе включает первую ступень в коробке передач. Производится буксирование автомобиля дру-

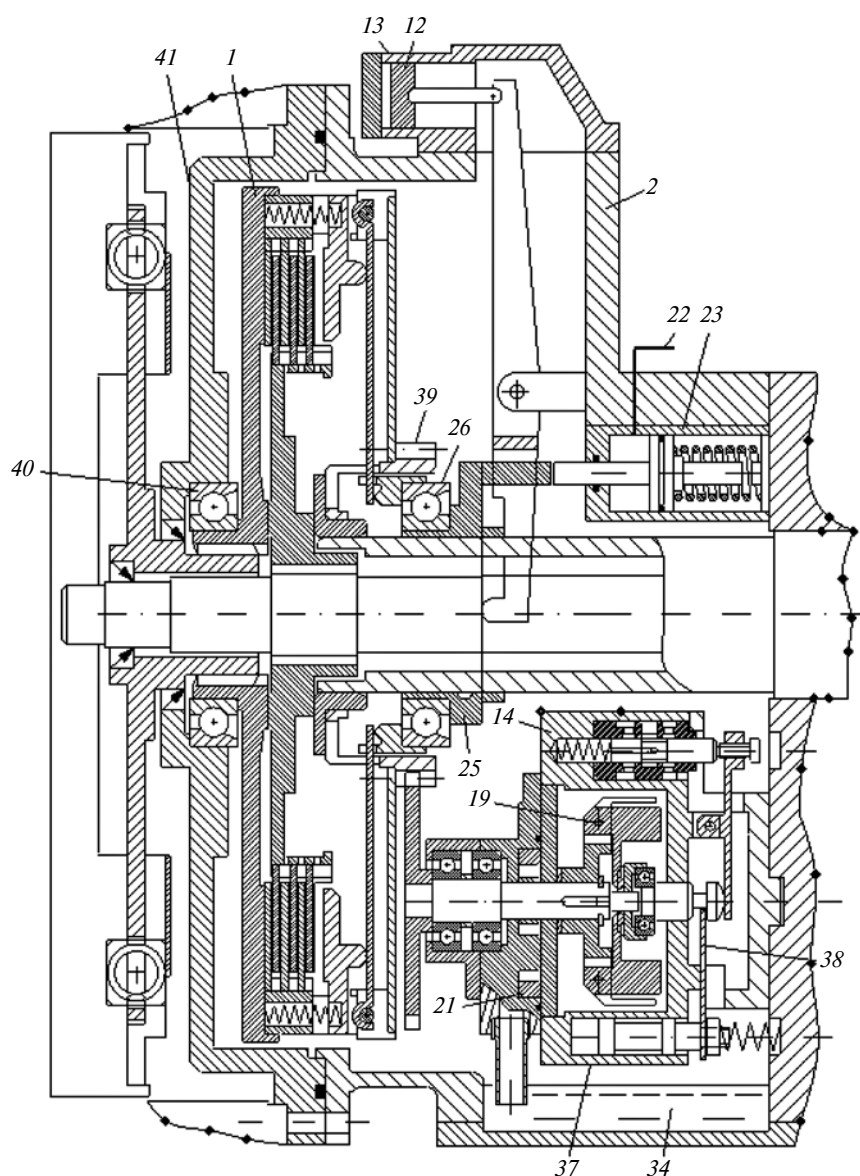


Рис. 5. Вариант конструкции АПС:

1—38 как на рис. 3; 39 — шестерня привода регулятора; 40 — подшипник; 41 — опора подшипника

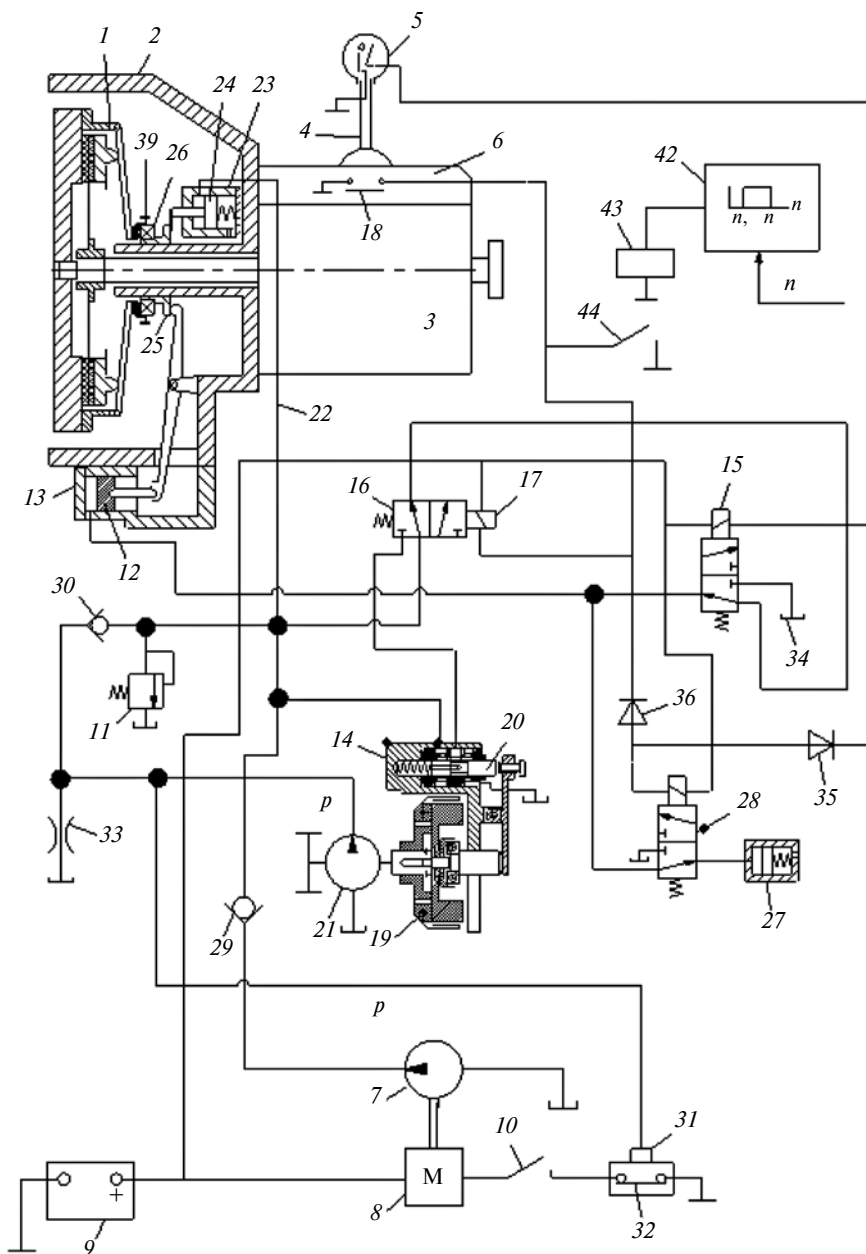


Рис. 6. Вариант схемы управления АПС с блокировкой сцепления электронным автоматом, управляемым от двигателя:

1–36 — как на рис. 3; 39 — шестерня привода регулятора; 42 — электронный автомат; 43 — реле; 44 — контакт реле

гим транспортным средством, во время которого водитель выключает электродвигатель. Давление в цилиндре блокировки сцепления 23 сбрасывается и поршень 24, воздействуя на муфту 25, включает сцепление. Происходит вращение и запуск двигателя.

На представленный центробежный регулятор АПС не действуют внешние электромагнитные и другие воздействия, так как он работает с использованием сил гравитации. Золотниковый клапан 20 соединён с большими проходными сечения-

ми каналов, поэтому температурные изменения вязкости масла меньше влияют на его работу.

Конструктивное выполнение размещения в картере сцепления блока управления АПС, содержащего регулятор давления и дополнительный насос 21 с зубчатым приводом от сцепления, приведено на рис. 5. Здесь сцепление установлено на другом подшипнике 40, соединённом с опорным диском 41, упёртым в картер сцепления 2. Такое конструктивное решение позволяет замкнуть осевое усилие с подшипни-

ка 26, возникающее при включении сцепления во время движения автомобиля, на опорный диск 41. При этом указанное осевое усилие не передаётся на коленчатый вал двигателя. Кроме того, всё устройство гидравлического управления сцеплением, содержащее систему смазки и гидробак, находится внутри полости, ограниченной картером сцепления и опорным диском.

На рис. 6 показан вариант схемы по рис. 3, где вместо цилиндра положительной обратной связи 37 и рычага 38 управления золотниковым клапаном 20 центробежного регулятора 14 применён электронный переключатель с релейным выходом 42, управляемый от частоты двигателя n . Электронный автомат управляет электромагнитом 7.

Как видим, предложенное устройство автоматического управления сцеплением обеспечивает все необходимые в эксплуатации режимы управления сцеплением. Гидравлический АПС отличается высокой долговечностью, сравнительно низкой стоимостью, а также хорошей ремонтопригодностью. Регулятор давления АПС в стендовых условиях может настраиваться на давление p_0 при n_0 (см. рис. 4), что гарантирует отсутствие толчков при трогании автомобиля. С гидравлическим АПС может использоваться серийная коробка передач с ручным переключением ступеней, а также коробка автоматизированная или ступенчатая автоматическая планетарная передача. Разработанное устройство автоматизированного управления сцеплением предназначено преимущественно для упрощения управления автомобилями высокой проходимости, а также для автомобилей, эксплуатируемых в северных и восточных районах России.

Литература

1. Румянцев Л.А. Устройство для управления сцеплением транспортной машины. Авторское свидетельство № 161242.
2. Устройство для управления сцеплением и ступенчатой коробкой передач транспортной машины. Авторское свидетельство № 368085.
3. Румянцев Л.А. Устройство для управления сцеплением транспортной машины. Авторское свидетельство № 393136.
4. Румянцев Л.А. Проектирование автоматизированных автомобильных передач. Инновационное машиностроение, 2017.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ САМОСВАЛЬНЫХ АВТОТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ

Д-ра техн. наук **СЛИВИНСКИЙ Е.В., КОРЧАГИН В.А.,
РИЗАЕВА Ю.Н.**

Елецкий ГУ имени И.А. Бунина (evgtni_sl@mail.ru)

Описана перспективная конструкция устройства для крепления телескопических гидроцилиндров, предназначенных для самосвальной выгрузки сыпучих грузов для прицепов, входящих в структуру автопоездов, и приведены результаты расчётов по обоснованию эффективности её использования в практике. Материалы статьи рекомендуются производственным и научно-исследовательским структурам отечественного и зарубежного автомобилестроения с целью возможного внедрения предложенной разработки в практику.

Ключевые слова: прицеп, рама, гидроцилиндр, шлицы.

Slivinsky E.V., Korchagin V.A., Rizaeva Yu.N. IMPROVING THE SAFETY OF MAINTENANCE OF DUMP TRUCKS TRACTOR TRAILERS

The article describes the promising design of the device for fixing telescopic hydraulic cylinders intended for dump unloading of bulk cargo for trailers included in the structure of road trains and presents the results of calculations to justify the effectiveness of its use in practice. The materials of the article are recommended to production and research structures of domestic and foreign automotive industry for the purpose of possible implementation of the proposed development into practice.

Keyword: trailer, frame, hydraulic cylinder, slots.

Одним из важнейших технологических процессов в агрокомплексе являются перевозки различных сельскохозяйственных грузов, для чего широко применяются грузовые автомобили и автотракторные поезда, состоящие из тягачей с прицепами и полуприцепами. В качестве тягачей для транспортировки прицепов и полуприцепов чаще всего применяют колёсные тракторы класса 0,9 т (такие как Т-28Х4М-С1 и Т-40АМ), класса 1,4 т (МТЗ-52, МТЗ-80, ЮМЗ-6М) и др. Конструкции тракторных самосвальных прицепов сегодня также довольно многообразны. В основном это двуосные самосвальные прицепы 2ПТС-4-793-01, 2ПТС-4-887, 2-ПТС-4М, а также большегрузные тракторные полуприцепы модели 3-ПТС-12 грузоподъёмностью 12,0 т (агрегируемые с колёсными тракторами К-700) и др. [1].

Основой конструкции всех автотракторных прицепов служит шасси, на котором устанавливаются платформа и необходимые приспособления. Обычно в комплект шасси входят: рама, ходовая часть, тягово-сцепное устройство, тормозная система, опрокидывающий механизм (рис. 1) и электрооборудование. Рама прицепа представляет собой сварную конструкцию и состоит из двух штампованных лонжеронов, связанных между собой поперечинами. В средней части рамы с помощью опорного кронштейна приварена нижняя опора гидроподъёмника. У тракторных самосвальных прицепов типа 2ПТС-4 гидроподъёмники — телескопического типа, из стальных труб входящих

друг в друга. С целью повышения безопасности обслуживания и ремонта узлов и деталей прицепов, находящихся в труднодоступных местах, они снабжаются предохранительными стойками платформ. Несмотря на достаточно высокую эффективность, такие прицепы обладают существенным недостатком: крепление телескопического гидравлического цилиндра на раме с использованием цапф, в которых расположены пальцы опорного банджа, недостаточно надёжно. Этот недостаток связан с тем, что последние размещены в цапфах с зазором, что в процессе движения прицепа вызывает не только износ кинематической пары, но и способствует повышенному динамическому нагружению поперечины рамы прицепа, на которой закреплены цапфы. В то же время в процессе выгрузки сыпучего груза перемещение кузова в исходное положение за счёт собственной тяжести происходит медленно и нестабильно из-за незначительной его массы. На практике иногда приходится вручную воздействовать на кузов, чтобы он принял транспортное положение.

Между тем в ЕГУ им. И.А. Бунина на кафедре ТПМиА совместно с ЛГТУ на протяжении ряда лет проводится бюджетная НИР на тему "Динамика, прочность и надёжность транспортных и сельскохозяйственных машин агропромышленного комплекса применительно к Чернозёмному региону РФ" и одному из её разделов по линии НИРС посвящены исследования, направленные на повышение надёжности несущих систем тракторных самосвальных прицепов.

Анализ многочисленного числа библиографических источников, а также отечественных и зарубежных патентов позволил разработать на уровне изобретения (RU2679818) техническое решение, направленное на повышение безопасного проведения работ при эксплуатации тракторного самосвального прицепа в условиях его самосвальной выгрузки.

Такое техническое решение отличается от известных тем, что пальцы опорного банджа телескопического гидроцилиндра выполнены из упругого материала и снабжены шлицами, взаимосвязанными с ответными частями цапф, изготовленных в виде двух шлицевых втулок, жёстко закреплённых на поперечинах рамы шасси прицепного самосвального транспортного средства.

На рис. 2 показано прицепное самосвальное транспортное средство: вид сбоку и крепление телескопического гидравлического цилиндра опрокидывания



Рис. 1. Общий вид механизма подъёма кузова

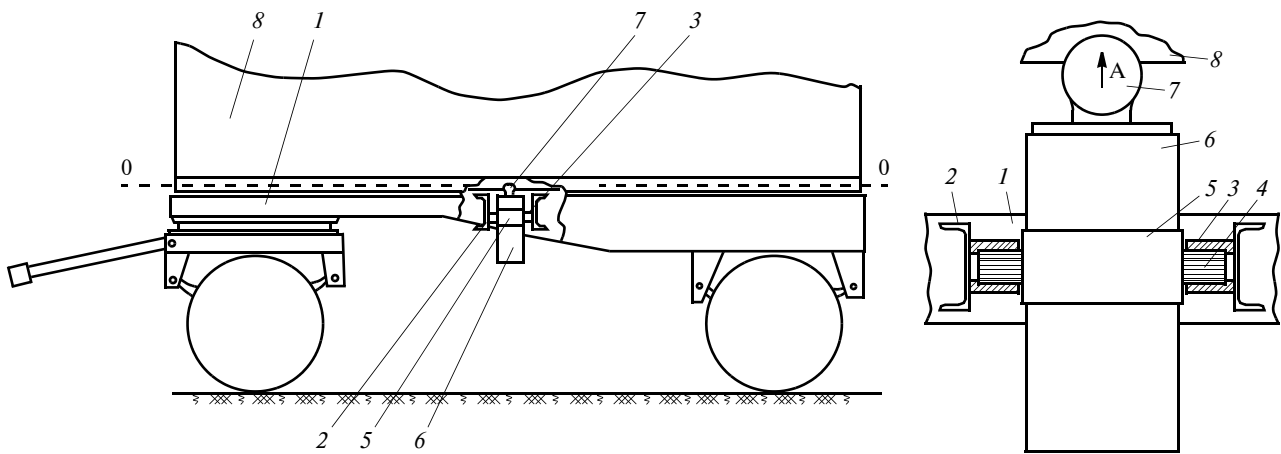


Рис. 2. Конструкция прицепа по патенту RU2679818

его кузова на раме прицепа. Транспортное средство состоит из рамы 1 с поперечинами 2, на которых жёстко закреплены шлицевые втулки 3, охватывающие пальцы 4 опорного бандажа 5, установленного на корпусе телескопического гидроцилиндра 6. Гидроцилиндр снабжён шаровой опорой 7, взаимосвязанной с кузовом 8.

Работает прицепное самосвальное транспортное средство следующим образом. Для выгрузки находящегося в кузове сыпучего груза подают давление рабочей жидкости в телескопический гидроцилиндр 6 в связанный трубопроводом с гидравлической системой автомобиля-тягача или трактора (на чертежах тягачи не показаны), что позволяет наклонить кузов 8 за счёт его соединения с шаровой опорой 7, которая перемещается по стрелке А. В этом случае кузов может получить наклон в правую или левую сторону относительно его продольной оси OO , при этом, так как пальцы 4 связаны шлицами с шлицевыми втулками 3, они получают угловой поворот за счёт наклона телескопического гидроцилиндра, упруго деформируясь относительно своей продольной оси за счёт своей жёсткости, определяемой по известной зависимости: $K_{\varphi} = \frac{GJ}{ld^2}$, где

G — модуль упругости материала второго рода, J — момент инерции пальца, l — длина пальца, d — диаметр пальца, мм.

После того, как груз будет высыпан из кузова, также телескопический гидроцилиндр соединяют со сливной магистралью гидросистемы тягача, и он начинает опускаться с определённой скоростью, при этом такая скорость будет более высокой, чем в известных конструкциях, описанных в аналоге и прототипе за счёт того, что пальцы 4, ранее нагруженные упругой деформацией, начнут "раскручиваться" в обратном направлении наклона кузова, что и позволит сократить время опуска кузова в транспортное положение прицепного самосвального транспортного средства. После опуска кузова на раму перемещается тягачом в заданное место загрузки. При этом последний, двигаясь по дорогам, имеющим различный микро- и макропрофиль, под-

вержен динамическому нагружению, передающемуся его раме, но так как она беззазорно соединена при помощи пальцев, шлицевых втулок и шаровой опоры с кузовом, то последний совершает точно такие же колебания, какие соответствуют раме и, следовательно, ударных нагрузок от кузова к раме не передаётся.

Технико-экономическое преимущество предложенного технического решения в сравнении с известными очевидно, так как оно позволит устойчиво производить опускание кузова в транспортное положение после его выгрузки и исключить колебания кузова относительно рамы в процессе движения прицепного самосвального транспортного средства как в гружённом, так и в порожнем состоянии.

Приведём пример численного расчёта геометрических параметров предложенной конструкции, считая, что к шлицевым пальцам будет приложен крутящий момент $M_{кр} = Pl = 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ т} \cdot \text{м}$, где $P = 4,0 \text{ т}$, а длина гидроцилиндра в момент наклона кузова прицепа на угол более 10° составит 400 мм. Тогда диаметр каждого из шлицевых пальцев 4 определится по зависимости:

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{16M_{кр}}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 600}} = 19,6 \text{ мм},$$

где $[\tau] = 600 \text{ МПа}$ (для стали 65С2ВА, ГОСТ 14959—79).

Согласно стандарту на металлопрокат окончательно выберем наружный диаметр упругого пальца равным 25,0 мм. Исходя из конструктивных соображений зададимся длиной рабочей части упругого стержня $l_1 = 70 \text{ мм}$, и тогда его угол закручивания при таком нагружении составит:

$$\gamma_c = \frac{2l_1[\tau]}{Gd_c} = \frac{2 \cdot 70 \cdot 600}{8 \cdot 10^4 \cdot 25} = 1,15 \text{ рад} = 9^\circ 20'.$$

Проверим упругий палец по условию прочности на кручение по зависимости:

$$\tau = \frac{16M_{кр}}{\pi d_c^3} = \frac{16 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 25^3} = 326,3 \text{ МПа} \leq 600 \text{ МПа}.$$

Видно, что прочность упругого пальца обеспечена так как $\tau \leq [\tau]$.

Показатели	Обозначение	Единица измерения	Прицеп	
			серийный	модернизированный
Годовой выпуск прицепов	А	тыс. шт.	20,0	20,0
Пробег прицепа до капитального ремонта	Д	тыс. км	150,0	150,0
Себестоимость производства прицепа	С	тыс. руб.	110,0	95,0
Капитальные вложения на один прицеп	У	тыс. руб.	124,0	195,1
Нормативный коэффициент эффективности	E_n	—	0,15	0,15

Возврат в исходное положение упругих пальцев после выгрузки кузова происходит под действием упругих сил, приложенных в обратном направлении, ранее их упругого деформирования, что в итоге позволяет возвратиться ему в исходное положение на раму прицепа после снятия давления рабочей жидкости в гидроцилиндре.

Учитывая, что вращающий момент $T = M_{кр}$ (рис. 3) распределён по боковой поверхности шлицев, выполненных на упругих пальцах, равномерно, а также, что шлицы изготовлены прямобочной формы, теперь вычислим напряжения смятия, возникающие на них по известной формуле, считая, что их участки имеют наружный диаметр 25,0 мм, длину 70 мм, и на нём нарезано шесть шлицев, каждый из которых имеет высоту 6 мм, при этом диаметр впадин шлицев равен 19,0 мм:

$$\sigma_{см} = \frac{8T}{(D^2 - d^2)lz} = \frac{6 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{(25^2 - 19^2)70 \cdot 6} = 65 \text{ МПа} \leq 70 \text{ МПа}.$$

Как видим, условие прочности выполнено.

Для экономической оценки при возможном внедрении предложенного технического решения использована методика финансово-инвестиционного анализа и аудита при внедрении новой техники [4]. В качестве базового образца примем также серийный тракторный самосвальный прицеп модели 2ПТС-4-793А, у которого на раме шасси смонтирован гидроподъёмник, выполненный по указанной выше заявке. Согласно существующим нормативам прицеп ставится на капитальный ремонт после его пробега в 150 тыс. км, и в

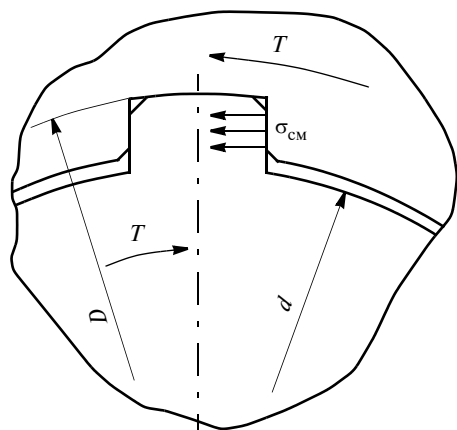


Рис. 3. Расчётная схема

это время возможна будет его модернизация. Расчёт экономической эффективности от внедрения предложенного технического решения выполним, используя показатели, приведённые в таблице.

Коэффициент сравнительной экономической эффективности, определяемый по зависимости:

$$E = \frac{C_1 - C_2}{Y_2 - Y_1} = \frac{110,0 - 95,0}{195,0 - 124,0} = 0,21.$$

Нормативный коэффициент приведения затрат E_n к одинаковому объёму производства продукции по двум прицепам примем равным 0,15.

Приведённые затраты по сопоставляемым прицепами таковы: по серийному — $C_1 + E_n Y_1 = 110,0 + 0,15 \cdot 124,0 = 128,6$ тыс. руб.; по модернизированному — $C_2 + E_n Y_2 = 95,0 + 0,15 \cdot 195,0 = 124,25$ тыс. руб.

Приведённые затраты с учётом коэффициента приведения к одинаковому объёму производства прицепов: $K_2 = (C_1 + E_n Y_1) K_1 = 128,6 \cdot 1,2 = 154,32$ тыс. руб.

На основании вышеизложенного произведём расчёт прибыли, которую получит предприятие от выпуска одного модернизированного прицепа с учётом использования в его конструкции перспективного гидроподъёмника по зависимости: $\Pi = K_2 - (C_2 + E_n Y_2) = 154,32 - 124,25 = 30,07$ тыс. руб.

Для автоматизации расчётов по выбору материала и геометрических характеристик опорной стойки для самосвальных прицепов и полуприцепов различных моделей и грузоподъёмности разработана программа для ЭВМ на языке *Delphi*, которая апробирована на таких тракторных прицепах, как 2ПТС-4-793-01, 2ПТС-4-887, 2-ПТС-4М, 3-ПТС-12, а также автомобильных прицепах моделей ГКБ-819 и ГКБ-8527.

Результаты исследования рекомендуются к использованию инжиниринговым фирмам автомобилестроения и сельскохозяйственного машиностроения, конструкторским подразделениям предприятий, серийно изготавливающих, ремонтирующих и эксплуатирующих автомобильные и тракторные самосвальные прицепы.

Литература

1. Справочник по эксплуатации транспорта в сельском хозяйстве. М.: Россельхозиздат, 1975. — 400 с.
2. Основы теории и расчёта сельскохозяйственных машин на прочность и надёжность. Под ред. П.М. Волкова. М.: Машиностроение, 1977. — 310 с.
3. Орлов П.И. Основы конструирования. В 2-х кн. Кн. 2. 3-е изд., исправл. М.: Машиностроение, 1988. — 544 с.
4. Гиляровская Л.Т., Ендовицкий Д.А. Финансово-инвестиционный анализ и аудит коммерческих организаций. — Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1997. — 336 с.

С большим интересом наблюдаю дискуссию на страницах журнала «АП» вокруг нового уравнения движения автомобиля. К сожалению, в последнее время она приобретает характер какого-то религиозного противостояния. Оппоненты как будто не слышат друг друга, жонглируют ссылками и приводят удобные себе «аксиомы», не углубляясь при этом в суть задачи, не пытаясь найти конкретную ошибку, а лишь рассуждая на формальном поверхностном уровне. Складывается впечатление, что поиск истины вовсе не является целью нашей современной науки...

Д. Серов, Казань

УДК 629.113

О НОВОЙ ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ КОЛЁСНОЙ МАШИНЫ

Канд. техн. наук ПЕСКОВ В.И.

Нижегородский ГТУ имени П.Е. Алексеева

(vp.peskov@mail.ru)

Классическая теория движения автомобиля до сих пор не даёт покоя некоторым учёным. Они считают, что не все силовые факторы учитываются при теоретическом анализе его расчётных схем, моделирующих движение по горизонтальной поверхности.

Ключевые слова: новая теория движения автомобиля; теорема Вариньона; моменты на корпус автомобиля в продольной плоскости; ось ведущего колеса; центр парусности; сила сопротивления воздуха; сила инерции.

Peskov V.I.

ABOUT A NEW THEORY OF MOTION OF A WHEEL MACHINE

The classic theory of car motion is still bothering some scientists. They believe that not all force factors are taken into account in the theoretical analysis of its design schemes that simulate movement on a horizontal surface.

Keywords: new theory of car movement; Varignon's theorem; moments on the vehicle body in the longitudinal plane; axle of driving wheel; center of body's windage; force of air resistance; force of inertia.

В ряде статей, опубликованных в журнале "Автомобильная промышленность" в 2015—2019 гг., изложена идея так называемой "новой теории движения автомобиля", которая, по мнению её авторов, повышает точность расчётного определения его эксплуатационных показателей [1]. Новизна этой теории заключается в попытке приведения моментов, действующих на корпус автомобиля в продольной плоскости (в частности, от силы сопротивления воздуха и инерционной силы), к его ведущим колёсам вместо обычно используемого в подобных расчётах классического уравнения равновесия действующих на автомобиль горизонтальных сил.

Для обоснования своего метода приведения действующих на корпус машины горизонтальных сил и создаваемых ими моментов авторы ссылаются на теорему П. Вариньона, которая решена им для случая монолитного абсолютно жёсткого тела. Но автомобиль не является таковым. По моему мнению, для случая прямолинейного движения по дорожному полотну его эквивалентная расчётная схема должна представлять собой сложный многосвязный рычажно-шарнирный механизм плоского типа с упругими связями, а значит считать, что моменты от горизонтальных сил, дейст-

вующие в продольной плоскости на его корпус, передаются ведущим колёсам — нельзя. Передаться колёсам они не могут из-за того, что колёса соединены с рычагами подвески через установленные в продольной плоскости подшипники. Действие таких моментов приводит лишь к продольному крену корпуса и соответствующему изменению вертикальных реакций в подвеске, благодаря чему эти моменты получают необходимое для статического равновесия системы противодействие. Авторы новой теории почему-то не принимают это во внимание и наивно полагают, что, умножив соответствующую продольную силу на её плечо относительно оси колеса (в частности, для момента M_w от силы сопротивления воздуха P_w ими предлагается формула $M_w = P_w(h_w - r)$, где h_w — высота расположения центра парусности от поверхности дороги, r — радиус колеса), они обеспечат передачу полученного момента этому колёсу. Но в расчётной схеме автомобиля колёса не образуют монолитную структуру с корпусом, они вращаются относительно него. Значит, теорема П. Вариньона здесь неприменима, и гипотеза эта ошибочна. Простым перемножением входящих в формулу математических величин физический процесс в реальной многосвязной конструкции инициироваться не может.

Поэтому грубой ошибкой, по моему мнению, следует считать и представленную в статье [2] на рис. 4 схему приведённых к оси ведущего колеса по той же методике сил и моментов, действующих на это колесо, которую авторы считают существенным уточнением классической расчётной схемы академика Е.А. Чудакова.

Теоретический анализ показывает, что появление дополнительных сопротивлений движению в виде дополнительных к ведущему колёсу моментов M_w и M_j приводит к существенному возрастанию требуемых для обеспечения заданных скоростей движения мощностей силовых установок и ухудшению динамических свойств машин. Так, для автобуса МАЗ-341030 на скорости 100 км/ч вместо полученной по традиционной методике расчёта требуемой на этом режиме мощности двигателя 120 кВт, вполне соответствующей реальной (122 кВт), по "новой" методике необходимо уже 257 кВт [3]. У легкового автомобиля "Мицубиси Лансер 9" максимальная скорость при расчётах по традиционной методике составила 184 км/ч (по технической характеристике производителя она должна быть 185 км/ч), а при расчётах по новой методике — только 155 км/ч. Даже у относительно тихоходного гружёного автомобиля-самосвала КамАЗ-5510 (максимальная скорость по технической характеристике 80 км/ч)

при расчётах по новой методике произошло снижение максимальной скорости и динамического фактора на высшей передаче на 10–12 % [4]. То есть ошибочность расчётов по новой методике очевидна.

Противоречие новой теории реальной ситуации движения автомобиля подтверждает и ещё один факт. Приведённая здесь формула $M_w = P_w(h_w - r)$ говорит о том, что если придерживаться новой теории, необходимо стремиться располагать центр парусности ниже оси колёс транспортного средства. Тогда момент M_w станет отрицательной величиной и вместо создания сопротивления движению он станет движущим. Следовательно, при действии встречного потока воздуха, если верить новой теории, машина будет двигаться вперёд за счёт дополнительного момента на ведущем колесе, и чем ниже располагается центр парусности относительно оси колёс, тем больше этот движущий момент, тем энергичнее должно быть это движение. Но практика отвергает этот вывод.

Полная аналогия проявляется и в отношении центра масс. Если он располагается ниже оси колёс (как у подвешенного транспортного средства), то возникающая при разгоне машины инерционная сила, согласно но-

вой теории, должна будет способствовать формированию добавочного движущего момента на ведущем колесе, причём чем больше ускорение, тем больше величина этого момента. Что является полным абсурдом.

Учитывая всё сказанное, считаю очевидным: авторы новой теории движения автомобиля и новой расчётной схемы ведущего колеса глубоко ошибаются, их притязания на уточнение существующих и хорошо апробированных в течение длительного времени (около 100 лет!) расчётных методик движения автомобиля нельзя считать обоснованными.

Литература

1. Мамити Г.И. Новая теория движения автомобиля // Автомобильная промышленность, 2019. № 1. С. 20–24.
2. Мамити Г.И., Льянов М.С., Ким В.А., Агузаров Т.Т., Гагуев А.Е., Сланов С.А. Качение колеса // Автомобильная промышленность, 2019. № 10.
3. Кузьмин Н.А., Сердюк В.И., Песков В.И. Анализ нового уравнения движения колёсной машины. Тракторы и сельхозмашины, 2016. № 4. С. 24–28.
4. Песков В.И., Кузьмин Н.А. Расчётные исследования эксплуатационных характеристик автомобилей. Н. Новгород, НГТУ им. П.Е. Алексеева, 2018.

УДК 629.113

СИЛА ТЯГИ АВТОМОБИЛЯ

Д-ра техн. наук **МАМИТИ Г.И., ЛЬЯНОВ М.С., КИМ В.А.; СЛАНОВ С.А.**

Горский ГАУ (8672.53-28-84),

Белорусско-Российский университет

Сила тяги — *тангенциальная реакция дороги на ведущее колесо. Вызывается подведённым к колесу моментом двигателя. Некоторые авторы полагают, что она приложена к оси колеса. Это вытекает из традиционной теории автомобиля, в которой за уравнение движения автомобиля ошибочно принято уравнение поступательного движения материальной точки, совершающей плоское движение в пространстве.*

Ключевые слова: сила, сила тяги, уравнение движения автомобиля, ведущее колесо, материальная точка, ошибка.

Mamiti G.I., Lyanov M.S., Kim V.A., Slanov S.A.
THE THRUST OF THE CAR

Traction-tangential reaction of the road to the drive wheel. Called brought to the wheel motor torque. Some authors believe that it is attached to the axis of the wheel. This follows from traditional theory of the car, in which the equation of motion is mistaken for the equation of the translational motion of a material point making a flat motion in space.

Keywords: force, draft force, equation of the movement of the car, driver wheel, material point, mistake.

Сила тяги — основное понятие теории движения автомобиля. Основоположники теории автомобиля [1–6 и др.] давно определили, что возникает она на поверхности контакта колёс с дорогой и представляет собой окружную (касательную, тангенциальную) реакцию дороги на момент двигателя, подведённый к ведущему колесу. Всеобъемлющее определение силе тяги дал проф. Г.В. Зимелев [2]: оно графически проиллю-

стрировано с помощью схемы (рис. 1), где показано, что без нормальных и тангенциальных реакций опорной поверхности сила тяги возникнуть не может. Ведущие колёса, к которым подведён тяговый момент M , реализуют его в контакте колёс с дорогой, отталкиваясь от неё, с силой, направленной против движения, равной $(-P = M/r)$, тогда как дорога создаёт противоположную реакцию $(+P = M/r)$, совпадающую с направлением движения автомобиля. Эта окружная (касательная, тангенциальная) реакция дороги (опорной поверхности) на ведущие колёса автомобиля и называется силой тяги.

Возникает сила тяги в плоскости контакта колёс с дорогой и действует в ней. При этом точки касания колёс с дорогой являются также точками приложения сил тяжести G , приходящихся на оси автомобиля, в которых образуются нормальные реакции Z дороги, равные $Z = G$. Без реакций Z невозможно образование силы тяги, предельное значение которой ограничено сцеплением шин с дорогой. Вне контакта колёс (точек приложения сил) с опорной поверхностью, через

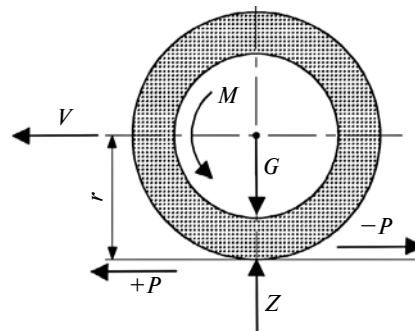


Рис. 1. Возникновение силы тяги в контакте колеса автомобиля с дорогой

которые передаётся сила тяжести автомобиля, невозможно возникновение силы тяги, которая затем передаётся на ось ведущих колёс. Естественно поэтому, при выводе уравнений движения автомобиля при разгоне и торможении, приводить действующие на него силы к плоскости действия силы тяги, к контакту ведущих колёс с дорогой, благодаря которому обеспечивается подвижность автомобиля.

Здесь уместно напомнить, что силой называется физическое понятие, характеризующее взаимодействие, по меньшей мере, двух тел, которое определяется точкой приложения, направлением и величиной. Таким образом, сила тяги возникает именно в контакте ведущих колёс с дорогой (точка приложения), действует в сторону движения колёсной машины (направление), а её предельное значение ограничено силой сцепления шин с дорогой (величина).

Тем не менее ряд учёных и, вместе с ними, авторы материалов, размещённых в интернете (рис. 2), считают силу тяги приложенной к оси ведущего колеса. К этой схеме нагружения приводит безоглядно строгое следование традиционной теории автомобиля, в которой за уравнение движения ошибочно принято уравнение поступательного свободного (без связей) движения материальной точки, совершающей плоское движение в пространстве.

Например, д-р техн. наук В.П. Тарасик в учебниках и журнальных статьях указывает, что сила тяги приложена к оси ведущего колеса [7–10]. По его учебнику [7, с. 35]: "*Силу \vec{F}_T называют силой тяги ведущего колеса. Она обеспечивает преодоление всех сопротивлений движению корпуса автомобиля, включая сопротивление качению ведомых колёс. Сила \vec{F}_T приложена к центру колеса O и направлена в ту же сторону, что и вектор скорости \vec{V}_K , но противоположно вектору силы \vec{F}_x (на рис. 1.14 сила \vec{F}_T не показана, так как она воздействует на корпус автомобиля)*". Заметим, здесь автор противоречит самому себе: с одной стороны, сила тяги "*приложена к центру колеса*", с другой — она "*не показана, так как она воздействует на корпус автомобиля*".

На задней обложке [7] автор декларирует "Учебник содержит новые разработки и методические подходы к изучению физических свойств автомобиля... Рассмотрен более широкий круг вопросов теории движения автомобиля и дано их математическое описание. Теоретические обоснования, выводы формул и построение математических моделей движения автомобиля приведены в более строгое соответствие с законами и методами классической механики". Но так ли это?

Классическая механика рассматривает идеальные, абсолютно гладкие тела. Она применима только тогда, когда трением взаимодействующих поверхностей можно пренебречь. Представляет ли автор учебника движение автомобиля без связи колёс с опорной поверхностью посредством трения (сцепления)? На наш взгляд, данный учебник охватывает самые обычные вопросы в затуманенном академизмом виде и ничего нового, кроме ошибочных представлений и отходов от давно установленных учёными фактов [1–6 и др.], не содержит. Основа же этих ошибок — непонимание механики.



Рис. 2. Схема сил, действующих на ведущее колесо, обнаруженная в интернете

Как известно, механика — наука о движении и силах, разделяющаяся на кинематику, статику и динамику. Динамика рассматривает законы движения тел и причины, вызывающие или изменяющие это движение, которое происходит в результате взаимодействия, по меньшей мере, двух тел. Недопонимание понятия *сила* приводит к ошибкам при выводе уравнений движения и расчёте механизмов автомобиля (см. АП, 2018, № 6 и 2017, № 7). Из определения термина "сила" вытекает, что *без точки приложения, направления и величины она не существует*.

Динамика автомобиля изучается с целью правильного выбора закладываемых при проектировании параметров, которые определяют его эксплуатационные свойства. Разумеется, как и любая теория, она начинается с обоснованных основополагающих допущений, определений и приёмов, без которых невозможно решение проблем, ради чего теория создана. В теории движения и расчёте автомобиля приняты следующие допущения и основные понятия [1–6 и др.]: уравнением движения называют уравнение прямолинейного движения автомобиля как твёрдого тела с одной степенью свободы под действием продольных сил, направленных параллельно дороге в вертикальной плоскости (борты автомобиля совмещены), которое является основным из всех уравнений, определяющих закономерности движения автомобиля; в центре масс приложены силы тяжести, инерции и сопротивления подъёму автомобиля; в центре парусности приложена равнодействующая сил сопротивления воздуха; в контакте ведущего колеса с дорогой создаётся сила тяги, представляющая собой окружную (касательную, тангенциальную) реакцию дороги на ведущее колесо; силы и моменты, действующие на один элемент автомобиля, приводятся к другому его элементу.

Эти допущения объяснимы. Основоположники теории автомобиля считали основным уравнение прямолинейного движения, так как высшие проверяемые показатели ускоренного, равномерного и замедленного движения достигаются именно при прямолинейном движении автомобиля и определяются во время дорожных испытаний на горизонтальном (угол подъёма $\alpha = 0$) участке дороги: приёмистость, максимальная скорость, минимальный тормозной путь. Поэтому сопротивление движению автомобиля сводится к сопротивлению качения эластичных шин колёс по опорной поверхности.

Автомобиль, представляющий собой сложную механическую систему, для разных задач рассматривают по-разному. Так, при изучении плавности хода его считают многомассовой колебательной системой, обладающей многими степенями свободы. Если же изучается тяговая и тормозная динамика — твёрдым телом с одной степенью свободы. Последнее продуктивно, так как значительно упрощает вывод уравнений ускоренного, равномерного и замедленного движения без ощутимого ущерба для точности.

Оппонируя в какой-то мере В.П. Тарасику, последовательно и чётко представляет свою точку зрения канд. техн. наук В.И. Коптилов. В своей статье [11] он обстоятельно проанализировал предложения по математическому моделированию прямолинейного движения автомобиля [11, 12] и пришёл к выводам, среди которых есть следующее: "это превратное толкование роли силы тяги автомобиля, а также крутящего момента, подводимого к его ведущим колёсам, в процессе движения. Он не содержит главного — чёткого и однозначного ответа на вопрос: что же является движущим усилием автомобиля?". Однако никакими "припарками" изначально ошибочной теории не помочь.

Исследования, выполненные на базе традиционной теории автомобиля, неизбежно приводят к неправильным выводам, которые точнее следует назвать бессмысленными, настолько они далеки от истины. Достаточно сказать, что в ней не учитывается расположение центров масс, парусности, контакта ведущих колёс с опорной поверхностью, которые являются точками приложения действующих на автомобиль сил. И, следовательно, высоты точек приложения сил не имеют значения, что противоречит механике. Чтобы убедиться в этом, достаточно приложить одну и ту же по величине силу к покоящемуся предмету на разных высотах. Сила, приложенная ближе к основанию предмета, сдвинет его, выше — опрокинет. Во время учебных занятий мы демонстрируем это студентам, прикладывая силу к подставке для конспекта лекции. Просто и неопровержимо.

По свойствам изучаемого объекта теоретическая механика, в частности, делится на механику материальной точки, т.е. тела, размерами которого при изучении его движения (или равновесия) можно пренебречь, и механику твёрдого тела, т.е. тела, деформациями которого при изучении его движения (или равновесия) можно пренебречь [12].

Разумеется, материальной точкой автомобиль не является. Не зря проф. А.И. Гришкевич отметил: "Теория автомобиля является относительно молодой наукой и многие её разделы нуждаются в дальнейшей разработке и уточнении" [5]. Вектор времени необратим. Пора признать, что в основу традиционной теории движения автомобиля было ошибочно положено уравнение материальной точки, что полностью её обрушило. Взамен предложена теория движения автомобиля (см. АП, 2019, № 1), как твёрдого тела, которую наиболее просто и коротко, но без ущерба строгости выводов, приводим ниже.

Рассмотрим режим ускоренного прямолинейного движения на горизонтальном участке дороги двух-

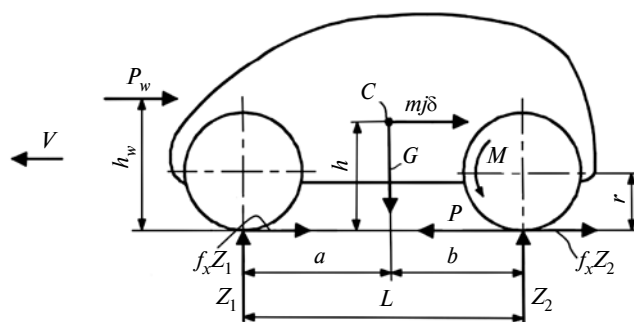


Рис. 3. Силы, действующие на заднеприводный двухосный автомобиль при разгоне на горизонтальном участке дороги

осного автомобиля и составим уравнения движения (рис. 3).

Автомобиль, как твёрдое тело, от природы имеет центры масс, парусности и контакта ведущего колеса с дорогой. В центре C масс, на высоте h от опорной поверхности, приложены силы тяжести G , приведённая сила инерции $mj\delta_b$ (m, j — масса и ускорение; δ_b — коэффициент учёта вращающихся масс в верном уравнении движения). Сила сопротивления P_w подъёму, если угол подъёма $\alpha \neq 0$. В центре парусности, на высоте h_w , приложена сила P_w сопротивления воздуха. В контакте ведущего колеса с дорогой создаётся нормальная реакция Z_2 дороги и соответствующая ей движущая сила P тяги, представляющая собой окружную (касательную, тангенциальную) реакцию дороги на момент ведущего колеса. Кроме нормальных реакций Z_1 и Z_2 в контакте колёс с поверхностью дороги возникают силы сопротивления качению $f_x Z_1$ и $f_x Z_2$, сумма которых равна $f_x(Z_1 + Z_2) = f_x G$, где f_x — коэффициент сопротивления продольному качению колёс. Индексы 1 и 2 при параметрах означают принадлежность соответственно к ведомой или ведущей оси. Автомобиль (борты совмещены) находится под действием плоской системы сил, приложенных к нему на разных высотах от опорной поверхности.

На основе законов механики, получим следующее уравнение ускоренного движения автомобиля, находящегося под действием показанных на схеме сил:

$$P - mj\delta_b - f_x G - P_w(h_w - r)/r - P_w \quad (1)$$

или

$$P - mj\delta_b - f_x G - P_w h_w / r = 0. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2), с учётом того, что $P_w(h_w - r)/r - P_w = P_w h_w / r$, трансформируются друг в друга. Однако их можно найти в отдельности. Если за центр моментов принять ось ведущего колеса, получим уравнение (1), если за центр моментов принять центр контакта ведущего колеса с дорогой, то (2).

Заметим, что устойчивое движение автомобиля обеспечивается надёжным контактом колёс с дорогой и происходит благодаря вращению катящихся ведущих колёс вокруг оси, одновременно являющейся центром моментов. Собственно колесо и его ось являются средством передачи сил и моментов, действующих на автомобиль, к плоскости контакта колёс с дорогой.

Из уравнений (1), (2) можно получить, приняв равными нулю, соответственно j , а затем и P , уравнения равномерного и замедленного, в случае экстренного торможения, движения. Для равномерного движения:

$$P - [P_w + P_w(h_w - r)/r] - f_x G = 0 \quad (3)$$

или

$$P - P_w h_w / r - f_x G = 0. \quad (4)$$

Для замедленного:

$$mj\delta_B - \varphi_x mg - P_w h_w / r = 0, \quad (5)$$

где $\delta_B \approx h/r$; φ_x — коэффициент продольного сцепления шин с дорогой.

Уравнения (1–5) впервые содержат высоты h_w , h , r и координаты точек приложения всех действующих сил P_w , G , $mj\delta$, $f_x G$ и реакции Z_1 , Z_2 на автомобиль. Это показывает, что эти силы не просто спроецированы как в теории автомобиля на плоскость дороги, а приведены для плоской системы сил к движущей силе тяги, возникающей в контакте ведущих колёс с дорогой.

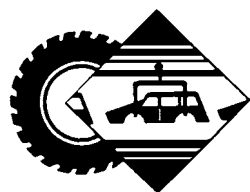
Литература

1. Чудаков Е.А. Избранные труды. Том 1. Теория автомобиля. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 464 с.
2. Зимелев Г.В. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 1959. — 312 с.
3. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 1963. — 240 с.

4. Антонов А.С., Кононович Ю.А., Магидович Е.И., Прозоров В.С. Армейские автомобили. Теория. — М.: Воениздат, 1970. — 527 с.
5. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория. — Минск: Вышэйшая школа, 1986. — 208 с.
6. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. — 237 с.
7. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. — СПб.: БХВ — Петербург, 2006. — 478 с.
8. Тарасик В.П., Бренч М.П. Теория автомобилей и двигателей: Учебное пособие — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. — 448 с.
9. Тарасик В.П. Математическое моделирование прямолинейного движения автомобиля // Автомобильная промышленность, 2017. № 9.
10. Тарасик В.П. Математическое моделирование прямолинейного движения автомобиля // Автомобильная промышленность, 2017. № 10.
11. Коптилов В.И. Несколько замечаний о моделировании прямолинейного движения автомобиля // Автомобильная промышленность, 2018. № 12.
12. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. — М.: Наука, 1968. — 480 с.

От редакции

Как видим, читатель во многом прав. Вопрос требует более глубокого и беспристрастного освещения. В частности, представляет интерес предложенная С.П. Пожидаевым модель — "одноосный прицеп с парусом" (см. АП, 2020, № 3) — для изучения отдельно взятой силы сопротивления воздуха в связи с высотой точки её приложения.



ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 629.113

ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСМИССИИ СРЕДНЕТОННАЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Кандидаты техн. наук **ТУМАСОВ А.В., ВАШУРИН А.С.;**
ТОРОПОВ Е.И., МОШКОВ П.С.

Нижегородский ГТУ имени Р.Е. Алексеева

Представлен подход специалистов НГТУ по проведению испытаний среднетоннажного грузового автомобиля "GAZon Некст". Основная цель — получение данных о режимах работы двигателя и механической трансмиссии в условиях, приближенных к эксплуатационным. Описаны последние достижения измерительных технологий по оценке эксплуатационных свойств автомобиля. Полученные экспериментальные зависимости будут использованы при разработке механизмов управления муфтой сцепления и переключения передач, а также алгоритмической части электронного блока.

Ключевые слова: автоматизированная трансмиссия, механическая коробка передач, тензодатчик, испытания, телеметрия.

Tumasov A.V., Vashurin A.S., Toropov E.I., Moshkov P.S. PREPARATION AND TESTING TRANSMISSION OF THE MEDIUM-DUTY CARGO VEHICLE

This article presents the approach of specialists of the Nizhny Novgorod State Technical University to test the GAZon Next medium-duty cargo vehicle. The main goal is to obtain data on the operating modes of the engine and mechanical transmission in operational conditions. The latest achievements of measuring technologies for assessing the operational properties of a vehicle are described in this article. The obtained experimental dependencies will be used in the development of mechanisms for controlling the clutch and gear shifting, as well as the algorithmic part of the electronic unit.

Keywords: automated transmission, mechanical gearbox, strain gauge, testing, telemetry.

Один из векторов развития автомобильных механических трансмиссий — автоматизация управления сцеплением и переключением передач за счёт установки специальных механизмов — актуаторов. Мировые автоконцерны ("Вольво", "Мерседес-Бенц", "Скания", "Рено" и др.) уже в течение двух десятилетий серийно оборудуют свои транспортные средства подобными системами [1]. По сравнению с "классическими" автоматическими трансмиссиями преимуществами таких

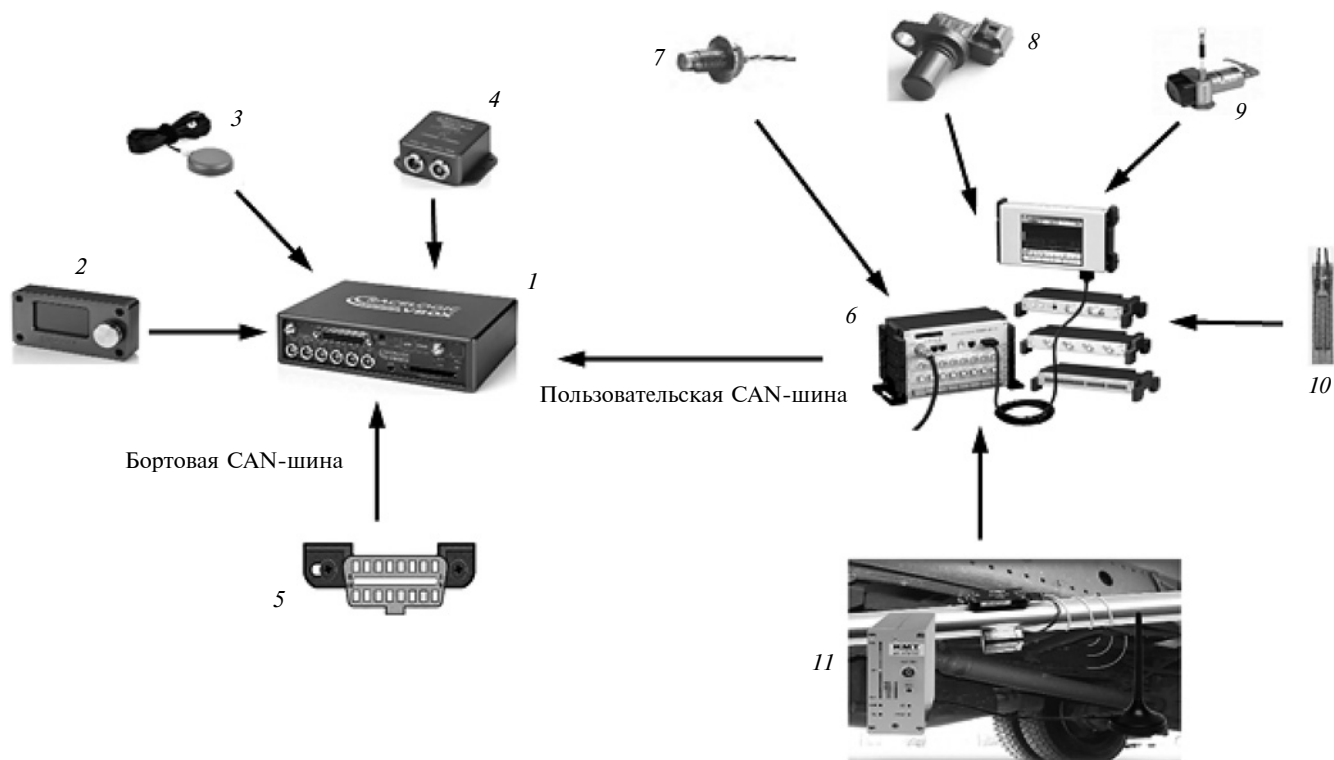


Рис. 1. Принципиальная схема измерительной установки:

1 — многофункциональный измеритель скорости Racelogic VBOX 3i 100Hz; 2 — дисплей управления Vbox; 3 — GPS/Глонасс антенна; 4 — гироскоп IMU04; 5 — диагностическая колодка OBD-II; 6 — динамическая система сбора данных TMR-200; 7 — датчик давления; 8 — датчик оборотов первичного вала к.п.; 9 — тросовый датчик линейных перемещений; 10 — тензодатчики, вклеенные в тросы привода переключения передач; 11 — комплект телеметрии, установленный на карданном валу

систем считаются более высокий КПД, простота конструкции и доработки серийной трансмиссии под автоматизацию. Система автоматического управления (CAU) производит переключение передач на основе алгоритма, которым называют совокупность зависимостей моментов переключения передач, как с низших на высшие передачи, так и наоборот, от главных факторов — скорости автомобиля и нагрузки на двигатель [2]. Стоит отметить, что для более плавного переключения в алгоритме должно быть предусмотрено определение оптимального времени работы исполнительных механизмов исходя их действующих условий движения, на основе которого рассчитывается величина изменения мощности на ведущих колёсах до и после переключения передач [3].

Учитывая перспективность подобных мехатронных систем, специалисты НГТУ имени Р.Е. Алексева при поддержке Объединённого инженерного центра ГАЗа приступили к разработке комплекта автоматизации (роботизации) "ручной" механической трансмиссии среднетоннажного грузового транспортного средства "ГАЗон Некст", включающий актуаторы муфты сцепления и переключения передач, а также электронный блок управления ими.

Для получения закона управления трансмиссией (процесса трогания, переключения на высшую и низшую передачу, остановка) разработан и установлен на объект испытаний измерительный комплекс по оценке режимов работы механической трансмиссии в условиях, близких к эксплуатационным (рис. 1).

Представленная измерительная установка позволяет фиксировать такие динамические параметры, как: линейная скорость движения транспортного средства (км/ч); продольное и поперечное ускорения (g); скорость рыскания, тангажа, крена ($^{\circ}/c$); частота вращения коленчатого вала (мин^{-1}); частоты вращения входного и выходного валов коробки передач (мин^{-1}); положение падали акселератора (%); факт нажатия на педаль тормоза (0/1); положение педали сцепления (мм); актуальный крутящий момент двигателя ($\text{Н} \cdot \text{м}$); момент трения в двигателе ($\text{Н} \cdot \text{м}$); запрашиваемый крутящий момент водителем ($\text{Н} \cdot \text{м}$); момент, развиваемый на карданном валу ($\text{Н} \cdot \text{м}$); усилия в тросах переключения передач (Н); давление жидкости в гидроприводе сцепления (МПа); срабатывание функций ABS и ASR.

Измерение крутящего момента на вращающемся валу — сложная техническая задача. Существует множество способов по оценке данного динамически изменяющегося параметра. В качестве примера можно привести автомобильный двигатель, крутящий момент которого вычисляет электронный блок управления на основе калибровочных таблиц и показаний различных датчиков (обороты, нагрузка, подача топлива и т.п.). В случае определения момента на валах трансмиссии наиболее точный результат обеспечивает метод, основанный на замере деформации [4]. При данном подходе на исследуемый вал наклеиваются тензометрические резисторы под углом 45° к оси вращения, соединение которых производят по мостовой схеме,

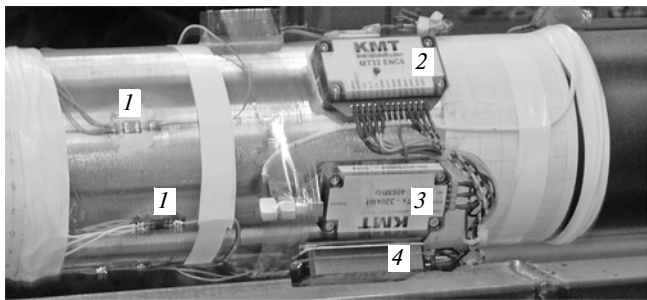


Рис. 2. Установка тензодатчиков и телеметрии на карданный вал в целях измерения крутящего момента:

1 — наклеенные на вал тензодатчики крутящего момента; 2 — управляющий модуль-сборщик MT32-ENC8; 3 — высокочастотный передатчик MT32-Tx-320kbit; 4 — модуль-обработчик сигнала от тензодатчиков MT32-STG

таким образом обеспечивается высокая чувствительность, улучшается линейность получаемой характеристики, значительно уменьшается влияние температуры на величину выходного сигнала [4]. Основная сложность при использовании данного метода применительно к вращающимся элементам — это передача измеренных показаний на регистрирующее оборудование. В настоящее время эта проблема решена — современный уровень развития микроэлектроники поз-

воляет с помощью цифрового радиоканала сделать передачу данных максимально надёжной и простой.

При исследовании крутящего момента на карданном валу автомобиля "ГАЗон Некст" было решено использовать многоканальную телеметрическую систему КМТ MT32-ENC8, которая включает: модуль-обработчик сигнала от тензодатчиков MT32-STG (3 шт.); управляющий модуль-сборщик по SPI-шине MT32-ENC8; высокочастотный передатчик MT32-Tx-320kbit; модуль автономного питания с литиевой батареей CR-P2; декодер радиосигнала MT32-DEC8.

Установленный на карданный вал комплект телеметрии, а также наклеенные тензодатчики представлены на рис. 2. Перед установкой измерительного карданного вала на испытуемое транспортное средство показания, получаемые с тензодатчиков, были оттарированы на физическую величину крутящего момента.

Актуаторами в автоматизированной механической трансмиссии служат электрические двигатели с редукторной частью. При их разработке (кинематический и силовой анализ) встаёт вопрос об экспериментальном определении усилий, возникающих в приводе. Для этой цели были изготовлены, откалиброваны и установлены на испытуемое транспортное средство измерительные тросы (рис. 3).

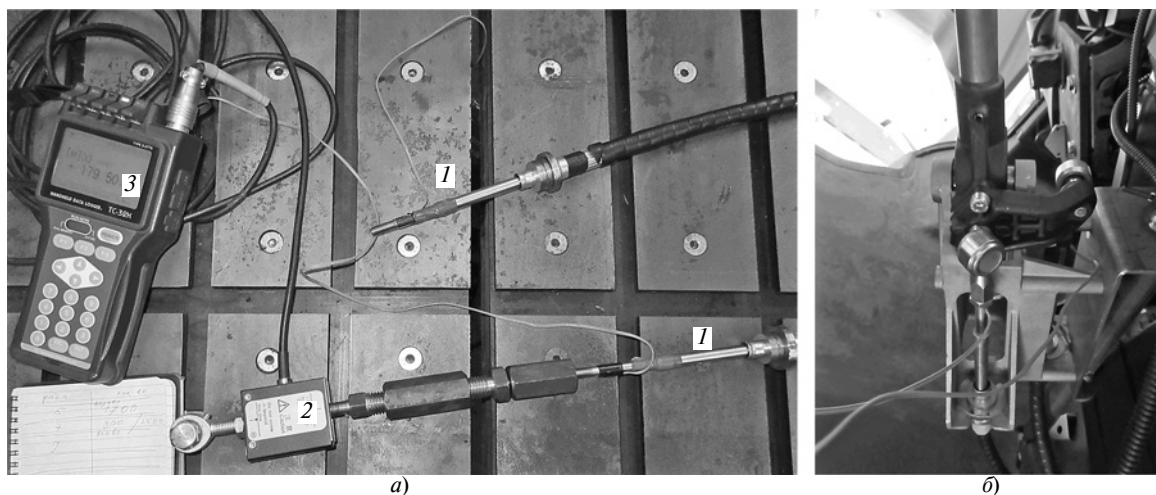


Рис. 3. Установка и тарировка измерительных тросов:

а — тарировка измерительных тензодатчиков тросов (1 — измерительные тросы; 2 — датчик силы; 3 — тензодатчиковый усилитель TC-32K); б — установка тросов в приводе

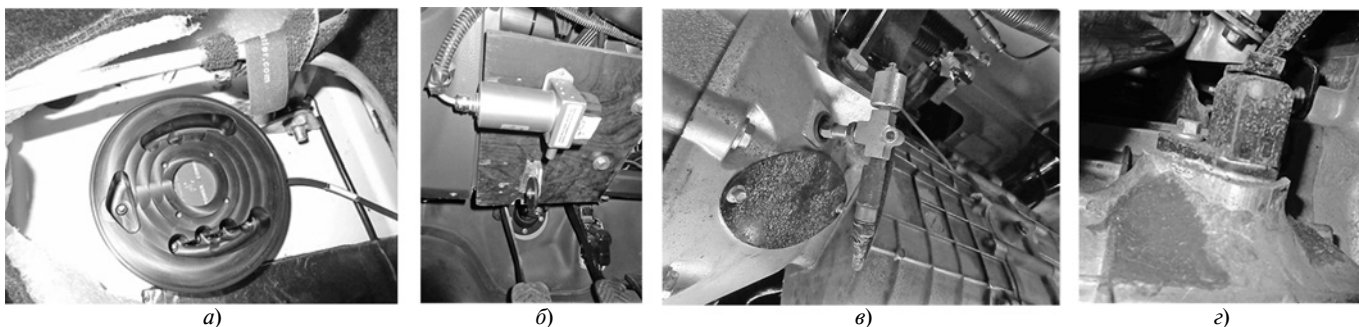


Рис. 4. Установка дополнительных датчиков:

а — гироскоп IMU05; б — датчик линейных перемещений педали сцепления; в — датчик давления в гидроприводе сцепления; г — датчик скорости вращения первичного вала к.п.

В дополнение к бортовым автомобильным сенсoram были установлены внешние датчики: гироскоп для определения ускорений и скоростей вращения по трём осям (рис. 4, а), датчик линейного перемещения педали сцепления (рис. 4, б), датчик давления в гидроприводе сцепления (рис. 4, в), датчик скорости вращения входного вала коробки передач (рис. 4, г).

Для фиксации во времени значений крутящего момента, измеренного и передаваемого телеметрическим комплектом, растягивающих усилий, возникающих в тросах привода переключения передач, а также сигналов от дополнительных датчиков использовалась динамическая система сбора данных TMR-200 (рис. 5), состоящая из блоков управления (TMR-211), индикации (TMR-281), двух блоков измерения деформации — для фиксации измеряемых значений телеметрическим комплектом и показаний датчика линейных перемещений (TMR-221, полномостовая схема) и для измерения растягивающих усилий в тросах и давления в гидроприводе деформации (1G2G4G TMR-222), связи по пользовательской CAN-шине с Racelogic Vbox3i (CAN/Voice/GPS TMR-251); цифрового ввода-вывода для расшифровки сигнала с частотных датчиков ско-



Рис. 5. Динамическая система сбора данных TMR-200: 1 — блок индикации TMR-281 2 — блок управления TMR-211; 3 — блок CAN/Voice/GPS TMR-251; 4 — блок измерения деформации 1G2G4G TMR-222; 5 — блок цифрового ввода-вывода TMR-253; 6 — блок измерения деформации TMR-221



Рис. 6. Установка регистрирующего оборудования в кабине транспортного средства

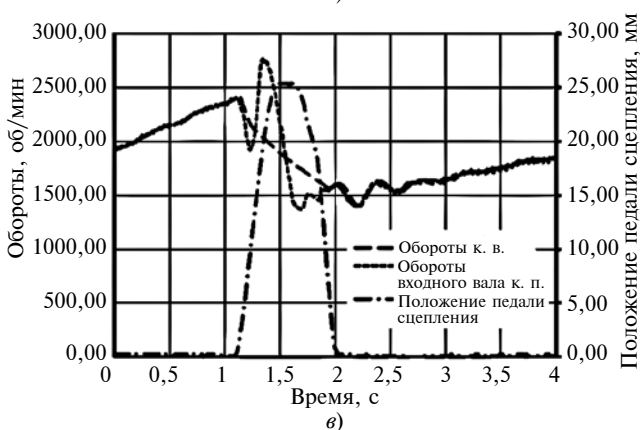
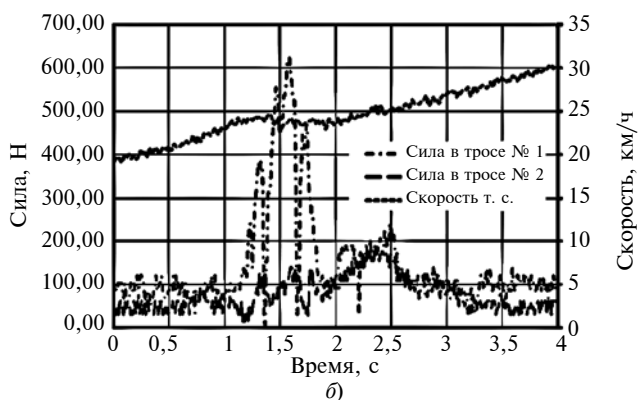
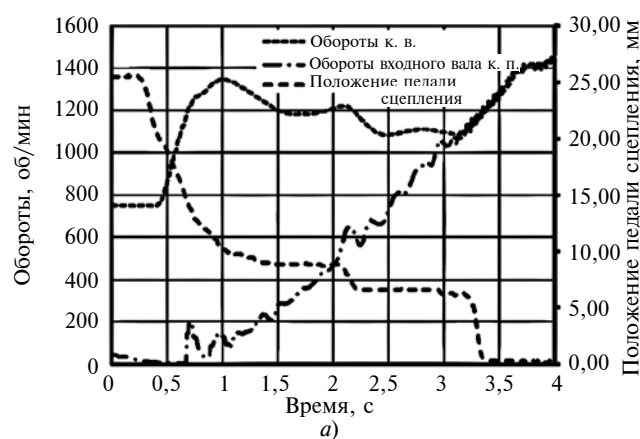


Рис. 7. Экспериментальные графики процесса трогания и переключения передач при максимальной подаче топлива

ростей вращения входного и выходного валов коробки передач (TMR-253). Измерительное оборудование было установлено и закреплено в кабине транспортного средства (рис. 6).

Испытания автомобиля проводились на полигоне "Березовая пойма" автомобильного завода "ГАЗ" при различных нагрузках (полная масса, 50 % от максимальной загрузки, снаряженная масса) в следующих режимах движения: начало движения при максимальной подаче топлива (с 1-й передачи, со 2-й передачи); начало движения при частичных характеристиках двигателя (с 1-й и со 2-й передачи); разгон с максимальной подачей топлива (анализ переключения передач 1-2-3-4-5-6); разгон при частичных характеристиках двигателя; торможение "двигателем" с максимальной скорости (анализ переключения пере-

дач 6-5-4-3-2-1); движение в магистральном и городском циклах (ГОСТ 20306—90).

На рис. 7 представлены примеры полученных экспериментальных графиков — процесс трогания (рис. 7, а), переключения с пониженной на повышенную передачу (рис. 7, б и в) при загрузке транспортного средства до полной массы. В дальнейшем данные экспериментальные зависимости будут использованы при силовом и кинематическом расчёте актуаторов привода переключения передач и управления муфтой сцепления, а также при разработке встраиваемого программного обеспечения электронного блока автоматизированной механической трансмиссии.

Исследования были выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ с использованием измерительной аппаратуры Центра коллективного пользования НГТУ "Транспортные системы".

Литература

1. Блохин А.Н. Применение опережающих технических решений при создании механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением / А.П. Недялков, А.Н. Блохин // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2011. № 2.
2. Гируцкий О.И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля / О.И. Гируцкий, Ю.К. Есеновский-Лашков, Д.Г. Поляк // М.: Транспорт, 2000. — 213 с.
3. Блохин А.Н. Исследование возможности переключения передач при движении автомобиля с использованием показателей, характеризующих действительный и кинематический интервал оборотов ведущих частей трансмиссии / А.П. Недялков, А.Н. Блохин, Е.Г. Денисенко // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 11. С. 105—120.
4. Гуринов А.С. Измерение крутящего момента на вращающихся валах / А.С. Гуринов, В.В. Дудник, В.Л. Гапонов, В.В. Калашников // Вестник Донского Государственного Технического Университета. 2012. № 1. С. 25—30.

УДК 681.511.46

РАЗРАБОТКА ГИБКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАРОЙ МОДЕЛИ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ CAD/CAM

Д-р техн. наук **МАМЕДОВ Дж.Ф.**,
кандидаты техн. наук **ТАЛЫБОВ Н.Г.**, **АБДУЛЛАЕВ К.С.**;
МУРАДОВА З.М.

Сумгаитский ГУ (cavan62@mail.ru)

На основе анализа литературных источников по вопросу разработки гибкого производственного модуля для реконструкции старых моделей автомобиля была поставлена цель работы и определены вопросы выбора компоновочной схемы гибкого производственного модуля с размещением манипуляционных устройств. Для определения обобщённых координат манипуляционных устройств, перемещающих заготовки в соответствии с траекторией движения манипуляторов, был проведён кинематический анализ с использованием нечёткой логики.

Ключевые слова: гибкий производственный модуль, автоматизация проектирования, автомобиль, манипулятор, нечёткая модель.

Mammadov J.F., Talibov N.G., Abdullayev Kh.S., Muradova Z.M.

DEVELOPMENT OF A FLEXIBLE PRODUCTION MODULE FOR THE RECONSTRUCTION OF THE OLD CAR MODEL BASED ON CAD/CAM

Based on the analysis of literary sources on the development of a flexible manufacture module (FMM) for the reconstruction of old car models, the goal was set and the issues of choosing a layout scheme for FMM with the placement of handling devices were identified. To determine the generalized coordinates of the handling devices moving the work pieces in accordance with the trajectory of movement of the manipulators, kinematic analysis was performed using fuzzy logic.

Keywords: flexible manufacture module, computing design, car, manipulator, fuzzy logic.

Проектирование технических систем, в особенности гибких производственных модулей (ГПМ), состоящих из комплекса оборудования, манипуляторов, промышленных роботов, элементов системы управления и других специальных устройств, является процессом

многоэтапным. При разработке подобных модулей для повышения эффективности процесса проектирования, точности выполнения технологических операций, синхронизации системы автоматизации проектирования и производства (CAD/CAM) на начальном этапе (техническое задание и техническое предложение) требуется применение методов поиска, сравнительного анализа прототипов таких модулей, выбора нестандартных решений по разработке инновационных вариантов проекта и их экономического обоснования [1]. В связи с этим в материале рассматривается вопрос разработки гибкого производственного модуля для автоматизированной реконструкции старых моделей автомобиля с применением интеграционной системы автоматизированного проектирования и производства.

Анализ литературных источников [2, 3] показал, что для реконструкции старых автомобилей используются ремонтные мастерские, неавтоматизированные цехи для выявления неполадок, их реставрации, окраски, смены частей машины и другие операции. Технологические операции по реконструкции, реставрации и переналадке машин и их частей ведутся в основном вручную, кустарными способами. При этом качество выполненных работ существенно зависит от профессиональной подготовки технолога, проектировщика, дизайнера и других специалистов.

Исследование вопросов по выбору и созданию компоновочных схем, применению автоматизированных средств технического и информационного обеспечения производственных систем показало, что недостаточное решение вопросов инженерного проектирования, координации, кинематических расчётов манипуляционных средств обслуживания, их функционального исследования, планирования и моделирования требует основательного решения данных вопросов [3]. В связи с этим поставлена цель разработки ГПМ с реализацией вопросов инженерного проектирования его компоновочной схемы, выбора и функционального исследования манипуляционных средств, автоматизированного проектирования заготовок для модерниза-

ции старых автомобилей и создания схемы автоматизации технологических операций.

Определение проблемы и целей работы

У большинства владельцев автомобилей после определённого времени пользования возникает желание изменить внешний вид своего транспортного средства. Связано это не только с веяниями моды, но зачастую и с некачественным ремонтом повреждённых автомобилей после ДТП. Между тем в современном мире услуги реконструкции и изменения дизайна автомобиля развиты довольно слабо.

Предлагаемый проект предусматривает разработку и реконструкцию автомобилей, которые нуждаются в обслуживании и "перепроектировании". Проект требует применения 80 % автоматизированных технологий и 20 % человеческого труда. В ГПМ, являющемся его основным производственным центром, устанавливаются специальные манипуляторы для захвата и перемещения новых заготовок боковой, верхней, передней и задней частей автомобиля с поддержкой интегрированного программного обеспечения *CAD* (система автоматизированного проектирования)/*CAM* (система автоматизированного производства). После нескольких этапов сборки заготовок, покраски и испытаний автомобиль собирается в любом исполнении в соответствии с интересами владельца автомобиля.

Предлагаемое решение предотвращает излишние затраты времени клиента (владельца автомобиля) и гарантирует, что работа будет выполнена в назначенные сроки. Причём стоимость услуги определяется уже на начальном этапе, без последующих дополнительных затрат клиента. С другой стороны, новый дизайн будет интересен для тех, кто мечтает лично поучаствовать в проектировании собственного автомобиля в различных формах.

Итак, цель данной работы — разработка ГПМ, обеспечивающая реконструкцию старой модели автомобиля на основе манипуляционных устройств и *CAD/CAM* технологии. Для реализации поставленной цели требуются решения следующих задач: выбор компоновочной схемы ГПМ с размещением манипуляционных устройств; определение кинематических параметров манипуляционных устройств ГПМ с использованием теории нечёткого множества; определение интеграционной схемы автоматизированного проектирования и производства инновационного автомобиля в ГПМ на основе *CAD/CAM*.

Компоновочная схема ГПМ и выбор основных технических средств

Как известно из [4, 5], виды компоновочных схем производственных модулей выбираются в зависимости от назначения, специфики технологических операций, выделенной площади для производства и её активных элементов. Исследуемое производство предназначено для модернизации старых моделей автомобилей. В производстве для реконструкции старых моделей автомобилей в одном цикле предусматривается ввод одного автомобиля. При этом на основе активизации автоматизированной системы проектирования

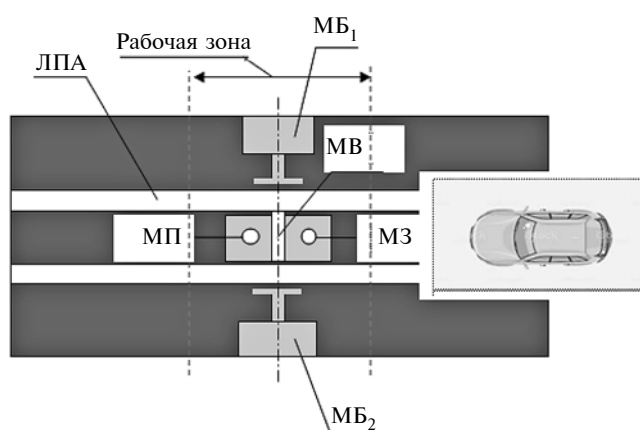


Рис. 1. Компоновочная схема ГПМ для модернизации старой модели автомобиля

и производства ((АСПП) *CAD/CAM*) начинается системное проектирование заготовок для данной модели автомобиля. Через программный и технический интерфейс АСПП с помощью манипуляторов с магнитными захватами проектируемые заготовки (для боковых сторон, передней, задней и верхней частей) устанавливаются на соответствующих позициях автомобиля, который в свою очередь фиксируется на рабочей зоне ГПМ. Крепление заготовок на старом автомобиле осуществляется посредством технолога-автомобилиста. Перед процессом крепления новых заготовок старый корпус вырезается и удаляется из производственной линии. После выполнения операции крепления модернизированных заготовок начинается отшлифовка, и далее закрашиваются все части нового корпуса автомобиля.

В соответствии с видами технологических операций ГПМ его площадь выбирается в размере больше площади крупногабаритного автомобиля (в пределах 6×5 м). Высота ГПМ должна свободно обеспечивать функционирование манипуляторов для операций с верхними, передними и задними заготовками (в пределах 3...4 м).

Следуя вышеописанным требованиям, предлагается компоновочная схема ГПМ для модернизации старых автомобилей, показанная на рис. 1.

Манипуляторы для перемещения и поддержки заготовок

В ГПМ функционируют манипуляторы для перемещения боковых заготовок (МПБЗ), которые имеют одинаковую конструкцию (рис. 2). Эти манипуляторы [6] прямолинейно перемещаются к боковым сторонам автомобиля посредством ременной передачи от исполнительных механизмов ($ИМ_1$ и $ИМ_2$). Позиционирования МПБЗ₁ и МПБЗ₂ в соответствии с расстояниями перемещения заготовки обеспечиваются за счёт индуктивных датчиков перемещения в пределах, представленных в виде нижеследующей табл. 1. Предельное перемещение изменяется $dx_1 = [100, 150]$. Так как в ГПМ могут модернизироваться разные марки автомобилей, то перемещение изменяется нечётко [7].

В ГПМ функционируют манипуляторы для перемещения передней и задней заготовки (МППЗ (рис. 3)

и МПЗЗ), которые устанавливаются в верхней части модуля. Эти манипуляторы прямолинейно перемещаются вниз соответственно к передней и задней сторонам автомобиля посредством ременной передачи от исполнительных механизмов (ИМ₃ и ИМ₄). Позиционирования МППЗ и МППЗ обеспечиваются за счёт индуктивных датчиков перемещения в пределах $dx_2 = [200, 250]$ (табл. 2).

Кинематический анализ манипуляторов в ГПМ

Как видно из рис. 1, манипуляторы размещаются компактно в боковых и центральной верхней частях ГПМ. Боковые манипуляторы (МБ₁ и МБ₂) — соответственно манипуляторы, перемещающие заготовки левой и правой боковых сторон автомобиля. Верхний, передний и задний манипуляторы (МВ, МП, МЗ) — соответственно манипуляторы, перемещающие заготовки верхней, передней и задней частей автомобиля. Траектория перемещения манипуляторов определяется с помощью кинематического исчисления [8] в трёхмерной координатной системе dx, dy, dz (рис. 4).

Так как в ГПМ могут быть реконструированы автомобили различных моделей, имеющие различные габаритные размеры, то перемещение в координатной оси XYZ нечётко. В этой связи для боковых манипуляторов (МБ₁ и МБ₂) устанавливается нечёткое множество перемещения в виде лингвистической переменной [9]: $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где β — наименование лингвистической переменной (линейное перемещение боковых манипуляторов).

$$T_{\beta 1} \in \{dx_{\beta 11}, dx_{\beta 12}, \dots, dx_{\beta 1n}\};$$

$$T_{\beta 2} \in \{dx_{\beta 21}, dx_{\beta 22}, \dots, dx_{\beta 2n}\}.$$

Здесь $X = [0, 350]$; G — процедура образования новых термов с помощью импликаций "и", "или" и модификаторов типа "очень малое", "достаточное", "большое" и "очень большое"; M — процедура задания на $X = [100, 150]$ нечётких подмножеств, $dx_{\beta 11}$ = "прямолинейное движение очень малое" (80, 90, 100 (мм)), $dx_{\beta 12}$ = "прямолинейное движение малое" (100, 110, 120 (мм)), $dx_{\beta 13}$ = "прямолинейное движение достаточное" (120, 135, 150 (мм)), $dx_{\beta 14}$ = "прямолинейное движение большое" (150, 160, 170 (мм)), $dx_{\beta 15}$ = "прямолинейное движение очень большое" (170, 180, 200 (мм)). Аналогичное нечёткое перемещение $dz_{\beta 1i}$ предусматривается для второго бокового манипулятора.

Таблица 1

Диапазон измерений, мм	Нелинейность (% П.Ш.*)
±100	<±0,5/±0,25/±0,1
±150	<±0,5/±0,25

Таблица 2

Диапазон измерений, мм	Нелинейность (% П.Ш.*)
±200	<±0,25/±0,2/±0,05
±250	<±0,25/±0,05

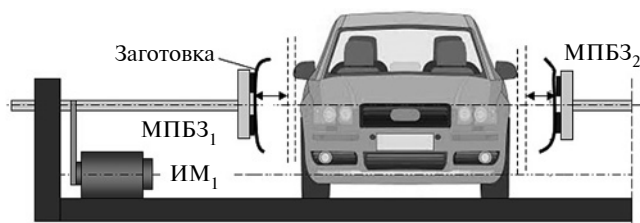


Рис. 2. Схема размещения МПБЗ₁ и МПБЗ₂, а также их перемещения заготовок в ГПМ

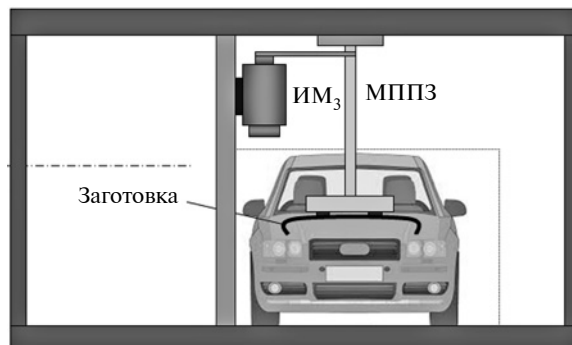


Рис. 3. Схема размещения МППЗ, а также перемещения передней заготовки в ГПМ

В соответствии с нечёткими данными линейного перемещения боковых манипуляторов и теоремы косинусов определяются координаты в следующем виде:

$$M_{\beta 1i} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \left\{ \begin{array}{l} dx_{\beta 61}/0,3 + dx_{\beta 62}/0,6 + dx_{\beta 63}/1 + \\ + dx_{\beta 64}/0,8 + dx_{\beta 65}/0,4 \end{array} \right\} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $\mu_{\beta} \in \{0,3; 0,6; 1; 0,8; 0,4\}$ — функции принадлежности, соответствующие нечётким линейным перемещениям боковых манипуляторов $dx_{\beta i}$.

Для других манипуляторов верхнего, переднего и заднего линейного перемещения новых заготовок старого автомобиля кинематический анализ проводится аналогичным образом в следующем виде. Координаты линейного перемещения для переднего и заднего манипуляторов:

$$M_{\text{ПЗ}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \left\{ \begin{array}{l} dz_{\text{ПЗ}1}/0,4 + dz_{\text{ПЗ}2}/0,7 + dz_{\text{ПЗ}3}/1 + \\ + dz_{\text{ПЗ}4}/0,8 + dz_{\text{ПЗ}5}/0,6 \end{array} \right\} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Координаты линейного перемещения для верхнего манипулятора:

$$M_{\text{В}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \left\{ \begin{array}{l} dz_{\text{В}1}/0,5 + dz_{\text{В}2}/0,8 + dz_{\text{В}3}/1 + \\ + dz_{\text{В}4}/0,8 + dz_{\text{В}5}/0,5 \end{array} \right\} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

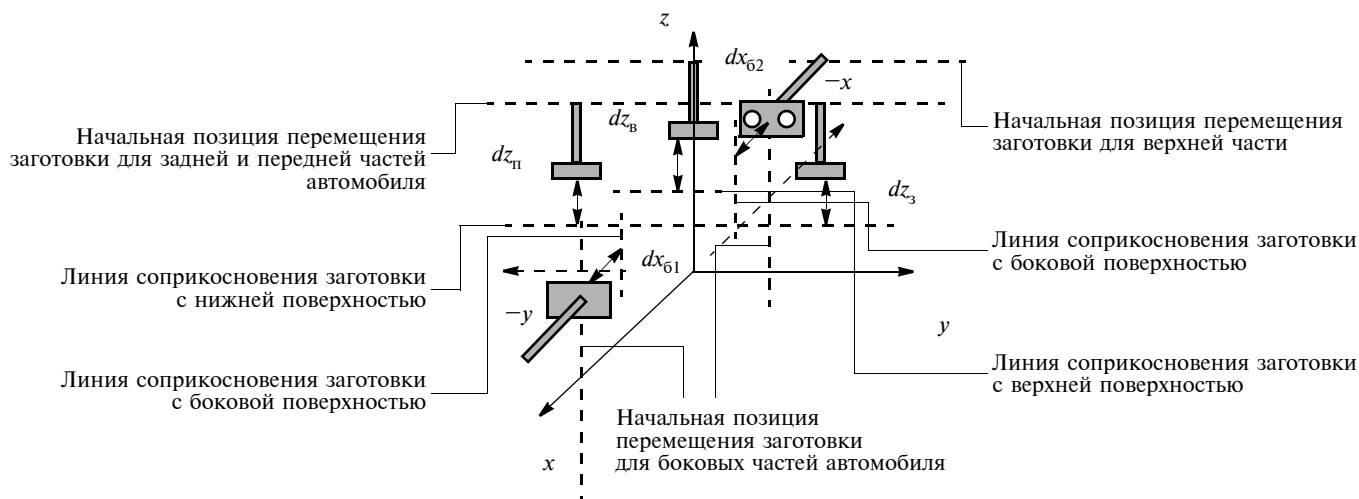


Рис. 4. Кинематическая схема начальных позиций и перемещения манипуляторов

На основе обобщённых нечётких координат (1), (2) и (3) можно определить скорости, а также минимальные расстояния перемещения манипуляторов, экспериментировав исходными данными.

Подготовка нового дизайна автомобиля

На начальном этапе создания модернизированного автомобиля ведётся разработка его нового дизайна. Для этого используется программа графического дизайна *AutoCAD* [10]. Форма заготовок автомобиля и внешний дизайнерский вид самого автомобиля в целом собираются дизайнером в этой программе (рис. 5).

Далее условно разрезая корпус автомобиля на боковые, переднюю, заднюю и верхнюю части задаются необходимые геометрические размеры всего корпуса и отдельных частей автомобиля. Корпусные заготовки должны изготавливаться из тонкого стального листа. При этом для разных заготовок используются индивидуальные пресс-формы [11].

Заготовки отдельных частей автомобиля изготавливаются прокатным способом в соответствии с ниже следующими требованиями: поверхности, используемые как базовые на первой операции обработки, должны быть чистыми без заусенцев и других дефектов, чтобы избежать значительных погрешностей установки при дальнейшей обработке или сборке; механические и физические свойства материала заготовки, его химический состав, структура и зернистость должны быть стабильными по всему объёму; все поверхности заготовки не должны иметь механических повреждений; геометрические размеры заготовок должны приближаться к геометрическим размерам изготавливаемых автомобилей; коэффициент использования материала должен быть максимальным, а трудоёмкость дальнейшей обработки — минимальной, но при этом должно быть обеспечено получение качественной детали (по размерам и шероховатости поверхности) в соответствии с чертежом после механической обработки на металлообрабатывающих станках; все внутренние напряжения должны быть сняты за счёт применения термообработки. Для штамповки заготовок автомобиля применяется обслуживающий технологический

участок с пресс-формами различных конфигураций и прессами.

Макетная форма ГПМ для реконструкции старого автомобиля (рис. 6) была изготовлена; проведены исследования вопросов функционирования манипуляторов и установки заготовок на мини-автомобиль.

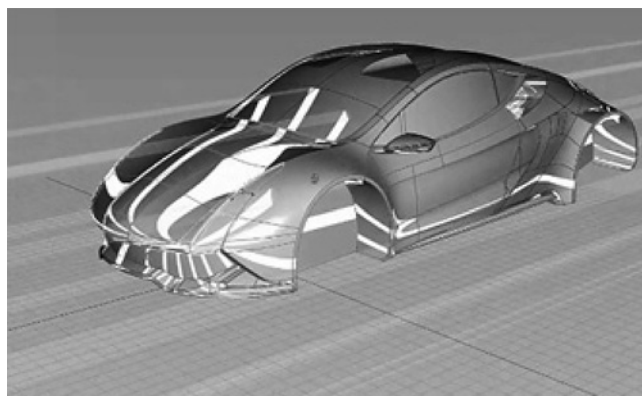


Рис. 5. Новая дизайнерская форма корпуса автомобиля в целом

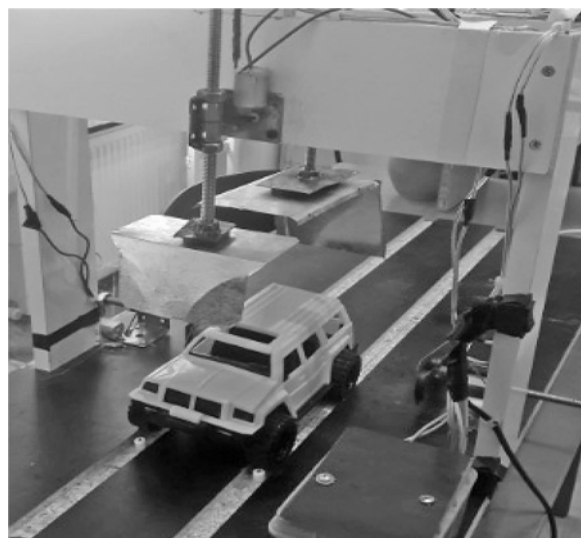
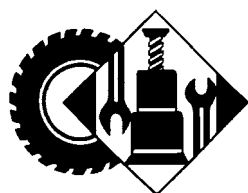


Рис. 6. Макет ГПМ для реконструкции автомобиля

Ожидаемые результаты: создание гибкого производственного модуля, который включает в себя все функции современных технологий, альтернативного дизайна, новых информационных технологий и гибкого производства; исследование результатов исследования и применения инновационного парка продуктов в технологическом парке высоких технологий; создание базы данных современного дизайна заготовок автомобилей в системе *AutoCAD*; разработка технологии *CAD/CAM* в программном и аппаратном обеспечении и применение их в гибком производственном модуле; реконструкция физически и морально модернизированных транспортных средств (легковой автомобиль ВАЗ и другие аналогичные) в гибком производственном модуле с новым дизайном, который отвечает современным требованиям; внедрение новых модификаций и эстетически красивых автомобилей, разработанных в гибких производственных модулях, в крупных городах республики.

Литература

1. Тимирязев В.А., Схиртладзе А.Г., Солнышкин Н.П. и др. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств: СПб.: Лань, 2014. — 384 с.
2. Курилов К.Ю., Курилова А.А. Рынок подержанных автомобилей. Перспективы и пути развития // Вектор науки Тольяттинского гос. ун-та. 2014. № 4 (30). С. 157—160.
3. Дьяков И.Ф. Основные принципы формирования модели автомобиля на стадии проектирования. Вестник СГТУ. 2013. № 2(71). Вып. 2. С. 26—29.
4. Мохов С.П., Голякевич С.А., Пишов С.Н., Арико С.Е. Оценка компоновочной схемы и технологического оборудования проектируемой погрузочно-транспортной машины. Труды БГТУ, 2014. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. С. 48—49.
5. Хватов Б.Н. Гибкие производственные системы. Расчёт и проектирования. Тамбовский государственный технический университет. Издательство ТГТУ, 2008. 96 с.
6. Юревич Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. — СПб.: Питер, 2005. — 252 с.
7. Новак В., Перфильева И., Мочкрож И. Математические принципы нечёткой логики — *Mathematical Principles of Fuzzy Logic*. — Физматлит, 2006. — 352 с.
8. Локтионов А.В., Прохоров А.П. Расчёт кинематических параметров исполнительного механизма промышленного робота ТУР-10. Вестник Белорусско-Российского Университета. 2013. № 4(41). С. 47—57.
9. Борисова Л.В., Димитрова Л.А., Нурутдинова И.Н. Методика оценки уровня зрелости организации на основе нечёткого моделирования. Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону. 2017. № 1(88). С. 113—121.
10. Михайлов Андрей. САПР для инженера: Что нового в AutoCAD 2016 (Часть 2). 2016.
11. Першин Н.С., Чепчуров М.С. Изготовление формообразующих деталей пресс-форм из композиционных материалов. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова "БГТУ им. В.Г. Шухова", Белгород, Россия. Вестник Сибирской государственной автомобильной академии. 2015. № 6(46). С. 76—81.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 05.22.10

ВОССТАНОВЛЕНИЕ КРЕСТОВИН КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ: ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

ДУБОВИК Е.А.

Донской ГТУ (dubovik1982@list.ru)

Рассматривается технология восстановления детали "крестовина" автомобиля, а также оборудование и оснастка, используемые для ее механической обработки.

Ключевые слова: автомобиль, интегральный показатель достаточности, крестовина, плазменная наплавка, технология, оборудование, вспомогательный инструмент, калибр-скоба, патрон.

Dubovik E.A.

RESTORATION OF CROSSPIECES OF CARDAN DRIVE: EXPEDIENCY, TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

The technology of parts restoration is considered "crosspieces" of the car, as well as equipment and accessories used for its mechanical processing.

Keywords: automobile, integral sufficiency index, crosspiece, plasma surfacing, technology, auxiliary tool, caliber-bracket, equipment, operations, cartridge.

Конструкция детали считается технологичной, если она позволяет в полной мере использовать для изготовления наиболее экономичный технологический процесс, обеспечивающий ее качество и удовлетворяющий служебному назначению. Такой технологический процесс, при соблюдении всех эксплуатационных качеств, обеспечивает минимальную трудоемкость изготовления, материалоемкость, себестоимость, а также возможность быстрого освоения выпуска изделий в заданном объеме и использование современных методов обработки. Всё это в полной мере относится и к восстановлению изношенных деталей, которое практикуется на авторемонтных предприятиях. В этом случае технологичность обуславливается рациональным выбором исходной ремонтной заготовки и материала; технологичностью формы детали; рациональной постановкой размеров; назначением оптимальной точности размеров.

Наиболее подверженной износу деталью карданной передачи является крестовина (рис. 1) карданного шарнира, предназначенного для передачи крутящего момента при постоянно изменяющихся углах. Причем в составе карданной передачи современного автомобиля их число, как правило, уже не менее трех, а, на-

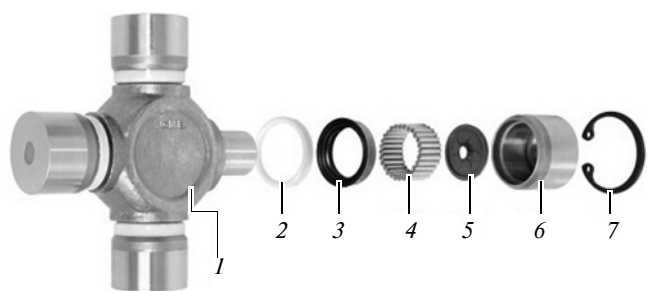


Рис. 1. Общий вид крестовины:

1 — крестовина; 2 — пыльник; 3 — манжетное уплотнение; 4 — игольчатый подшипник; 5 — упорный подшипник; 6 — корпус игольчатого подшипника (стакан); 7 — стопорное кольцо

пример, на ГАЗ-3307 (рис. 2) — четыре штуки. То есть деталь эта — действительно массовая, а значит восстановление крестовин в промышленных масштабах может иметь хороший экономический эффект.

Проведем поэтапный анализ технологичности сборочной единицы "карданная передача".

1. Габаритные размеры и масса детали "крестовина" (высота — 75 мм, ширина — 21 мм, длина — 75 мм, m — 0,25 кг) позволяют перемещать изделие в сборе вручную, без применения подъемно — транспортного оборудования. Деталь симметрична относительно оси вращения. Имеет наружные цилиндрические поверхности и торцы удобные для базирования. Изготовлена из легированной стали 40Х ГОСТ 4543—71, где: углерода до 0,40 %, хрома до 1 %, термообработанной и обладающей высокой твердостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью.

2. Жесткость базовых деталей — достаточная. Причем крестовина не является ярко выраженной базовой деталью для изделия в целом. В рассматриваемой конструкции перед общей сборкой не применяется узловая.

3. Труднодоступные места для сборки и регулировки практически отсутствуют, как и необходимость применения специальных приспособлений при сборке и для контроля.

4. В конструкции карданной передачи предусмотрена локальная унификация.

5. При сборке не требуется дополнительная разборка и сборка.

6. В условиях заданного объема ремонта, не предусматривающего изготовления карданной передачи в качестве запасных частей, дополнительные операции по окраске не нужны, а необходимость в предпродажной подготовке отсутствует.

7. Соединения элементов конструкции карданной передачи отвечают требованиям, предъявляемым к соединениям составных частей сборочной единицы, и обеспечивают выполнение изделием определенных служебным назначением функций.

8. С точки зрения эксплуатации и ремонта конструкция карданной передачи обладает хорошей доступностью, легкосъемностью, технологической простотой и восстанавливаемостью.

Из анализа можно сделать следующий вывод: по своей конструкции изделие является достаточно технологичным и производственные затраты на ремонт и восстановление минимальны и экономически целесообразны.

В зависимости от характера износа крестовины распределяются по следующим дефектам: имеющие только размерный износ — 30 %; имеющие размерный износ в сочетании со смятием шипов — 52 %; имеющие размерный износ в сочетании со смятием и объемной деформацией (овальность, конусность) — 6 %; крестовины, не подлежащие восстановлению — 12 %. Размерный износ составляет 0,05...0,15 мм, глубина вмятин — 0,1...0,6 мм. Поскольку крестовины установлены в вилках шарниров карданного вала на игольчатых подшипниках, вмятины на поверхности образуются именно от игольчатых роликов. К крестовинам карданного вала, сдаваемым в ремонт, предъявляются следующие технические требования. Крестовины не принимаются в ремонт при наличии одного из следующих дефектов: трещин; выкрашивания; овальности и конусности свыше 1 мм; при износе шипов более 1,3 мм на диаметр [1].

Для восстановления крестовин применяется технология плазменной наплавки, основанная на использовании тепла плазменной струи, которая представляет собой поток ионизированных частиц газа,

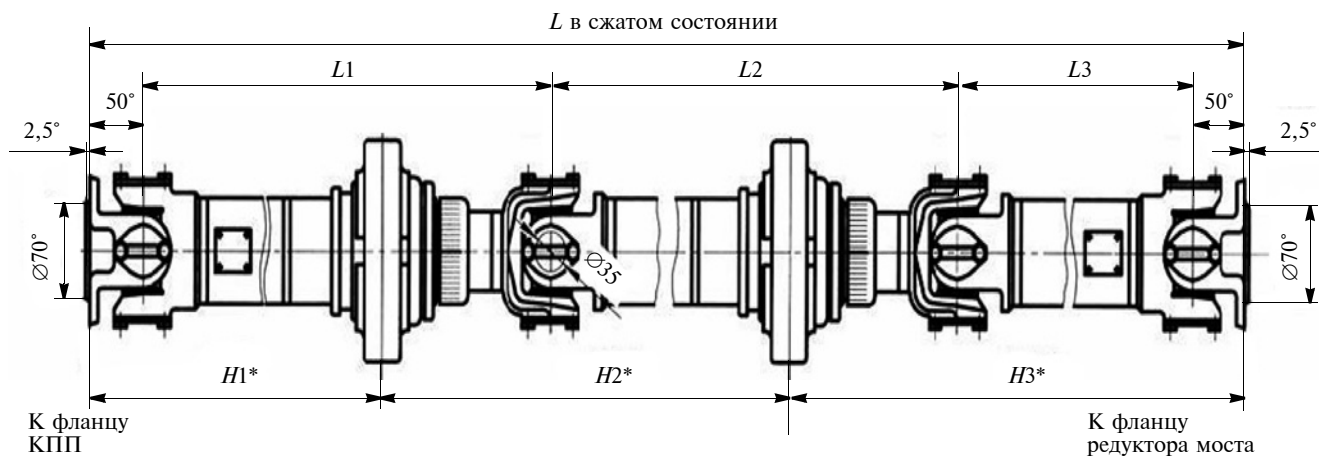


Рис. 2. Карданная передача автомобиля ГАЗ-3307

обладающих большой энергией. При свободном горении электрической дуги температура в ней достигает 5000–6000 °С, а в случае принудительного сжатия дуги для получения плазменной струи — значительно повышается. Пропуская дугу с защитным газом, таким как водород, азот, аргон, через охлаждаемое водой сопло, ее сжимают. При этом достигается ионизация потока газа с температурой до 18 000 °С.

Существуют несколько способов плазменной наплавки: с применением присадочного материала в виде порошка, присадочной проволоки или ленты и др. Преимуществами этого процесса являются малая глубина проплавления основного металла и возможность наплавки тонких слоев, высокое качество наплавленного металла. Расчет таких параметров режима, как скорость, частота вращения, толщина покрытий рекомендуется выполнять по формулам, принятым для расчета режима наплавки под слоем флюса.

Наибольшее применение для плазменной наплавки деталей получили сплавы ФБХ-9-2, Ус-25, ПГ-СРЗ и СНГН-50. Технологические режимы плазменной наплавки деталей при работе следующие: сила тока — 150...200 А; напряжение холостого хода — 120...160 В, рабочее напряжение 40...45 В; расход плазмообразующего газа — 1,5...2,5 л/мин, расход транспортирующего газа — 5...7 л/мин. Расход защитного газа — 15...20 л/мин; скорость наплавки — 0,15...0,18 м/мин, расстояние от горелки до детали — 10...18 мм; число колебаний горелки в минуту — 40...100. Рациональное

значение силы тока при плазменной наплавке находится в пределах 200...230 А. Коэффициент наплавки $\alpha_H = 10...13$ г/А·ч. Расход Q , г порошка определяется по формуле 1 (в таблице 1).

Наплавку шипов крестовины ГА3-3307 диаметром 11...25 мм выполняем по винтовой линии при следующих режимах: сила тока — 90...140 А, напряжение — 35...45 В, скорость наплавки — 1,6...1,7 см/с, расход плазмообразующего газа (аргона) — 1,5...2 л/мин, защитного (азота) — 10...12 л/мин, расход порошка 34...40 г/мин. Плазменная наплавка крестовины на указанных режимах обеспечила толщину слоя 1,6...1,9 мм при глубине проплавления 0,4...0,6 мм. Твердость поверхности, наплавленной сплавом ПГ-УС25 + 8 % Al HRC 52...56, а сплавом ПГ-С1 + 8 % Al HRC 46...52.

В настоящее время на ряде ремонтных предприятий крестовины восстанавливают вибродуговой наплавкой в среде углекислого газа с использованием наплавочных проволок Нп-65Г, Нп-30ХГСА. В качестве плазмообразующего газа можно использовать аргон, защитного газа — аргон, азот и углекислый газ. Для транспортирования порошка и защиты сварочной ванны с точки зрения технико-экономических соображений наиболее целесообразно применять технический азот. При использовании для защиты сварочной ванны углекислого газа качество наплавки ниже, чем при использовании азота: формирование валиков более грубое, деталь перегревается, и после наплавки каждого шипа необходимо охлаждение.

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$Q = 0,1 V_H S \gamma K_{\Pi}$	Q — расход порошка, г/с; S — шаг наплавки, мм/об; h — толщина наплавленного слоя, мм; γ — плотность наплавленного металла, г/см ³ ; K_{Π} — коэффициент, учитывающий потери порошка
2	$Z_i = \sum_{j=1}^m b_j \beta_j(x_{ij})$	β_j — характеристическая функция "ценности" для j -го критерия
3	$\beta_j(x_{ij}) = \begin{cases} 1 - \left \frac{x_{Bj} - x_{ij}}{Dx_j} \right ^{g_j + d_j}, & x_{ij} < x_{Hj} \\ 1 - \left \frac{x_{Bj} - x_{ij}}{Dx_j} \right ^{g_j}, & x_{Hj} \leq Jx_{ij} \leq Jx_{Bj} \\ 1, & x_{ij} > x_{Bj} \end{cases}$	γ_j — показатель, определяющий характер изменения характеристической функции в интервале
4	$2Z = 2(R_{zi} + h_i + \sqrt{\Delta i^2 + \varepsilon_{yi}^2})$	R_z — шероховатость поверхности; h — толщина дефектного слоя поверхности; Δ — суммарное отклонение расположения и формы поверхности заготовки; ε_y — погрешность установки; i — индекс перехода
5	$K_{yT} = T_3/T_d$	T_3 — поле допуска заготовки; T_d — поле допуска детали
6	$n = \frac{\lg K_{yT}}{0,46}$	—
7	$P - PP_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_1/2$	Z_1 — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера изделия; H_1 — допуск на изготовление калибров для вала; y_1 — допуск на износ калибра; H_1 — допуск на изготовление калибров для вала; y_1 — допуск на износ калибра
8	$P - PP_{\min} = d_{\min} - Z_1 - H_1/2$	
9	$P - PP_{\text{изн}} = d_{\max} + y_1$	
10	$P - HE_{\max} = d_{\min} + H_1/2$	
11	$P - HE_{\min} = d_{\min} - H_1/2$	

При ремонте и восстановлении крестовины необходимо произвести шлифование центрального отверстия с последующей плазменной наплавкой с толщиной наплавляемого слоя 0,9 мм с последующей обработкой на токарно-винторезном и круглошлифовальном станках.

Предварительно маршрутный технологический процесс ремонта детали приведем в табл. 2, а расход материалов на восстановление детали "крестовина" ГАЗ-3307 — в табл. 3. Оценить технологический процесс восстановления данной детали можно с помощью интегрального показателя достаточности линейную комбинацию оценок по отдельным критериям с вектором коэффициентов по формуле 2 [2]. Характеристическая функция (ХФ) "ценности" $\beta_i(x_{ij})$ определяет относительную ценность рассматриваемого i -го варианта на оси j -го критерия по сравнению с заданным уровнем достаточности. Вычисление ХФ производится по зависимостям 3 [2].

Варианты процесса восстановления крестовины должны быть проранжированы в соответствии со значением интегрального показателя достаточности. Чем он выше, тем лучше вариант процесса восстановления детали при принятых во внимание критериях. При $Z \leq 0$ вариант процесса должен быть исключен из рассматриваемых, так как его оценки по основным критериям находятся ниже допустимых. При $Z = 1$ вариант процесса восстановления детали достаточен по всем критериям.

Алгоритм поиска интегрального показателя реализован на ЭВМ ЕС-1841 в виде экспертной программы "Выбор", которая позволяет решать задачи многокритериального выбора или ранжирования конечного

Обозначение поверхности	Наименование поверхности	Число поверхностей		Квалитет точности	Шероховатость R_a , мкм
		общее	унифицированных		
1	Наружные цилиндрические поверхности	4	4	6	0,8
2	Внешний торец	8	8	9	10
3	Фаски	4	4	14	10
4	Центровое отверстие	4	4	9	10
5	Фасонные поверхности: скругления плоскости	4	4	14	10
		2	2	14	10
ИТОГО:		26	26	66	50,8

множества различных вариантов процессов восстановления крестовин. Также, возможно ее применение для анализа влияния количества и вида критериев, уровня предъявляемых требований к процессам восстановления детали по каждому из критериев, на результаты ранжирования вариантов из заданной конечной выборки. В этом случае использование программы возможно на любом из этапов выработки и принятия решения.

В случае расхождения результатов итогового ранжирования возможно выявление внутренних противоречий в мнениях отдельных экспертов на основании анализа результатов программного расчета весовых коэффициентов и сравнения их с весовыми коэффициентами предлагаемыми экспертами, что позволит избежать субъективных ошибок в принятии решения. Применение программы целесообразно с точки зрения контроля выполнения требований на разработку вариантов процесса восстановления детали и выбора из числа конкурирующих вариантов наиболее рационального с точки зрения интегрального удовлетворения предъявляемым требованиям. С помощью программы возможно обоснование принятого решения по выбору средств процесса восстановления крестовин с точки зрения выделения требуемых денежных, материальных, временных и других ресурсов.

Характеристика поверхностей крестовины автомобиля ГАЗ-3307, подлежащих механической обработке, представлена в табл. 4. Определим минимальные припуски, точность размера, количество технологических переходов на механическую обработку детали. Для поверхностей вращения двухсторонний минимальный припуск $2Z$ рассчитаем по формуле 4 (см. табл. 1). Общий коэффициент уточнения точности размера вычисляется по формуле 5. Количество требуемых технологических переходов определяется по формуле 6. При ремонте и восстановлении крестовины необходимо произвести шлифование центрального отверстия с последующей плазменной наплавкой с толщиной наплавляемого слоя 0,9 мм с последующей обработкой на

Таблица 2

№ операции	Наименование и содержание операций	Технологическое оборудование	Приспособление
005	Моечная	—	—
010	Дефектация	—	—
015	Токарная	Токарно-винторезный станок 16K20	Трехкулачковый патрон, центр
020	Наплавочная	—	—
025	Токарная	Токарно-винторезный станок 16K20	Трехкулачковый патрон, центр
030	Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3M151	Центр, поводок
035	Контрольная	Стол	Спец. калибр.

Таблица 3

№	Наименование материала	Цена, кг/руб	Масса материала		
			наносимого	используемого	отходов
1	Электрод ЭД-10	140	0,0135	0,0035	0,01
2	Углекислый газ	10	2,2	2,2	—

токарно-винторезном станке 16K20 и круглошлифовальном станке. Разработка маршрутно-операционной технологии восстановления представлена в табл. 5.

Предварительная механическая обработка осуществляется для устранения следов износа и восстановления правильной геометрической формы. Поверхность шлифуется до шероховатости, соответствующей 6—8-му классам. Абразивным материалом служат мелкие зерна (75...120 мкм). Режим шлифования: окружная скорость составляет 30...35 м/с, при этом применяется обильное охлаждение. Для очистки поверхности детали от ржавчины, окалины, краски, травильного шлака и других загрязнений можно использовать крацевание, при котором дисковыми щетками из стальной проволоки диаметром 0,05...0,3 мм, закрепленными на шпинделе шлифовального станка сообщают вращение с частотой 1200...1500 мин⁻¹. Механическая обработка детали после восстановления производится для придания детали правильной геометрической формы, снятия дефектного слоя. Предварительная обработка детали после наплавки выполняется резцами с пластинами из сверхтвердых материалов. Заточку резцов для увеличения износостойкости и прочности выполняют с отрицательным передним углом 8...10°, положительным задним углом 10...15° и главным углом в плане 65...75°.

Для прерывистой наружной цилиндрической поверхности с твердостью материала после наплавки более 45 HRC выбирается материал резца ПСТМ, режим резания: скорость 0,8...1,2 м/с, подача 0,15...0,2 мм/об, глубина 1,0...1,5 мм, технологическая среда без охлаждения.

Чистовая обработка наплавленных поверхностей осуществляется шлифовальным кругом из электрокорунда белого повышенного качества 39 А, зернистостью 24—40, твердостью СМ2-1С с керамической вязкостью.

Предварительное шлифование для обрабатываемого материала Нл-65Г твердости более 45 HRC — со скоростью съема материала 10 000 мм/мин. При окончательном — 1000 мм/мин, скорость вращения круга 25 м/с. Скорость вращения детали при предварительном шлифовании — 15...20 мм/мин, при окончательном — 20...25 мм/мин; минутная подача не превышает 0,15 мм/мин.

Режим резания для нарезки шлицев после наплавки с твердостью материала более HRC 45: материал режущего инструмента с параметрами режущих кромок 8...10, 10...15, 65...75, $U_{рез} = 0,7$ м/с, подача 0,1...0,15 мм/об, глубина резания за один проход 1,0...1,2 мм.

Шлифование шипов производится в том же режиме, что и после токарной обработки, на шлифовальном станке с применением соответствующих специальных шлифовальных кругов.

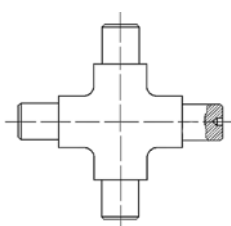
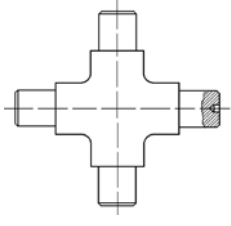
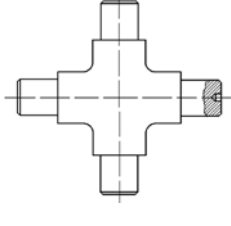
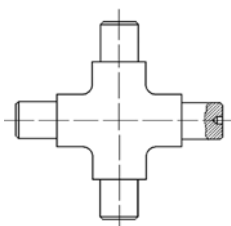
Режимы резания на механическую обработку детали "крестовина" карданной передачи автомобиля ГАЗ 3307 представлены в таблице 6.

На операции 005, 010 и 015 применяем вибрационный станок СВС-100 с возможностью обработки деталей в навал, что снизит трудоёмкость и увеличит эко-

номический эффект ремонтных работ. Технические характеристики вибрационного станка представлены в табл. 7. На операцию 030 "шлифование" выбираем круглошлифовальный станок 3М151.

При выборе технологической оснастки необходимо учитывать тип производства, размеры и форму заготовки, метод обработки, тип и модель станка. Предпочтение отдаётся стандартной и унифицированной оснастке. И лишь при невозможности обеспечения заданной производительности, точности, схемы базиро-

Таблица 5

№	Наименование операции, содержание перехода	Эскиз наладки
010	Токарная 1. Установить и зажать деталь в патроне 2. Шлифовать центровое отверстие 3. Переустановить деталь 4. Шлифовать центровое отверстие 5. Переустановить деталь 6. Шлифовать центровое отверстие 7. Переустановить деталь 8. Шлифовать центровое отверстие 9. Снять деталь	
015	Наплавочная 1. Установить и зажать деталь в патроне 2. Наплавить металл на вал 3. Переустановить деталь 4. Наплавить металл на вал 5. Переустановить деталь 6. Наплавить металл на вал 7. Переустановить деталь 8. Наплавить металл на вал 9. Снять деталь	
020	Токарная 1. Установить и зажать деталь в патроне 2. Точить поверхность выдерживая размер 3. Переустановить деталь 4. Точить поверхность выдерживая размер 5. Переустановить деталь 6. Точить поверхность выдерживая размер 7. Переустановить деталь 8. Точить поверхность выдерживая размер 9. Снять деталь	
025 030	Круглошлифовальная 1. Установить и зажать деталь 2. Шлифовать деталь выдерживая размер 3. Переустановить деталь 4. Шлифовать деталь выдерживая размер 5. Переустановить деталь 6. Шлифовать деталь выдерживая размер 7. Переустановить деталь 8. Шлифовать деталь выдерживая размер 9. Снять деталь	
040	Контроль детали	—

№ операции	Содержание перехода	D или B , м	L , мм	t , мм	S_0 , мм/об	$S_{мин}$, мм/мин	V_p , м/мин	n_d , об/мин	N , кВт
015 Токарная	1. Точить поверхность выдерживая размер	18,33	100	0,9	0,4	400	57,5	1000	0,8
	2. Точить поверхность, выдерживая размер	17,27	100	0,2	0,25	312,5	67	1250	0,7
	3. Точить поверхность, выдерживая размер	17,11	100	0,1	0,12	200	86	1600	0,7
020 Шлифовальная	4. Шлифовать поверхность выдерживая размер	17,01	100	0,04	20	20	35	1500	0,5

вания, 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 ЭНИМСа) 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 осуществляется

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 основному кулачку. Универсальные 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 заготовок в радиальном 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. Усилия поджима пиноли задней бабки на плавающий центр должно превышать усилия тарельчатых пружин после контакта заготовки с опорной поверхностью фланца патрона не менее чем на 7,5...8,0 кН.

Калибр-скоба применяется для измерения диаметра после шлифования поверхностей. Исполнительные размеры калибров рассчитываются по формулам ГОСТ 24851—81, ГОСТ 21401—75. Согласно ГОСТ 24853—81 определим допуски предельного отклонения и исполнительные размеры калибров определяются по следующим зависимостям 7—9 для проходной стороны и 10—11 для непроходной (см. табл. 1).

Вспомогательный инструмент служит для присоединения режущего инструмента и закрепления его в

Таблица 7

Наименование параметра, размерность	Значение
Объем рабочей камеры, дм ³	100
Форма рабочей камеры	Торовая
Система вибровозбудителя	Дебалансная
Частота колебаний, Гц	22 (1420 кол/мин)
Амплитуда колебаний регулируемая, мм: по вертикали по горизонтали	от 1 до 4 от 0 до 2
Максимальная масса загрузки, кг	100
Максимальный размер обрабатываемых деталей, мм	150
Питание станка трехфазная сеть переменного тока 3	(380) В, 50 Гц
Установленная мощность электродвигателя, кВт	4,5
Габаритные размеры станка, мм: установки тумбы	1805×1200×1358 370×740×370
Масса станка, кг	547
Уровень шума соответствует требованиям ГОСТ 12.1.003—83 и не превышает	85 дБ
Средний срок службы станка при средней интенсивности эксплуатации 12 часов в сутки	не менее 5 лет

Наименование операции	Выбор станочных приспособлений	Выбор режущего и вспомогательного инструмента	Выбор средств и методов контроля
005 Токарно-винторезная	3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон	—	—
015 Токарно-винторезная	3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон	Проходной прямой резец с пластиной из твердого сплава 2100-0809 BK8, ГОСТ 18878—73	Штангенциркуль ШЦ-III-630-0,1, ГОСТ 166—89
020 Круглошли-фовальная	Центр 7032-0043; поводковый патрон 7198-0021, ГОСТ 2571—71	Круг ПП 250×15×51 25А 30 СМ2 10К 1 кл., ГОСТ 2424—83	Образцы шероховатости поверхности, ГОСТ 9378—75; Скоба СР-100, ГОСТ 11098—75; Микрометр МК 150-2, ГОСТ 6507—78

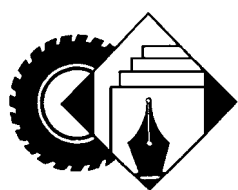
станке, в тех случаях, когда непосредственное закрепление режущего инструмента в станке невозможно. Его применение наиболее характерно для фрезерных, сверлильных, расточных, зубообрабатывающих и резьбообрабатывающих станков. Вспомогательный инструмент наиболее часто бывает стандартным или унифицированным. Выбор технологической оснастки представлен в таблице 8.

Важными факторами в достижении требуемой точности механической обработки детали является способ базирования и закрепления заготовки, используемый инструмент, а также средства и методы контроля. 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 свободных 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. При выполнении шлифовальных операций 020, 025 для контроля промежуточных и окончательных размеров используются штангенциркули ШЦ-I-250-0,05 ГОСТ 166—89, Микрометр МК 50-2 ГОСТ 6507—78; скоба СР 25-50, набор калибров.

Литература

1. Ярошевич В.К. Технология производства и ремонта автомобилей: Учебник В.К. Ярошевич, А.С. Савич, В.П. Иванов. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. — 592 с: с ил.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенного решения. М.: Мир, 1976. — 165 с.
3. Режимы резания металлов: справочник под редакцией Ю.В. Барановский. Изд. 4-е. перераб. и доп. М.: НИИТавтопром, 1995. — 456 с.: ил.
4. Косилова А.Г., Мещерякова Р.К. "Справочник технолога-машиностроителя" Машиностроение В 2-х томах, Том 1, 4-е издание, 1986. — 656 с.



ИНФОРМАЦИЯ

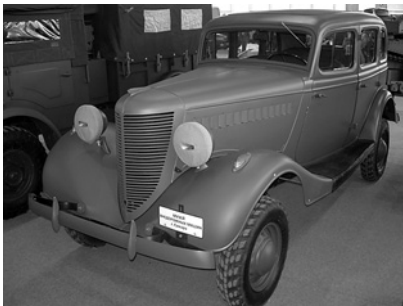
"ОЛДАЙМЕР-ГАЛЕРЕЯ—2020"

В марте 2020 года в московском выставочном центре "Сокольники" прошла 29-я "Олдтаймер-Галерея" — выставка исторической техники и антиквариата. На этот раз экспозиция заняла сразу три павильона, и её общая площадь превысила 10 тыс. м². Напомним, проводится "Олдтаймер-Галерея" с 2002 года и всякий раз удивляет новой неожиданной тематикой, среди экспонатов этой необычной выставки всегда есть громкие премьеры, сенсации и сюрпризы. Повторяются же экспонаты крайне редко, и непременно в не-

обычном контексте. Нынешнюю выставку за четыре дня смогли посмотреть 22 315 человек.

Важнейшая составная часть выставки — военно-технический фестиваль "Моторы Победы", посвящённый 75-летней годовщине Победы советского народа в Великой Отечественной войне. Фестиваль объединил десятки музеев и клубов исторической реконструкции. Множество уникальных экспонатов были извлечены из музейных запасников и отреставрированы специально к этому событию. Тематика фести-

вальных экспозиций была очень обширной, ведь оружие Победителей — не только уральская броня и ленд-лизовская сталь боевых машин, но и заводские станки, полевые телефоны, уникальная кинохроника, "боевые листки", фронтовые фото, солдатские письма-треугольники. Из наиболее редких экспонатов выставки можно назвать первый советский танк "МС-1", находившийся на вооружении Красной армии ещё с 1920-х гг., и успевший принять участие в боях в начале Великой отечественной. Кроме того были показаны: артиллерийский тягач Т-20 "Комсомолец" (1941 года

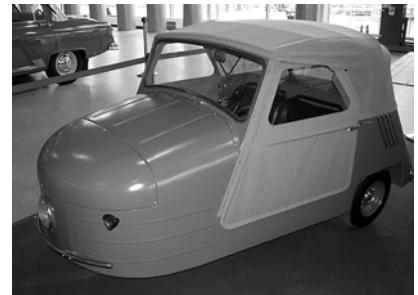


выпуска), командирский ГАЗ-61-73 (1942) маршала Г.К. Жукова, пикапы ГАЗ М-415 (1939) и его предшественник ГАЗ-4 (1935), разные варианты полупортки ГАЗ-ММ (1942), газогенераторный ГАЗ-42 (1940), хлебный фургон на базе ГАЗ-АА (1940), трёхтонка ЗиС-5 (1944) и автобус на его базе ЗиС-8 АТУЛ (1938), полугусеничные ЗиС-33 (1940) и ЗиС-42 (1943), тяжёлый армейский мотоцикл с коляской М-72 (1943), пушки ЗиС-3 (1942, 76-мм), ЗиС-2 (1946, 57-мм) и легендарная "сорокапятка" (1937), трёхкотловая полевая кухня (1943) и др. Из ленд-лизской техники: мотоцикл "Харлей Дэвидсон WLA-42 (1942), командирские "Виллис МВ" (1943) и "Бантамы" мод. BRC-60 (1940, полноуправляемый) и BRC-40-4WS (1941), амфибия "Форд GPA" (1941), грузовик "Шевроле G7107" (1943) и др. Дополняли экспозицию победителей и образцы техники противника: тяжёлые мотоциклы BMW мод. R71 (1938, прототип отечественного М-72) и R75 (1941, с коляской),

редкий бронированный командирский автомобиль без вооружения Sd.Kfz.247 (1942), лёгкий танк «Панцеркампфваген I» (1935) и известный по культовому отечественному фильму автомобиль Штирлица — "Мерседес-Бенц 230 W143" (1939).

Продолжением военной темы стали такие образцы послевоенной техники, как автомобили М-20 "Победа" в модификации "кабрия скорой помощи" (1949) и аналогичный ГАЗ-12 (1959), первый микролитражный автомобиль для инвалидов С-1Л (еще трёхколёсный), лёгкий артиллерийский тягач АТ-Л (1947), лёгкая противотанковая авиадесантная самоходная артиллерийская установка АСУ-57 (1950), бронетранспортёр БТР-60ПБ, доставивший часть пламени вечного огня с Марсова поля в Ленинграде к могиле неизвестного солдата в Москве (1967), командирские автомобили ГАЗ-69 (1952) и УАЗ-469 (1974), трио экспериментальных УАЗов, уцелевшее после ликвидации музея РВАИ — трёхдверный мод. 3171Д (1981), санитарный вагонной компоновки мод. 3972 (1984) и плавающий мод. 3907 «Ягуар» (1985), а также отреставрированный недавно уникальный опытный образец внедорожника "Москвич-415С" (1973).

Несколько разных автомобилей были показаны в состоянии "до рес-



таврации", в том числе трёхтонный грузовик "Уайт" (1914). Такие машины преобладали в грузовом парке России начала XX в., а 1919 г. их восстановлением занимался московский завод АМО. Чудом сохранившийся показанный экземпляр также будет тщательно восстановлен и станет сенсацией одной из следующих выставок. Какими на наших глазах уже становятся "Руссо-Балты", которых в экспозиции было два! Напомним, до нашего времени сохранились два автомобиля этой марки: в Политехническом музее (легковой) и в рижском "Мотор-музее" (пожарный). Но сохранились и чертежи, по которым некоторые реставрационные мастерские теперь создают новые, но практически аутентичные экземпляры, фактически возрождая отечественную марку "Руссо-Балтийский".

Постоянный участник "Олдтаймер Галереи" — кремлёвский Гараж особого назначения представил полную коллекцию парадных кабриолетов: ЗиС-110Б (1955 года выпуска), ЗИЛ-111В (1960), ЗИЛ-117В

(1972), ЗИЛ-115В (1980), ЗИЛ-41041 АМГ (2010), Augus-412314 (2019) и жемчужина коллекции — ЗИЛ-111Д (1964), на котором прибыл в Кремль первый космонавт земли Юрий Гагарин. Кроме того были показаны автомобили и мотоциклы, входившие в разное время в кортеж министра обороны: ЗИЛ-41043 (1983, автомобиль спецсвязи), ЗИЛ-41047 (1985), ГАЗ-3102 (1984, машина сопровождения), ГАЗ-31013 (1983, V8, автомобиль, возглавлявший колонну) и ГАЗ-24-34 (1985, V8, замыкающий автомобиль).

Наступление "двадцатых годов" устроители выставки решили отметить ретроспективным показом знаменитых автомобилей столетней давности. Зрителям предлагалось перенестись из 2020-го в 1920-е. Для этого один из павильонов выставки превратился в автомобильный салон времён расцвета "Ар-Деко". На центральной аллее просторно располагалась коллекция уважаемых "моторов", олицетворяющих роскошь и блеск Серебряного века! Атмосферно оформленный зал, в котором буквально всё — и волшебные витражи в стиле Тиффани, и тёплая подсветка экспонатов, и со вкусом подобранная джазовая музыка, и дизайнерские манекены с авторскими костюмами в стиле модерн, и даже аутентичные запахи — погружало зрителя в пространство безупречной гармонии и светлой ностальгии по "старым добрым временам".

Это "Ролс-Ройс Сильвер Гоуст" (1923), "Дюсенберг модель J Конвертбл берлин" (1929), "Изотта Фраскини тип 8AS ландоле" (1928), "Испано-Сюиза Н6В берлина Миллион-гюит" (1928), "Бентли Спид Сикс" (1929), "Хадсон Супер Сикс" (1929), "Ролс-Ройс Фантом I Оупен турер Пелл Мелл" (1926), "Лорен Дитрих" (1922), "Кадиллак Флитвуд" (1928), "Альфа Ромео RL Супер спорт" (1925), "Паккард 640 Дуал Коул фаэтон" (1929), спортивный "Райли Брукландс Найн" (9НР Speed Model, 1930) и др.

В последний день выставки Аукционный дом Егоровых провёл уникальные торги. "С молотка" уходили не только старинные автомобили и мотоциклы, но и предметы технического антиквариата, как правило сохранившиеся в единственном экземпляре — вожаемые объекты



"охоты" азартных коллекционеров. На продажу, в частности, были выставлены: "Форд Т5-туринг" (1926 года выпуска), "Додж" WC-51 (1944) — знаменитый "Додж три четверти", американский же прицеп "Нэш-Кельвинатор мод. А" (1942) — он же "Бен-Гур" (по имени завода-изготовителя), восьмицилиндровый "Шевроле Бел Эйр" (1955), тщательно отреставрированный западногерманский велосипед HWM (Hans Werner Muller Solingen-Ohligs, 1952 г.), ГАЗ-М20 «Победа» (1958) — участник пробега в честь 220-летия перехода русских войск под командованием генерал-фельдмаршала А.В. Суворова через Альпы, редкий ГАЗ-М21Г "Волга" (1957) с нижнеклапаным двигателем, ГАЗ-69 (1961), универсал "Москвич-423Н" (1959), полноприводный "Москвич-410Н" (1959), реплика спортивного автомобиля "Москвич-407-купе" (1962), "Москвич-408" (1967), парадный кабриолет ЗИЛ-111Д (1967), "Москвич-412" (1973) патрульной службы милиции, реэкспортный универсал ГАЗ 24-77 (1975), внедорожник ЛуАЗ-969А "Волынь" (1976) — машина РХБЗ гражданской обороны СССР, первый отечественный хэтчбек ИЖ-2125 "Комби" (1978), ВАЗ-2103 "Жигули" (1976), ВАЗ-2121 "Нива" (1979), ВАЗ-2102 (1983), боевая раллийная техничка "Москвич-2137" (1982), реплика автомобиля "Москвич-1600SL Ралли" (1986), ГАЗ-14 "Чайка" (1983), улучшенной комплектации "Волга" ГАЗ-2410-051 (1989), редкий седан "Москвич-2142" из опытно-промышленной партии (1989), мотоцикл БМВ К75RT (1993) из почётного эскорта первого президента России Б.Н. Ельцина, "Мерседес-Бенц W140 Брамбус 7.3S" (1998) четырёхдверный седан "Кадиллак Севилья" (1985) и др.

"Олдтаймер-Галерея" — место, где можно приятно и полезно провести семейные выходные. Детский исторический квест и танкодром, военно-полевой кинотеатр и мастер-класс по истории телеграфа, авторские экскурсии и "блошинный рынок" — гостей любого возраста здесь всегда ждёт много интересного. Всего лишь четыре выставочных дня, но ярких впечатлений посетителям хватит надолго. Следующая, 30-я "Олдтаймер-Галерея" состоится ровно через год, в марте 2021-го.

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Паников Д.И., Клейменов С.И., Шихарев Л.Л. — Исследование качества новых автомобилей 1

АСМ - факты 5

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Хортов В.П., Зуев С.М., Скворцов А.А., Фиронов А.М., Великий М.Д., Свинцов М.В., Широков П.С. — Водород: сжигать или не сжигать? 6

Румянцев Л.А. — Устройства автоматического привода сцепления автомобиля 11

Сливинский Е.В., Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н. — Повышение безопасности обслуживания самосваловных автотракторных прицепов 16

Песков В.И. — О новой теории движения колёсной машины 19

Мамити Г.И., Льянов М.С., Ким В.А., Сланов С.А. — Сила тяги автомобиля 20

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Тумасов А.В., Вашурин А.С., Горопов Е.И., Мошков П.С. — Подготовка и проведение испытаний трансмиссии среднетоннажного транспортного средства 23

Мамедов Дж.Ф., Талыбов Н.Г., Абдуллаев К.С., Муррадова З.М. — Разработка гибкого производственного модуля для реконструкции старой модели автомобиля на основе CAD/CAM 27

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Дубовик Е.А. — Восстановление крестовин карданной передачи: целесообразность, технология и оборудование 31

ИНФОРМАЦИЯ

"Олдтаймер-галерея—2020" 37

Главный редактор **Н.А. ПУГИН**

Зам. главного редактора **Р.В. Козырев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Белорусский редакционный совет:

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

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*

Корректор *Сажина Л.И.*

Сдано в набор 09.02.2020. Подписано в печать 05.04.2020.

Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.

Отпечатано в ООО "Канцлер".

150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2

Телефоны: (915) 412-52-56 и (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)

E-mail: avtoprom-atd@mail.ru

www.mashin.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № 77-7184

Цена свободная.

Журнал рекомендован ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней, входит в международную базу данных "Chemical Abstracts".

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.

Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.