ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

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

№ 4 • апрель • 2019

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.33

КОНЦЕПЦИЯ НОРМИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Д-р техн. наук **КИСУЛЕНКО Б.В.**,
канд. техн. наук **БОЧАРОВ А.В., ПУГАЧЁВ В.В.**
НАМИ (kisulenko@nami.ru)

Рассмотрены общая концепция и принципы разработки требований безопасности к транспортным средствам с высокими уровнями автоматизации управления, которые не могут быть оценены в соответствии в действующим техническим регламентом Таможенного союза "О безопасности колёсных транспортных средств" (ТР ТС 018/2011). Определена необходимость установления граничных условий и принципов передачи управления автомобилей от системы к водителю. Обоснована необходимость совершения манёвра минимального риска автоматизированной системой управления автомобилем. Отмечена значимость кибербезопасности, беспроводного обновления программного обеспечения и периодических технических осмотров. Сделаны выводы о необходимости форсирования разработки нормативной базы для целей реализации инновационных идей автоматизации управления транспортными средствами.

Ключевые слова: *автотранспортные средства, интеллектуальные транспортные системы, ИТС, автоматизация управления, технические требования, нормативное регулирование.*

Kisulenko B.V., Bocharov A.V., Pugachev V.V.

THE SAFETY REGULATION CONCEPT OF VEHICLES WITH A HIGH LEVEL OF AUTOMATION

The general concept and principles of development of safety requirements for vehicles with high levels of automation, which cannot be evaluated in accordance with the current Custom Union Technical Regulations "On safety of wheeled vehicles" (CU TR 018/2011), are considered. The necessity of establishing boundary conditions and principles of vehicle control transfer from the system to the driver is indicated. The need of performing a minimum risk maneuver by an automated vehicle control system is substantiated. The importance of cybersecurity, wireless software update and periodic technical inspections is highlighted. The pressing need of speeding up the development of the regulatory base for the purpose of implementing innovative ideas of vehicle automatization is concluded on.

Keywords: *automotive vehicles, Intelligent Transport Systems, ITS, automation of control, technical requirements, normative regulating.*

Автоматизация транспорта становится основным трендом глобального рынка, создающим конкурентные преимущества обладателям передовых технологий, которые стремятся как можно скорее реализовать их в конструкции транспортных средств, но передача функций управления транспортными средствами автоматизированной системе (частичная или полная) повышает риск дорожно-транспортных происшествий вследствие возможных отказов системы. При этом происшествия с автоматизированными транспортными средствами имеют гораздо больший общественный резонанс, чем ДТП с традиционными автомобилями.

Поэтому на первый план выходит задача оценить безопасность транспортных средств с функций автоматизированного управления в целях их последующего допуска к эксплуатации на дорогах общего пользования. В рамках существующего нормативного поля — технического регламента Таможенного союза "О безопасности колёсных транспортных средств" (ТРТС 018/2011) — эта задача не может быть решена, так как инновационные конструкции не укладываются в "прокрустово ложе" действующих требований. Значит, необходимо сформировать отдельные технические требования к таким транспортным средствам, а на первом этапе — разработать концепцию их формирования.

Под уровнем автоматизации управления колёсного транспортного средства понимается совокупность условий, описанных в [1]. Под высоким уровнем автоматизации (3-го и 4-го уровней) управления понимается такой технологический уровень, при котором водителю не требуется контролировать выполнение автоматизированной системой задачи управления при установленных условиях или постоянно (водитель может не осуществлять управляющие воздействия или отсутствовать). Для этих уровней автоматизации функция автоматизированного управления: инициируется (активируется) водителем; действует в течение продолжительного времени без получения дополнитель-

ных команд или подтверждений со стороны водителя; выполняет задачу управления и способна справиться с ней при установленных ограниченных рабочих условиях; при достижении пределов выполнения задачи управления должна сообщить водителю о потребности в передаче ему управления, осуществить передачу управления водителю, готовому к этому, предоставив ему достаточный запас времени для принятия управления на себя (в случае уровня автоматизации управления 3) и (или) выполнить маневр минимального риска (в случае уровней автоматизации управления 3 и 4).

Примерами функций автоматизированного управления, относящихся к уровням автоматизации 3 и 4, являются: функция, обеспечивающая автоматическое следование коммерческих транспортных средств за ведущим автомобилем, управляемым водителем-человеком, а также функция длительного удержания автомобиля на полосе движения. Последняя в рамках рабочей группы по функциям автоматизированного рулевого управления (ACSF), действующей под эгидой Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН, была категорирована как функция категории B2. Она охватывает, в том числе, адаптивную систему поддержания скорости транспортного средства (адаптивный круиз-контроль).

Для управления автомобилем требуется осуществлять физическое воздействие на рулевой привод, тормозные механизмы и механизмы управления подачей топлива. В случае автоматизации для осуществления управляющих воздействий требуется, чтобы автоматизированная система управления обладала пространственной осведомлённостью, для чего она должна вести мониторинг окружающей обстановки и прогнозировать изменения в критической области вокруг транспортного средства в период времени, достаточный для осуществления управляющих действий. Также система должна обеспечивать видимость и предсказуемость поведения автомобиля для других участников движения посредством использования средств сигнализации.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать общие принципы установления требований к автоматизированным системам управления автомобиля, которые могут содержать: критерии идентификация и ранжирование факторов, влияющих на поддержание скорости и направления движения; условия проведения мониторинга окружающей обстановки, в том числе расстояния с учётом скорости движения, на котором производится обнаружение окружающих объектов; взаимосвязь системы обнаружения объектов и системы управления скоростью и направлением движения транспортного средства.

Например, длительное удержание автомобиля на полосе движения при любой скорости движения на загородном шоссе должно предусматривать автоматическое управление скоростью посредством мониторинга расстояния до впереди идущего транспортного средства, распознавание дорожных знаков ограничения скорости и сигналов светофора, распознавание попутных транспортных средств, условия выполнения манёвра смены полосы движения для опережения впереди идущего транспортного средства с учётом транспортных средств, движущихся во встречном направлении и др.

Кроме этого, должны быть установлены граничные условия, при которых автоматизированная система может быть активирована и может работать. Указанные граничные условия должны определяться с заданной степенью точности с помощью поддающихся количественной оценке характеристик и критериев. Если условия движения выходят за переделы граничных условий, то система не должна активироваться или обеспечивать передачу управления водителю-оператору.

Граничные условия могут включать: скорость транспортного средства (минимальную и максимальную); тип дороги (загородное шоссе, городская улица, просёлочная дорога), в качестве критерия могут рассматриваться ширина проезжей части, наличие разметки и др.; определённое состояние дорожного покрытия (критериями могут являться коэффициент сопротивления качению шин, коэффициент сцепления, качество покрытия (величина неровностей) и т.д.; определённые погодные условия, время суток (светлое, тёмное, сумерки); техническое состояние автомобиля (например, давление масла в системе, температура двигателя, давление в шинах, значение люфтов в шарнирах и т.п.).

Пример: длительное удержание автомобиля на полосе движения при любой скорости движения на загородном шоссе в любое время суток.

Требование о передаче управления водителю при превышении пределов граничных условий соответствует требованиям статьи 13 Международной Конвенции о дорожном движении 1968 г. [2], предписывающей: "Водитель транспортного средства должен при любых обстоятельствах сохранять контроль над своим транспортным средством, с тем чтобы соблюдать необходимую осторожность и быть всегда в состоянии осуществлять любые манёвры, которые ему надлежит выполнить".

Несмотря на то, что автоматизированная система управления принимает на себя часть функций водителя, последний должен иметь возможность в любой момент времени принять управление на себя. Для этого должна быть разработана логичная и интуитивно понятная процедура, позволяющая водителю инициировать и принять управления автомобилем на себя, но содержащая меры предосторожности, исключающие управляющие воздействия водителя, который не был готов к передаче ему управления. Эта процедура должна включать следующие случаи: запланированную передачу управления, например, достижение граничных условий выполнения задачи управления автоматизированной системой и т.п.; незапланированную передачу управления при возникновении неисправности или нарушений работы автоматизированной системы, например, при временной невозможности мониторинга окружающей обстановки из-за загрязнения видеокамеры; аварийную передачу управления, например, при перекрытии полосы движения вследствие ремонта дороги (если такое перекрытие не было предусмотрено алгоритмом задачи управления), прекращении разметки полосы движения и т.п.

Требования к передаче управления должны быть совместимы с поведением человека, включая физическую и когнитивную готовность. Должны быть разработаны протоколы, обеспечивающие водителю возможность в любое время принять управление на себя как по собственной инициативе, так и в ответ на требование автоматизированной системы о передаче управления водителю. Перед передачей управления автоматизированная система должна выполнить оповещение водителя посредством акустического, визуального или тактильного сигнала. Время оповещения о передаче управления и непосредственно передачи устанавливается с учётом согласованных принципов человеко-машинного интерфейса с тем, чтобы водитель понял сигнал и ситуацию, о которой он информирует, принял соответствующее решение и осуществил его. При этом должны быть разработаны требования к мониторингу доступности водителя, который включает в себя два аспекта: доступность (присутствие) водителя на рабочем месте и готовность его к управлению (внимательность). Необходимость и масштабы мониторинга водителя тесно связаны с процессом передачи управления (в частности, с его продолжительностью).

Для обнаружения деятельности водителя применяются специальные средства, например, видеокамера. Рекомендуется использовать, по меньшей мере, два таких независимых средства. Если водитель не присутствует на рабочем месте или не проявляет активности в течение некоторого установленного времени, то должен подаваться определённый сигнал до тех пор, пока водитель не будет обнаружен на своем сиденье, или пока он не инициирует перевод управления автомобилем на себя.

Если водитель не возвращается на рабочее место или продолжает оставаться неактивным по истечении максимальной продолжительности времени подачи сигнала (в [3] предлагается 15 секунд), то выполняется манёвр минимального риска — последовательность управляющих воздействий, выполняемых автоматизированной системой. Манёвр минимального риска направлен на минимизацию риска совершения ДТП и его последствий для пассажиров транспортного средства и других участников дорожного движения в рабочих условиях выполнения автоматизированной системой задачи управления.

Для уровня автоматизации 4, когда водитель не должен вмешиваться в работу автоматизированной системы, если она находится в рабочих условиях выполнения задачи управления, манёвр минимального риска должен предусматривать самостоятельный, без участия водителя, безопасный переход к другому режиму осуществления управляющих воздействий, который позволит продолжить движение или произвести безопасную остановку автомобиля. Эти рабочие условия могут потребовать применения нескольких видов манёвров минимального риска.

Для каждой процедуры передачи управления водителю могут быть разработаны свои манёвры минимального риска. Автоматизированная система должна определять, принял ли водитель управление на себя, и, если нет, то немедленно начинать манёвр минимального риска. Требования должны чётко определять, когда должен начинаться манёвр минимального риска, поскольку процедура передачи управления от автоматизированной системы водителю занимает определённое время. Если водитель всё же принимает управление на себя, очевидно, что выполнение манёвра минимального риска должно прерываться.

Манёвр минимального риска зависит, в том числе, от конструктивных особенностей системы автоматизированного управления. Если для уровня автоматизации 3 манёвр минимального риска может предусматривать замедление автомобиля на своей полосе движения вплоть до полной остановки автомобиля, то для уровня автоматизации 4 он может предусматривать последовательную смену полос движения вправо для остановки у края проезжей части, если это позволяют условия дорожного движения, или перевод автомобиля влево на соседнюю полосу движения при отсутствии помех указанному манёвру для продолжения движения в заданном первоначальном направлении. Манёвр минимального риска также должен предусматривать включение аварийной сигнализации и, возможно, подачу звуковых сигналов для привлечения внимания других участников движения.

В случае внезапного неожиданного события, при котором транспортному средству угрожает непосредственная опасность столкновения с другим объектом, автоматизированная система должна быть в состоянии совершить аварийный маневр. То есть последовательность управляющих воздействий, выполняемых без участия водителя, в целях предотвращения столкновения или уменьшения тяжести его последствий.

Аварийный манёвр инициируется автоматически сразу после обнаружения непосредственной опасности, для его выполнения осуществляется автоматическое экстренное торможение с максимально возможным замедлением до полной остановки автомобиля или проводится объезд препятствия посредством активирования функции аварийного рулевого управления, соответствующей предписаниям Правил ООН № 79 [4].

Тем не менее при уровне автоматизации 4 мониторинг состояния водителя также проводится с тем, чтобы обеспечить ему передачу управления при достижении автоматизированной системой пределов выполнения задачи управления.

Так, при уровне автоматизации управления 3 система удержания автомобиля на полосе движения способна осуществлять управление, поддерживая дистанцию до впереди идущего транспортного средства. Однако, если полоса окажется занята неподвижным транспортным средством, система предложит водителю взять управление на себя. При уровне автоматизации управления 4 та же система осуществит манёвр смены полосы движения и, таким образом, автомобиль объедет препятствие.

Реализация приведённых выше требований позволит обеспечить безопасность и эффективность автоматизированной системы управления исходя из её предназначения. Однако он должен быть дополнен требованиями, которые должны предъявляться ко всем бортовым интеллектуальным системам.

В частности, при расследовании обстоятельств ДТП возникнет вопрос о правильности и достаточности решений и действий, принятых системой управления транспортным средством. Для ответа на него необходимо иметь определённый набор данных о параметрах движения транспортного средства и действии его систем за некоторое время до и в течение ДТП.

По аналогии с авиацией, в настоящее время предлагается, чтобы данные, характеризующие параметры движения автомобиля, хранились в определённом энергонезависимом устройстве, которое установлено на транспортном средстве — бортовом устройстве регистрации событий (БУРС). Анализируя сохранённые в БУРС данные, можно определить, что явилось причиной ДТП: ошибка человека, или сбой в системе управления транспортным средством, или отказ каких-либо механизмов.

Разработку технических предписаний к БУРС следует проводить на основе имеющегося функционала системы "ЭРА ГЛОНАСС", а также использовать национальный опыт [5] и деятельность Всемирного форума по согласованию требований к транспортным средствам WP.29 Европейской Экономической Комиссии ООН, в работе которого авторы принимают непосредственное участие.

Кроме того, отдельное внимание следует уделять вопросам кибербезопасности — сохранению конфиденциальности, целостности и доступности информации в "киберпространстве", т. е. в сложной среде, создаваемой в результате взаимодействия людей, программного обеспечения и сервисов (например, в Интернете) через подключенные к ней технические устройства и сети.

В 2017 г. Всемирным форумом WP.29 были приняты Руководящие указания по кибербезопасности и защите данных [6], которые вошли в Сводную резолюцию по конструкции транспортных средств (R.E.3). В качестве мер обеспечения кибербезопасности, в частности, названы: применение стандартов функциональной безопасности, например, ISO 26262 [7]; защита транспортных средств от мошеннических действий с их программным обеспечением, а также мошеннического доступа к бортовой информации в результате кибератак по каналам беспроводного подключения, проводного подключения через порт диагностики и т.п.; обеспечение безопасного режима на случай сбоя в работе системы, например, за счёт дублирования в системе; защита целостности информации, обеспечивающая, в частности, безопасное обновление программного обеспечения, а также надлежащие меры контроля криптографических ключей. В случае обнаружения мошеннических действий, совершаемых путём кибератаки, система должна предупредить водителя и, при необходимости, контролировать безопасность транспортного средства в соответствии с вышеуказанными требованиями. В настоящее время разработка предписаний к кибербезопасности продолжается силами соответствующей целевой рабочей группы в рамках Всемирного форума WP.29.

Также крайне важным является "самообучаемость" системы автоматического управления транспортного средства, т.е. обновление программного обеспечения транспортного средства, находящегося в эксплуатации, необходимо для взаимодействия с более современными программами автомобилей (V2V) и инфраструктуры (V2I). Актуально и беспроводное обновление программного обеспечения.

В рамках ЕЭК ООН отдельная целевая рабочая группа ведёт разработку технических предписаний, касающихся управления изменениями программного обеспечения, с тем чтобы они осуществлялись надёжно и безопасно.

И наконец, электронные системы управления транспортным средством, которые обеспечивают функционирование рулевого управления или составляют часть рулевого привода, в том числе системы автоматизированного рулевого управления, должны отвечать аспектам безопасности, установленным в отношении комплексных электронных систем приложением 6 к [4].

Эти электронные системы — комплексные, поскольку функции управления, которые они осуществляют, могут корректироваться электронной системой (функцией) управления более высокого уровня. Такая структура позволяет комплексным системам автоматически изменять цели управления для решения тех задач, которые обусловлены текущими обстоятельствами.

Концепция безопасности комплексных электронных систем подразумевает наличие конструктивных мер, обеспечивающих надёжность работы систем даже в случае повреждения электрической цепи. Возможность перехода к запасному варианту управления или к использованию резервной системы управления рассматривается в качестве составного элемента концепции безопасности.

Предписания приложения 6 к [4] не содержат критерии эффективности систем, но описывают методологию их проектирования и информацию, которая подтверждает, что системы при нормальных условиях функционирования и в случае неисправности будут отвечать всем требованиям к эффективности, содержащимся в [4].

Отдельным блоком требований являются требования, позволяющие оценить исправность системы автоматического управления транспортного средства и корректность её работы, включая функционирование человеко-машинного интерфейса, проверяемые при эксплуатации автомобиля в ходе периодического технического осмотра. Выполнение проверки не должно быть затратным по стоимости и продолжительным по времени.

В настоящее время развитие нормативной правовой базы отстаёт от реализации инновационных идей автоматизации управления транспортными средствами во всех экономически развитых странах. При этом предпринимаются значительные усилия по её преодолению как на национальном уровне, так и на уровне ЕЭК ООН.

Разработка требований начинается с установления рабочих условий выполнения автоматизированной системой задачи управления, которая должна быть чётко сформулирована. Должны быть описаны конкретные действия, выполняемые автоматизированной

системой управления. Должен быть обеспечен приоритет действий водителя и описана передача управления от автоматизированной системы водителю. Для определения готовности водителя принять управление на себя должен осуществляться мониторинг его состояния. Водитель должен располагать информацией о действии системы автоматизированного управления, для чего необходима разработка требований к человеко-машинному интерфейсу. Должно быть предусмотрено выполнение автоматизированной системой манёвра минимального риска, если водитель не принял управление на себя после требования системы о передаче ему управления, и аварийного манёвра в целях предотвращения столкновения с внезапно возникшим объектом или уменьшения тяжести его последствий. Должна быть предусмотрена проверка исправности и корректности работы автоматизированной системы управления при эксплуатации автомобиля в ходе периодического технического осмотра.

Литература

1. SAE J3016. Standard: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Issued: 2014-01-16. — SAE International Inc., 2014.
2. Конвенция о дорожном движении. Совершено в Вене 8 ноября 1968 года.
3. Proposal: Driver availability recognition system and Transition demand // Document ACSF-18-03 submitted by Japan. — Informal Working Group on Automatically Commanded Steering Function 18th Session. — 6—8 June 2018, Hague. — URL: https://wiki.unece.org/display/trans/ACSF+18th+session (дата обращения 20.07.2018).
4. Правила ООН № 79: Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении оборудования рулевого управления. — E/ECE/324/Rev.1/Add.78/Rev.3; E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.78/Rev.3 — 30 ноября 2017 г. — ЕЭК ООН, Женева.
5. Federal Motor Vehicle Safety Standards№ 405; Event Data Recorders. December 13, 2012. — U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration. — 49 CFR Part 571.
6. Предложение по проекту руководящих положений о кибербезопасности и защите данных // Представлено неофициальной рабочей группой по интеллектуальным транспортным системам/автоматизированному вождению. — Документ ECE/TRANS/WP.29/2017/46. — 23 декабря 2016 г. — ЕЭК ООН, Женева.
7. ISO 26262: Road vehicles — Functional safety—Published: 11.2011.

УДК 629.124:629.331.5

АМФИБИЙНЫЕ ГИБРИДНЫЕ ВЕЗДЕХОДЫ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ СЕМЕЙСТВА "АРКТИКА" ПРИ РАБОТЕ В УСЛОВИЯХ ЗАПОЛЯРЬЯ*. УПРАВЛЯЕМОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Кандидаты техн. наук **ДУБИН А.Е.** и **НЕСТЕРОВ В.Е.**
МГТУ имени Н.Э. Баумана (tec@sm.bmstu.ru)

Проанализированы условия эффективного использования на территориях Заполярья для современных серийных амфибийных гибридных вездеходов на воздушной подушке семейства "Арктика". Рассмотрена проблема управляемости и устойчивости транспортных средств на воздушной подушке при движении по суше. Показаны возможные способы управления при нейтрализации влияния бокового ветра. На примере одной из моделей гибридных вездеходов "Арктика" выполнена количественная оценка достижимых показателей устойчивости движения при компенсации дрейфа за счёт использования колёсного шасси, а также определены граничные условия применимости данного способа управления при эксплуатации гибридных машин на воздушной подушке в зоне тундры.

Ключевые слова: *Арктика, Заполярье, транспорт, особые требования, тундра, экология, амфибия, вездеход, судно на воздушной подушке, амфибийное, гибридное, колёсное шасси, технические характеристики, управляемость, устойчивость, способ управления, компенсация дрейфа.*

Dubin A.E., Nesterov V.E.

A FAMILY OF AIR-CUSHION-SURFACE-CONTACTING HYBRID VEHICLES FOR THE RUSSIAN ARCTIC: CONTROLLABILITY AND TRANSVERSE STABILITY

In this paper, we introduce a family of the Russian modern serial hybrid hovercrafts equipped with wheeled chassis to operate effectively in the Arctic. The known problem of insufficient stability and controllability of air-cushion vehicles running on the ground is analyzed. Possible control methods to eliminate the drift effect off a side wind force are discussed. For one model of the hybrid hovercrafts is made an estimation of growing controllability and stability against the drift because of the wheeled chassis applying. For Arctic tundra are determined conditions that limit such kind of hybrid hovercrafts using.

Keywords: *Russian Arctic, transportation, special demands, tundra, bog, ecology, hovercraft, air cushion vehicle, amphibious, hybrid, surface-contacting, wheeled chassis, technical data sheets, controllability, transverse stability, control method, drifting preventing.*

Все модели серийно выпускаемых в настоящее время амфибийных вездеходов семейства "Арктика" имеют сходную между собой общую компоновку, которая повторяет облик традиционных судов на воздушной подушке (см. рис. 1 в первой части статьи). Для всех таких машин характерно кормовое расположение главных тяговых двигателей, в роли которых выступают стационарные установки воздушных винтов. В качестве основных средств курсового управления движением применяются установленные за тяговыми воздушными винтами конструкции вертикальных аэродинамических рулей.

Главным достоинством такой компоновочной схемы выступает её относительная простота и, соответственно, дешевизна практической реализации. Однако данное решение имеет существенный недостаток. Для такой конструкции характерной отличительной чертой является невозможность генерации в чистом виде поперечного динамического усилия. И как следствие этого — всем подобным машинам свойственны проблемы управляемости и устойчивости движения, возникающие при необходимости парирования любого вида дестабилизирующих силовых факторов, действующих в поперечном к продольной оси машины направлении.

Рассмотрим один из основных рабочих режимов при эксплуатации скоростного амфибийного судна на

* Окончание. Начало см. "АП", 2019, № 2.

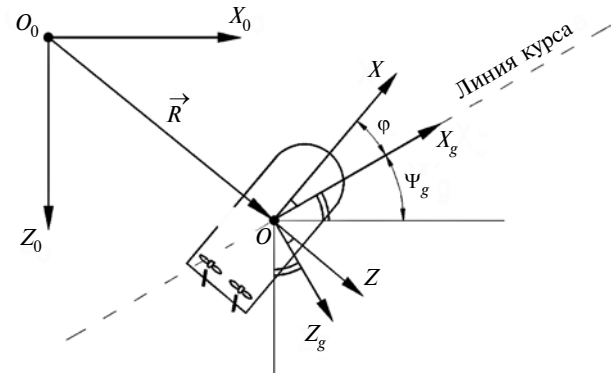


Рис. 4. Обобщённая схема движения судна на воздушной подушке в горизонтальной плоскости

воздушной подушке — движение в режиме стабилизации на прямом галсе [1]. Обобщённая схема движения судна в горизонтальной плоскости показана на рис. 4. Движение описывается в абсолютной (правой декартовой) системе координат $O_0X_0Z_0$, радиус-вектор **R** связан с центром масс судна, т. *O*. Текущий желаемый курс судна на частном галсе задаётся курсовым углом Ψ_g, который представляет собой угол поворота между соответствующими осями абсолютной $O_0X_0Z_0$ и полусвязанной OX_gZ_g систем координат. При этом продольная ось OX_g ориентирована в направлении частной цели движения на заданном галсе. Разница между текущим желаемым и истинным курсом судна описывается углом рыскания φ, который определяется взаимным расположением осей полусвязанной OX_gZ_g и подвижной *OXZ* систем координат, при этом последняя жёстко связана с корпусом судна.

При движении с крейсерской скоростью в заданном направлении судовая система управления движением работает в *режиме стабилизации курсового угла*, и её целевая функция заключается в том, чтобы поддерживать текущие значения угла рыскания близкими к нулю ($\varphi \to 0$). При идеально работающей системе управления движением судно в этом случае будет двигаться вдоль заданного направления (см. рис. 4). Однако картина радикально меняется, если появляются существенные внешние дестабилизирующие силовые факторы, действующие в поперечном к линии курса направлении. Это могут быть, например, компоненты ветроволновых возмущений или составляющая от силы тяжести — в случае движения амфибийной машины по косогору.

Вариант движения судна при действии бокового ветра w_B показан на рис. 5, *а*. В этом случае при $\varphi \to 0$ возникает боковой снос с углом дрейфа β и скоростью бокового сноса (формула 1 в табл. 4).

На практике максимальные значения угла дрейфа для амфибийных судов на воздушной подушке, движущихся с крейсерской скоростью, могут достигать 20° (ещё большие значения β могут иметь место при маневрировании на малых скоростях движения) [2, 3]. Соответственно, согласно формуле 2 скорость бокового сноса в таком случае будет составлять до 36 % от скорости продольного перемещения машины. Последнее, конечно, совершенно недопустимо, так как при этом на каждых 100 м прямолинейного пути уклонение от маршрута может достигать 36 м.

Для нейтрализации негативного влияния бокового сноса на движение судна могут быть применены два способа управления: *способ компенсации дрейфа* и *способ парирования дрейфа* [1]. В первом случае имеющиеся на борту технические средства управления должны создавать боковую силу, способную компенсировать действие внешних возмущающих факторов. В традиционных амфибийных судах на воздушной подушке с кормовым расположением главного движительно-рулевого комплекса такие средства управления отсутствуют (различные вспомогательные подруливающие устройства, как, например, струйные рули, не могут быть эффективно использованы в крейсерских режимах движения из-за своей малой мощности). Поэтому в таких машинах применяется второй способ управления движением.

Парирование дрейфа достигается поворотом судна в направлении действия боковых возмущающих сил на угол рыскания, равный углу дрейфа (рис. 5, *б*). В данном случае судовая система управления движением работает в *режиме стабилизации путевого угла*, который представляет собой сумму текущего желаемого курсового угла Ψ_g и угла дрейфа β. Целевая функция системы управления движением при этом заключает-

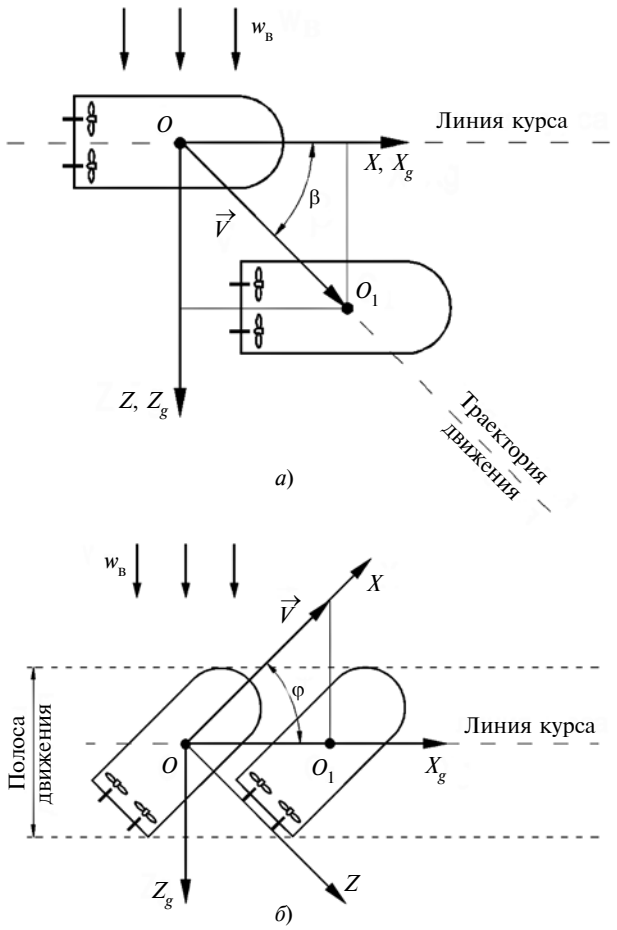


Рис. 5. Движение судна на воздушной подушке при действии ветра:
а — в режиме стабилизации курсового угла; *б* — в режиме стабилизации путевого угла

Таблица 4

№	Формула	Примечания
12	$V_{Zg} = V_{Xg}\mathrm{tg}\beta$	β — угол дрейфа; V_{Xg} — заданная скорость движения; V_{Zg} — скорость бокового сноса
24	$\left.\begin{array}{l} Ш_{пд} = Ш\dfrac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha}, \\ \alpha = \mathrm{arcg}\left(\dfrac{Ш}{Д}\right) \end{array}\right\}$	Д, Ш — длина и ширина транспортного средства; β — угол дрейфа
35	$F_в = \frac{1}{2}c_б S_б \rho_в w_в^2$	$c_б$ — безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления; $S_б$ — площадь боковой проекции амфибии; $\rho_в$ — плотность воздуха; $w_в$ — скорость ветра
46	$F_в = NF_к$	$F_к$ — сила сцепления колеса с опорной поверхностью; N — число колес шасс
57	$F_к = Y_к f_{сц} = \frac{mg}{N}(1 - k_р)f_{сц}$	$Y_к$ — вертикальная нагрузка на колесо; m — масса машины; g — ускорение свободного падения; $k_р$ — коэффициент разгрузки веса машины от действия воздушной подушки, $k_р \subset [0; 1]$; $f_{сц}$ — коэффициент сцепления колеса с опорной поверхностью (в поперечном направлении)
68	$p = \frac{Y_к}{S_о} \le p_{ДОП}$	$S_о$ — площадь отпечатка колеса; p — давление в пятне контакта; $p_{доп}$ — значение предельно допустимого давления в пятне контакта с опорной поверхностью
79	$\left.\begin{array}{l} \sigma = kP, \\ k = \dfrac{\sigma_{ст}}{P_{ст}} = \dfrac{\sigma_{м.д}}{P_{м.д}} = \dfrac{\sigma_{м.д} - \sigma_{ст}}{P_{м.д} - P_{ст}} \end{array}\right\}$	—
810	$S_о = 2B\sqrt{D\sigma - \sigma^2}$	$S_щ$ — площадь отпечатка; B — ширина; $D = 2R$ — диаметр; σ — обжатие пневматика
911	$\left.\begin{array}{l} p = \dfrac{P}{2B\sqrt{DkP - [kP]^2}}, \\ k = \dfrac{\sigma_{м.д} - \sigma_{ст}}{P_{м.д} - P_{ст}} \end{array}\right\}$	—
1012	$w_в = \sqrt{\dfrac{2mgf_{сц}}{c_б S_б \rho_в}}$	—

ся в том, чтобы поддерживать текущие значения угла рыскания равными углу дрейфа ($\varphi \to \beta$).

Требуемая минимальная ширина полосы (коридора) движения при данном способе управления может быть определена из выражения 2 (см. табл. 4). (Формулы получены из анализа результата поворота на угол β прямоугольника с размерами Д×Ш. Из-за того что у реальных судов на воздушной подушке вид в плане представляет собой не идеальный прямоугольник, а как правило, прямоугольник со скруглёнными углами (см. рис. 1 в первой части статьи), на практике данные формулы будут давать несколько завышенное значение требуемой минимальной ширины полосы движения.)

Результаты расчётов по формулам 2 для амфибийных вездеходов "Арктика" (см. табл. 3 в первой части статьи), выполненные при максимальном значении угла дрейфа, β = 20° приведены в табл. 5.

Как видим, в условиях значительной внешней динамической нагрузки, действующей в поперечном направлении (например, при сильном боковом ветре, волнении или при движении по косогору), управление с парированием дрейфа требует увеличенной в 1,6—1,8 раза необходимой ширины полосы (коридора) движения. Выполнение данного требования, как правило, практически нереализуемо в случае эксплуатации амфибий "Арктика" на суше с использованием существующей автодорожной сети в районах российского Крайнего Севера.

Таблица 5

Характеристики	"Арктика-1"	"Арктика-2"	"Арктика-3"	"Арктика-5"
Габаритные размеры: Д × Ш, м	8,2×4,0	10,4×4,6	14,8×5,6	17,0×6,5
Угол дрейфа, град.	20	20	20	20
Ширина полосы движения, м	6,6	7,9	10,3	12,0

Таблица 6

Дороги Республики Саха (Якутия)	Протяжённость	
	км	%
Вся дорожная сеть	12 635	100
С твёрдым покрытием, в том числе:	3440	27
III категории	127	1
IV категории	1400	11
V категории	1912	15
Сезонные дороги, км/%		
сухопутные	4709	37
ледовые	4486	36

Таблица 7

Тип дороги	Категория дороги	Число полос движения	Ширина, м		
			полосы движения	обочины	полотна дороги
С твёрдым покрытием	III	2	3,5	2,5	12
	IV	2	3,0	2,0	10
	V	1	4,5	1,75	8
Автозимник	I	2	4,0	2,0	12
	II	2	3,5	1,5	10
	III	2	3,0	1,5	9

Характеристики автомобильных дорог в районах Крайнего Севера

Для всех районов Крайнего Севера, как и входящих в них территорий российского Заполярья (Арктическая зона страны [4]), характерен довольно слабый уровень развития региональных транспортных сетей, в том числе и автомобильных дорог. Типичный уровень обеспеченности и качества автомобильных дорог в данных районах может быть продемонстрирован на примере характеристик дорожной сети в Республике Саха (Якутия), приведённых в табл. 6 [5].

Больше 2/3 от общей протяжённости автомобильных дорог в республике составляют сезонные дороги ("зимники"). На дороги с твёрдым покрытием приходится менее 1/3. При этом к дорогам III категории (с облегчённым асфальтовым или булыжным покрытием) могут быть отнесены не более 1 % от общего числа дорог. Остальные дороги с твёрдым покрытием — это щебёночно-гравийные дороги (IV категория) или грунтовые дороги (V категория).

Основные нормативные параметры поперечного профиля проезжей части и полотна автомобильных дорог приведены в табл. 7 [6, 7].

Понятия управляемости и устойчивости движения для сухопутных транспортных средств

Для скоростной сухопутной техники, перемещающейся преимущественно по автодорогам, важное значение имеют понятия управляемости и устойчивости движения. Они определяют как безопасность эксплуатации самого транспортного средства, так и необходимый уровень безопасности для других участников движения. В настоящее время в профильной нормативно-технической литературе отсутствует единая трактовка понятий управляемости и устойчивости движения для сухопутных транспортных средств [8]. По этой причине в данной работе используются определения, закреплённые в отраслевом автомобильном стандарте ОСТ 37.001.051 [9].

По ОСТ 37.001.051 под *управляемостью* понимается способность машины подчиняться управляющему воздействию, при этом управляемость автомобиля характеризуется его способностью подчиняться траекторному и курсовому управлению. В свою очередь, *траекторное управление* — это управление автомобилем по сохранению или изменению направления движения (фактически, это управление движением центра масс машины); *курсовое управление* — управление автомобилем по ориентации его продольной оси.

С понятием управляемости транспортного средства тесно связано понятие устойчивости движения. По ОСТ 37.001.051 под *устойчивостью* понимается свойство автомобиля сохранять в заданных во времени или пути пределах направление движения и ориентацию продольной (и вертикальной) осей независимо от действия внешних и инерционных сил. Различают траекторную и курсовую устойчивость. При этом *траекторная устойчивость* определяется как устойчивость автомобиля по направлению проекции вектора скорости на опорную плоскость, а *курсовая устойчивость* — как устойчивость автомобиля по ориентации его продольной оси на опорную плоскость.

Традиционные амфибийные суда на воздушной подушке при эксплуатации на суше в своих основных рабочих режимах движутся в условиях полного отрыва от подстилающей поверхности. Движение обеспечивается за счёт аэродинамических тягово-рулевых комплексов. С точки зрения стандартного набора технических требований, предъявляемых к автотранспортным средствам [10], такие машины имеют низкие показатели управляемости. Кроме того, с позиции сухопутных транспортных средств такие машины вообще являются существенно неустойчивыми. Это касается как случая воздействия дестабилизирующих внешних сил, так и случая влияния инерционных силовых факторов в высокодинамичных режимах движения.

Характерные примеры потери устойчивости от действия сильного бокового ветра для амфибийных судов на воздушной подушке с кормовым расположением главных тягово-рулевых комплексов показаны на рис. 5. Как видно, в режиме стабилизации курсового угла такие машины теряют траекторную устойчивость (рис. 5, *а*). При управлении с парированием дрейфа в режиме стабилизации путевого угла такие машины становятся излишне рыскливыми, т. е. теряют устойчивость по курсовому углу (курсовую устойчивость) (рис. 5, *б*).

В последнем случае необходимая величина полосы (коридора) движения заметно увеличивается. Например, для серийных вездеходов "Арктика" её размер возрастает в 1,6—1,8 раза, согласно результатам табл. 5. Данное свойство рассмотренных образцов техники на воздушной подушке серьёзно осложняет их эффективную безопасную эксплуатацию с использованием существующей автодорожной сети в районах Крайнего Севера (см. данные табл. 6 и 7) и вообще в наземных условиях [11].

Анализ дополнительных возможностей по управляемости и устойчивости гибридных амфибий "Арктика"

В целях расширения возможностей по управляемости и устойчивости движения (также манёвренности) при работе на суше амфибийные вездеходы "Арктика" могут комплектоваться нетрадиционным для судов на воздушной подушке дополнительным движителем — системой управляемого полноприводного колёсного шасси (см. рис. 1—3 в первой части статьи). За счёт этого получающаяся *гибридная* машина на воздушной подушке приобретает возможность реализации силового контакта с подстилающей поверхностью в процессе работы. Причём если тормозные щитки при использовании неизбежно разрушают верхний слой опорной поверхности, то колёсное шасси в режиме частичной разгрузки воздушной подушкой может выступать примером экологически безопасного транспортного средства [11].

Для гибридных амфибий данного типа несомненный практический интерес представляет количественная оценка достижимых технических параметров. Анализ дополнительных возможностей, которые пре-

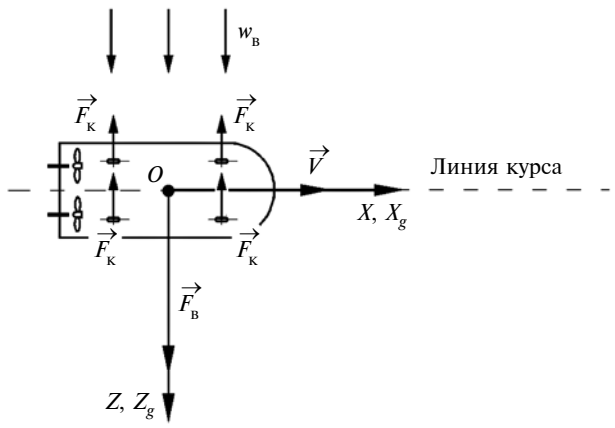


Рис. 6. Расчётная схема движения гибридной амфибии при управлении с компенсацией дрейфа

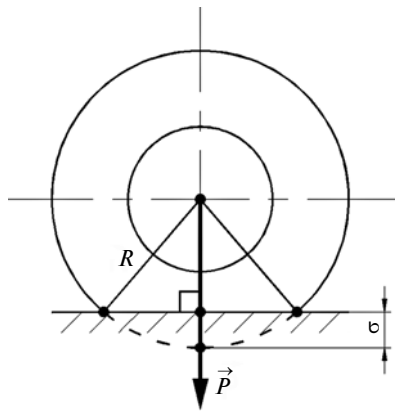


Рис. 7. Расчётная схема деформируемого пневматика

доставляет наличие колёсного шасси, проведём на примере перспективной гибридной амфибии модели "Арктика-5" (см. рис. 1 и табл. 3 в первой части статьи).

Упрощённая квазистатическая модель движения амфибии "Арктика-5" по твёрдой подстилающей поверхности показана на рис. 6. Машина движется с постоянной линейной скоростью V по прямолинейному участку траектории. На неё воздействует внешняя ветровая нагрузка $w_в$, приложенная в поперечном направлении (боковой ветер). Для управления и компенсации дрейфа используется система колёсного шасси, которое работает в режиме частичной разгрузки воздушной подушкой.

В модели приняты следующие основные допущения. Центр давления воздушной подушки и центр приложения ветровой нагрузки совпадают с центром масс машины, т. O. Распределение весовой нагрузки по колёсам шасси равномерное. Колёса движутся без проскальзывания. Сопротивлением трения качения колёс пренебрегаем в силу его малости. Считаем, что все другие дестабилизирующие динамические факторы, кроме бокового ветра, отсутствуют, взаимно скомпенсированы либо пренебрежимо малы.

В такой постановке получаем следующее. Сила ветрового напора $F_в$ определяется известным из [12] выражением 3 (см. табл. 4). При способе управления с компенсацией дрейфа дестабилизирующее влияние силы ветрового напора полностью нейтрализуется за счёт суммарной поперечной реакции колёс шасси (формула 4). При этом для гибридных транспортных средств на воздушной подушке, очевидно, справедливо соотношение 5.

Так как анализируется вариант арктической амфибии, предназначенной для эксплуатации в Заполярье (на территориях, расположенных севернее Северного полярного круга), то дополнительно должны быть учтены экологические требования, ограничивающие значение максимально допустимого удельного давления колёс. Отсюда получается дополнительное условие, описываемое формулой 6.

В серийных амфибиях семейства "Арктика" используются шасси самолётного типа. В колёсах модели "Арктика-5", исходя из конструктивных требований по геометрическим размерам и в соответствии с требуемой стояночной нагрузкой, могут быть применены, например, авиационные арочные пневматики размера 840 × 300 мм. Основные характеристики этих шин показаны в табл. 8 [13], где использованы следующие обозначения: p_0 — давление воздуха в пневматике; $\sigma_{ст}$ — стояночное обжатие пневматика; $\sigma_{м.д}$ — максимально допустимое обжатие пневматика; $P_{ст}$ — стояночная нагрузка на пневматик колеса; $P_{м.д}$ — максимально допустимая нагрузка на пневматик; $V_{отр}$ — скорость отрыва самолёта при взлёте; G — вес пневматика.

Для линейного характера зависимости величины обжатия пневматика от приложенной нагрузки, $\sigma = \sigma(P)$ в рабочем диапазоне нагрузок, $P \subset [0; P_{м.д}]$ справедливо соотношение 7 (см. табл. 4). Кроме того, непосредственно из расчётной схемы деформируемого пневматика (рис. 7) можно получить формулу 8.

Теперь, с учётом формул 9 и 10, может быть определено значение контактного давления пневматика в функции приложенной нагрузки в форме 6 при очевидной подстановке $Y_к \equiv P$. Таким образом, получено уравнение 11, которое удобно решать графически. Для рабочего диапазона нагрузок пневматика 840 × 300 решение его показано на рис. 8.

Общие результаты расчётов предельно допустимой скорости бокового ветра для гибридной амфибии "Арктика-5" при компенсации дрейфа за счёт использования колёсного шасси по формулам 7—9 сведены в табл. 9. При этом в расчётах использованы следующие исходные данные: полная масса машины, m = 16 100 кг; число колёс шасси, N = 4; площадь боковой проекции, $S_б$ = 54 м^2; коэффициент аэродинамического сопротивления, $c_б$ = 0,5 [14]; ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с^2; плотность воздуха, $\rho_в$: 1,3 ± 0,05 кг/м^3 — на уровне моря при t = ±10 °C; значения предельно допустимого давления в пятне

Таблица 8

Типоразмер	Технические характеристики пневматика						
	p_0, кгс/см^2	$\sigma_{ст}$, мм	$\sigma_{м.д}$, мм	$P_{ст}$, кгс	$P_{м.д}$, кгс	$V_{отр}$, км/ч	G, кгс
840 × 300	5,2	48	140	3800	11 000	140	28

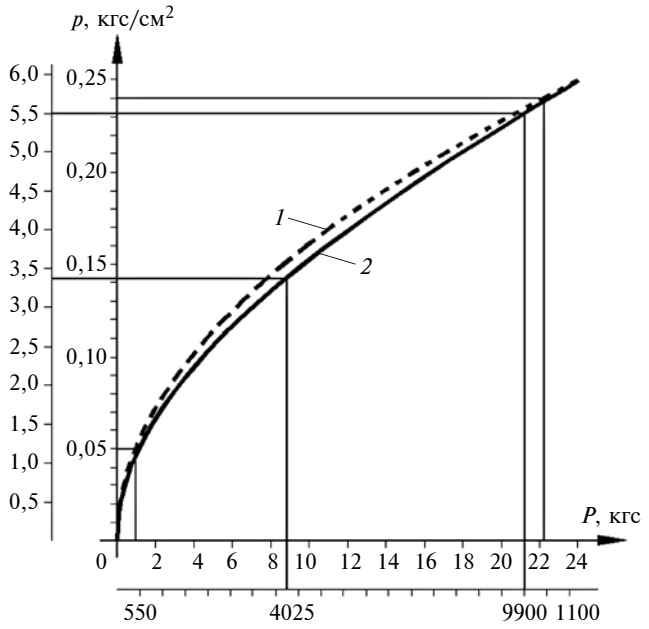


Рис. 8. Давление в пятне контакта пневматика в функции приложенной вертикальной нагрузки:

1 — для диапазона нагрузок 0—24 кгс; *2* — для диапазона нагрузок 0—11 000 кгс

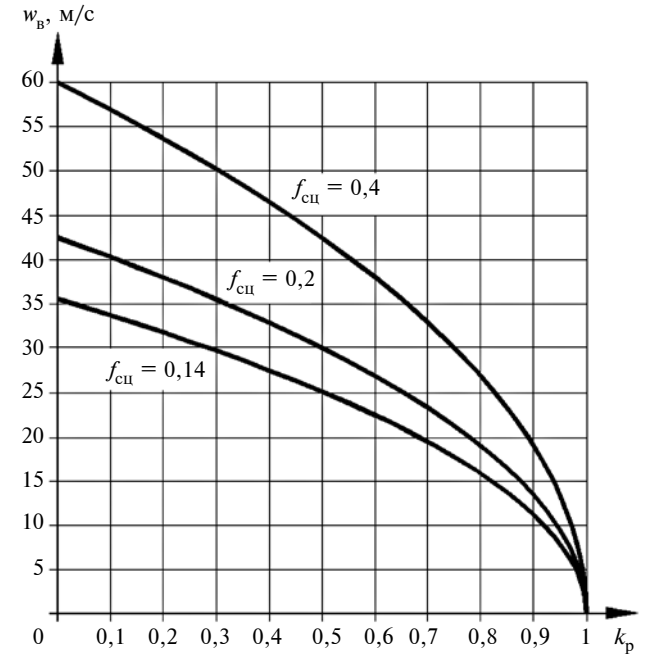


Рис. 9. Предельно допустимая скорость бокового ветра в функции коэффициента разгрузки

контакта колеса шасси с опорной поверхностью, $p_{доп}$: 0,05 кгс/см^2 — для мохово-лишайниковой тундры; 0,24 кгс/см^2 — для травяной тундры; 5,5 кгс/см^2 [15] — для дорог III, IV, V категорий; значения коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью, $f_{сц}$ [16]: 0,4 ± 0,1 — мокрая щебёнка; 0,2 ± 0,05 — грунтовая дорога в период распутицы; 0,2 ± 0,05 — укатанный снег; 0,14 ± 0,06 — гладкий лёд.

Как видно из полученных результатов, для удовлетворения современным экологическим требованиям при работе амфибии в арктической тундре в весенне-летне-осенний период значения допустимой нагрузки на каждое колесо шасси не должно превышать величин 1,0 и 22,1 кгс. С учётом полной массы и конструктивной схемы машины, видно, что для достижения таких значений необходимо регулировать давление в воздушной подушке (коэффициент разгрузки) с высокой точностью в диапазоне менее 1 %. Технически такое регулирование неосуществимо — особенно в динамике и при движении на крейсерских скоростях. Таким образом, приходится заключить, что эксплуатация гибридных амфибий модели "Арктика-5" с использованием колёсного шасси в весенне-летне-осенний период по неподготовленной поверхности тундры является нежелательной из-за невыполнения экологических требований по величине предельно допустимого контактного давления на грунт.

Ситуация обстоит иным образом при движении машины по достаточно прочной опорной поверхности, например: в весенне-летне-осенний период — по дорогам, специально подготовленным погрузочно-разгрузочным площадкам либо в зимний период — по замерзшей тундре, укатанному снегу или льду. В этих условиях колёсное шасси амфибии "Арктика-5" полностью удовлетворяет требованиям допустимого контактного давления (с более чем двукратным запасом на динамику) — даже при отсутствии весовой разгрузки со стороны воздушной подушки. При этом расчётная предельно допустимая скорость ветра соответствует максимальным значениям, характерным для погодных условий российского Заполярья (см. табл. 1 в первой части статьи).

На практике скорость ветра не всегда имеет максимальное значение, и поэтому полная компенсация дрейфа гибридной амфибии достигается при частич-

Таблица 9

Характеристики	Условия эксплуатации			
	в весенне-летне-осенний период			в зимний период
	мохово-лишайниковая тундра	травяная тундра	дороги	
Допустимое контактное давление, кгс/см^2	0,05	0,24	5,5	—
Допустимая нагрузка на колесо, кгс	1,0	22,1	9900	11 000
Расчётная стояночная нагрузка на колесо шасси (без воздушной подушки), кгс	4025			
Допустимый коэффициент разгрузки	0,99—1	0,99—1	0—1	0—1
Коэффициент сцепления с поверхностью	—	—	0,2—0,4	0,14—0,2
Предельно допустимая скорость ветра, м/с	—	—	42—60	36—42

ном уменьшении рабочего давления в воздушной подушке. Зависимость допустимой скорости бокового ветра в функции величины коэффициента разгрузки (формула 10) может быть получена из уравнения 3 с подстановкой 4 и 5. Расчётный график допустимой скорости бокового ветра при различных, характерных для арктических условий эксплуатации, значениях коэффициента сцепления показан на рис. 9. Видно, что при движении по подготовленной или природной достаточно прочной опорной поверхности колёсное шасси амфибии "Арктика-5" способно обеспечить полную управляемость и устойчивость транспортного средства при действии любой дестабилизирующей ветровой нагрузки, возможной на территориях российского Заполярья.

Литература

1. Лукомский Ю.А., Чугунов В.С. Системы управления морскими подвижными объектами. — Л.: Судостроение, 1988. — 272 с.
2. Колызаев Б.А., Косоруков А.И., Литвиненко В.А. Справочник по проектированию судов с динамическими принципами поддержания. — Л.: Судостроение, 1980. — 472 с.
3. Скороходов Д.А. Системы управления движением кораблей с динамическими принципами поддержания. — СПб.: ГНЦ РФ—ЦНИИ "Электроприбор", 2000. — 282 с.
4. Сухопутные территории Арктической зоны Российской Федерации (документ утверждён указом Президента РФ от 02.05.2014 № 296 (ред. от 27.06.2017)) // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 12.02.2018).
5. Перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Республики Саха (Якутия) (документ утверждён постановлением Правительства РС(Я) от 27.03.2010 № 146 (ред. от 28.08.2017)) // СПС КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 12.02.2018).
6. СП 34.13330.2012 "СНиП 2.05.02—85* Автомобильные дороги". — Минрегион России, 2012. — 105 с.
7. Порядок устройства и содержания зимних автомобильных дорог (зимников) на территории Красноярского края (документ утверждён приказом Министерства транспорта Красноярского края от 30.11.2015 № 3/74-Н) // Официальный интернет-портал правовой информации Красноярского края. URL: http://zakon.krskstate.ru/doc/28295 (дата обращения: 12.02.2018).
8. Санкин Ю.Н., Гурьянов М.В. Частотный метод оценки курсовой устойчивости автомобиля на основе его моделей в виде систем с многими степенями свободы и нелинейным взаимодействием шин с дорожным покрытием. — Ульяновск: УлГТУ, 2011. — 243 с.
9. ОСТ 37.001.051—86. Управляемость и устойчивость автомобилей. Термины и определения. — М.: Типография НАМИ, 1987. — 10 с.
10. ГОСТ Р 52302—2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. — М.: МПК Изд. стандартов, 2005. — 31 с.
11. Киркин С.Ф. Создание комплекса экологически безопасных внедорожных транспортных средств с воздушной разгрузкой: Дисс. доктора техн. наук по спец. 03.00.16 "Экология". — Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2001. — 418 с.
12. Хусаинов А.Ш., Селифонов В.В. Теория автомобиля. Конспект лекций. — Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 121 с.
13. Александров В.Г., Майоров А.В., Потюков Н.П. Авиационный технический справочник (эксплуатация, обслуживание, ремонт и надёжность). — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1975. — 432 с.
14. Качанов И.В., Ледян Ю.П., Щербакова М.К. Конструкции быстроходных судов: в 3 ч. — Ч. 3: Суда на воздушной подушке. — Минск: БНТУ, 2015. — 106 с.
15. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. — 2-е изд., стер. — М.: Изд. центр "Академия", 2008. — 352 с.
16. Кульпанов А.И. Теоретические основы движения автомобиля. — Н. Новгород: ФГБОУ ДПО "Нижегородский учебный центр ФПС" МЧС России, 2013. — 39 с.

УДК 621

ОБОСНОВАНИЕ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Д-ра техн. наук **ТАРАСОВ В.Н., БОЯРКИНА И.В.;**
кандидаты техн. наук **ЭДИГАРОВ В.Р., МАЛЫЙ В.В.**
СибАДИ, Омский автобронетанковый инженерный институт
(tarasov_vladimir07@mail.ru)

Предложены аналитические зависимости связи грузоподъёмности грузовых автомобильных пневматических шин с их основными параметрами и нормой слойности. К пневматической шине применён метод сечений, который позволил виртуально отсечь контактное тело шины от её оболочки. Рассмотрены уравнения равновесия отдельно контактного тела и оболочки, что позволило ввести в теорию пневматической шины новые понятия: подъёмная сила пневматической шины; вертикальная сила, воспринимаемая каркасом; теоретическая контурная площадь контакта шины с опорной поверхностью; действительная контурная площадь контакта шины.

Ключевые слова: *площадь контакта, норма слойности, давление, подъёмная сила.*

Tarasov V.N., Boyarkina I.V., Edigarov V.R., Malyj V.V.

SUBSTANTIATION OF LOAD CAPACITY OF PNEUMATIC TIRES OF CARGO CARS

For cargo automobile pneumatic tires, analytical dependences of the connection of load capacity with the main parameters and the ply norm are offered. A method of cross-sections has been applied to the pneumatic tire, which allowed to virtually cut off the contact body of the tire from its shell. Equilibrium equations for the contact body and shell are considered separately, which made it possible to introduce new concepts in the theory of the pneumatic tire: the lifting force of a pneumatic tire; vertical force perceived by the frame; theoretical contour area of the tire contact with the supporting surface; the actual contour area of the tire contact.

Keywords: *contact area, layer norm, pressure, lifting force.*

Главный параметр пневматической шины — её грузоподъёмность, т.е. вертикальная нагрузка на колесо, при которой обеспечивается её ресурс (пробег) при заданных скорости движения, давлении воздуха в шине и норме слойности. Согласно ГОСТ [1] нормальная нагрузка колеса — это составляющая всех сил, приложенных к колесу со стороны автомобиля, перпендикулярная к опорной поверхности. Известно, что при увеличении нагрузки выше номинальной снижается пробег шины; при увеличении скорости выше номинальной пробег также уменьшается и возрастает коэффициент сопротивления перекатыванию.

В современных стандартах для пневматических шин указаны нормы слойности и режимы эксплуатации. Громадный объём информации о параметрах и режимах работы грузовых пневматических шин представлен в ГОСТ [2] в виде таблиц, содержащих информацию о грузо-

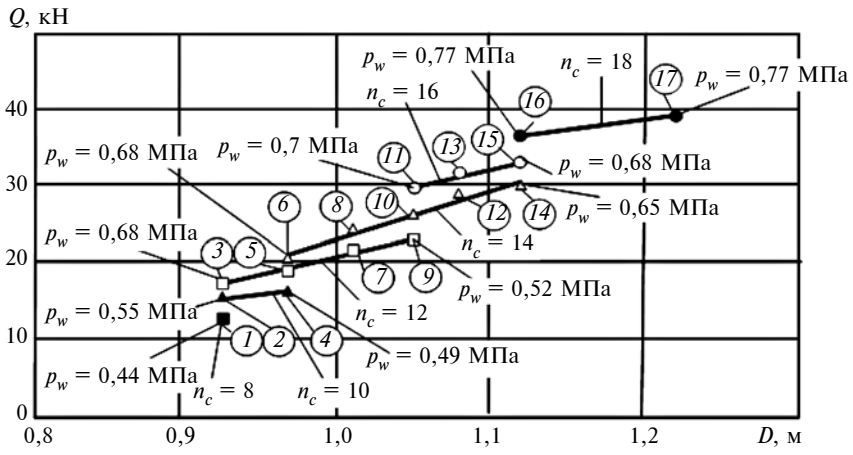


Рис. 1. Зависимость грузоподъёмности Q диагональных грузовых пневматических шин от наружного диаметра D при разной норме слойности n_c и давлении p_w воздуха в шине:

1 — 7.5-20, p_w = 0,44 МПа, n_c = 8; *2* —7.5-20, p_w = 0,55 МПа, n_c = 10; *3* — 7.5-20, p_w = 0,68 МПа, n_c = 12; *4* —8.25-20, p_w = 0,49 МПа, n_c = 10; *5* — 8.25-20, p_w = 0,6 МПа, n_c = 12; *6* — 8.25-20, p_w = 0,68 МПа, n_c = 14; *7* — 9.00-20, p_w = 0,63 МПа, n_c = 12; *8* — 9.00-20, p_w = 0,7 МПа, n_c = 14; *9* — 10.00-20, p_w = 0,52 МПа, n_c = 12; *10* — 10.00-20, p_w = 0,65 МПа, n_c = 14; *11* — 10.00-20, p_w = 0,75 МПа, n_c = 16; *12* — 11.00-20, p_w = 0,68 МПа, n_c = 14; *13* — 11.00-20, p_w = 0,73 МПа, n_c = 16; *14* —12.00-20, p_w = 0,55 МПа, n_c = 14; *15* — 12.00-20, p_w = 0,68 МПа, n_c = 16; *16* — 12.00-20, p_w = 0,77 МПа, n_c = 18; *17* —12.00-24, p_w = 0,77 МПа, n_c = 18

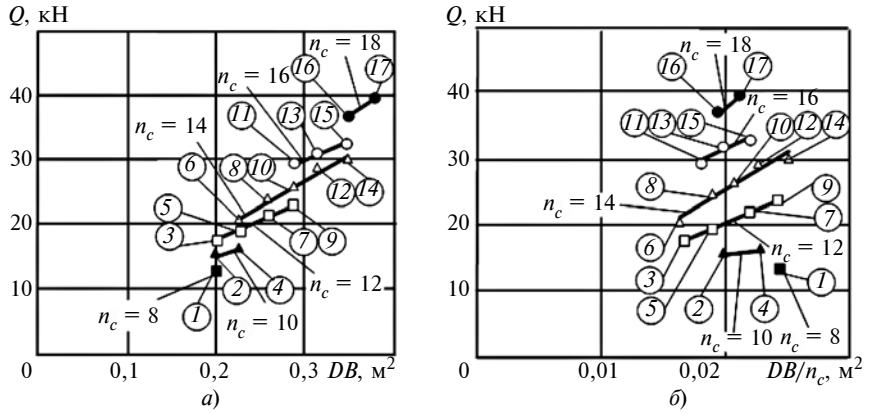


Рис. 2. Зависимость грузоподъёмности Q диагональных грузовых пневматических шин при разной норме слойности n_c и давлении p_w воздуха от произведения DB (а) и от параметра DB/n_c (б)

подъёмности, геометрических параметрах, давлении, норме слойности и др. Однако в этом документе отсутствует информация о площади контакта шины с твёрдой опорной поверхностью, её влиянии на износ шины и на силу сопротивления качению колеса. Физическая сущность работы шины характеризуется тем, что элементы её периодически, один раз за один оборот колеса входят в контакт с дорогой, при котором тело на опорной поверхности подвергается всестороннему сжатию. Деформации растяжения в свободной оболочке шины периодически заменяются деформациями сжатия в контакте. Грузоподъёмность, несущая способность и ресурс шины зависят от интенсивности происходящих процессов растяжения и сжатия.

Установлено, что шина как грузонесущий объект при номинальной грузоподъёмности имеет отрицательное значение вертикальной силы каркаса ($-\Delta Q$), которая является условием нормальной работы нитей каркаса шины на растяжение. Грузоподъёмность пневмошины зависит от геометрических параметров: D — наружный диаметр шины; B — ширина профиля; d — посадочный диаметр обода; R_c — статический радиус; λ — нормальный прогиб шины. Параметры, характеризующие прочность шины, это: давление воздуха в шине p_w, норма слойности n_c и другие величины, характеризующие прочность элементов каркаса. Цель настоящего исследования — разработка методов статистической обработки информации о грузоподъёмности грузовых шин автомобилей и площади контакта шин с твёрдой опорной поверхностью.

На рис. 1 представлены зависимости грузоподъёмности Q от геометрического параметра $\Pi_1 = D$ — наружного диаметра D для разных норм слойности n_c (задаётся чётным числом n_c = 2; 4; ...; 18) для грузовых пневматических шин по ГОСТ [2, 3]. Все шины пронумерованы цифрами в кружках (в подписи к рисунку для каждой указаны размер, давление воздуха, норма слойности). С увеличением размеров шины увеличивается нагрузка нитей каркаса шины, поэтому при увеличении геометрических размеров шины приходится снижать давление воздуха p_w. При увеличении нормы слойности с n_c = 8 до n_c = 18 грузоподъёмность увеличилась с Q = 12,5 кН до Q = 39 кН, т.е. в 3,12 раза, давление воздуха в шине возросло с p_w = 0,44 МПа до p_w = 0,77 МПа, т.е. в 1,75 раза. Изменение наружного диаметра шины находится в диапазоне D = 0,93—1,22 м. Зависимости $Q = f(D)$ содержат данные для шин разных размеров, из которых можно выбрать шину, соответствующую требуемым условиям эксплуатации. Например, наружным диаметром D = 1,12 м обладают три шины разной нормы слойности n_c = 14; 16; 18, разного давления и грузоподъёмности, а диаметром D = 1,05 м — три шины нормы слойности 12; 14; 16. Задача изготовителя шин — максимально удовлетворить потребителя необходимым ассортиментом.

На рис. 2, *а* для диагональных грузовых шин представлены зависимости грузоподъёмности от произведения наружного диаметра D и ширины профиля B для разных норм слойности n_c. Это произведение названо обобщённым геометрическим параметром $\Pi_2 = DB$, диапазон изменения которого — от 0,2 до 0,38 м^2. На рис. 2, *б* для тех же шин представлена зависимость грузоподъёмности от другого обобщённого параметра $\Pi_3 = DB/n_c$ с диапазоном изменения 0,016—0,025 м^2. Под рис. 2, *а*, *б* приведены урав-

нения регрессии с коэффициентом корреляции для обобщённых геометрических параметров $П_2$ и $П_3$. Предложены три формы получения зависимостей грузоподъёмности пневматических грузовых шин, которые одинаково успешны для радиальных и диагональных шин.

Одним из важнейших параметров пневматической шины является контурная действительная площадь $A_{кд}$ контакта шины с твёрдой опорной поверхностью. На рис. 3 показаны расчётные схемы для аналитического определения грузоподъёмности пневматической шины: общая схема (*а*) нагружения и деформации, отсечение контактного тела от оболочки (каркаса) шины по периметру контакта замкнутой поверхностью, нормальной к опорной плоскости (*б*), и равновесие отсечённого контактного тела (*в*).

Для равновесия оболочки с отсечённым контактом, согласно третьему закону Ньютона, к ней приложена подъёмная сила, равная произведению давления воздуха в шине p_w на действительную контурную площадь контакта $A_{кд}$, сила Q и вертикальная сила ΔQ каркаса. Метод сечений [4], применяемый к шине, позволил ввести в теорию пневматической шины новые термины и понятия: контурная площадь контакта шины; подъёмная сила пневмошины; вертикальная сила каркаса шины.

Для нерассечённой шины на рис. 3, *а* справедливо уравнение равновесия 1 (табл. 1). Равновесие контактного тела на рис. 3, *в* обеспечивается подъёмной силой колеса $p_wA_{кд}$, действующей вниз на контактное тело по третьему закону Ньютона, опорной реакцией N и вертикальной силой каркаса ΔQ.

В замкнутой поверхности отсечённого контакта и оболочки шины возникают нормальные напряжения σ и элементарные моменты M_k, которые не имеют равнодействующей, так как взаимно уравновешены из условия симметрии. Касательные вертикальные удельные силы имеют равнодействующую вертикальную силу каркаса, описываемую формулой 2. Равновесие отсечённого контактного тела на рис. 3, *в* описывается уравнением 3. Откуда, учитывая уравнение 1, получим формулу 4.

Определение вертикальной силы ΔQ является сложной задачей, поэтому в данной статье силу ΔQ определим из уравнения 4 по формуле 5. Для решения поставленной задачи введём новое понятие — теоретическая контурная площадь контакта шины, определяемая по формуле 6 Паскаля. Используя две последние формулы, можно получить формулу 7 вертикальной силы каркаса.

Из неё следует, что сила ΔQ является неоднозначной величиной. Если $A_к = A_{кд}$, то $\Delta Q = 0$; если $A_к > A_{кд}$, то сила каркаса положительна. Это означает, что каркас воспринимает часть вертикальной силы, приложенной на оси колеса. Если $A_к < A_{кд}$, то сила каркаса имеет отрицательное значение. Значит подъёмная сила колеса избыточна, т.е. не только воспринимает силу Q, но и создаёт дополнительную вертикальную силу натяжения при взаимодействии контактного тела и оболочки. Для определения ΔQ необходимо определить действительную площадь контакта $A_{кд}$ экспериментальным или аналитическим методом. Рассмотрим аналитическое решение этой задачи.

Установлено, что элементы шины на входе в контакт радиально прогибаются задолго до прихода в опорную поверхность. В момент прихода элементов протектора в контакт шина имеет радиальный начальный прогиб λ_0, который связан с нормальным прогибом шин λ выражением 8. Для грузовых пневматических шин в статическом состоянии, используя рис. 3, *а*, угол α_1 контакта шины можно определить по формуле 9 (из работы [5]). Длина площади контакта шины (см. рис. 3, *а*) определяется по формуле 10.

В формулах 8—10 коэффициент k является характеристикой кинематических возможностей шин. Если $k = 0$, то оболочка шины будет обладать идеальной эластичностью, согласно которой элементы протектора входят в контакт без предвари-

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$\Sigma F_{zk} = 0$; $-Q + N = 0$; $Q = N = \sigma_к A_{кд}$	$\sigma_к$ — средние удельные давления в контурной площади контакта шины
2	$\Delta Q = \int_S \tau dS$	S — площадь вертикальной поверхности, отсекающей контактное тело от оболочки шины; τ — касательные напряжения в секущей поверхности
3	$\Sigma F_{zk} = 0$; $N - \Delta Q - p_wA_{кд} = 0$	—
4	$Q = p_wA_{кд} + \Delta Q$	Q — грузоподъёмность колеса, вертикальная сила на оси колеса, нормальная к опорной поверхности; $p_wA_{кд}$ — подъёмная сила пневмошины, равная произведению давления воздуха в шине p_w и действительной контурной площади контакта $A_{кд}$; ΔQ — вертикальная сила каркаса шины
5	$\Delta Q = Q - p_wA_{кд}$	—
6	$A_к = Q/p_w$	Q — грузоподъёмность, нормальная сила на оси; p_w — давление воздуха в шине по стандартам [5, 6]
7	$\Delta Q = (A_к - A_{кд})p_w$	—
8	$k = \lambda_0/\lambda$	k — коэффициент начального прогиба шины
9	$\alpha_1 = \arccos\dfrac{\frac{0{,}5D}{\lambda} - 1}{\frac{0{,}5D}{\lambda} - k}$	—
10	$a_к = 2(0{,}5D - \kappa\lambda)\sin\alpha_1$	$k\lambda = \lambda_0$ — начальный прогиб шины
11	$A_{кд} = (a_к - b_к)b_к + \dfrac{\pi b_к^2}{4}$	—

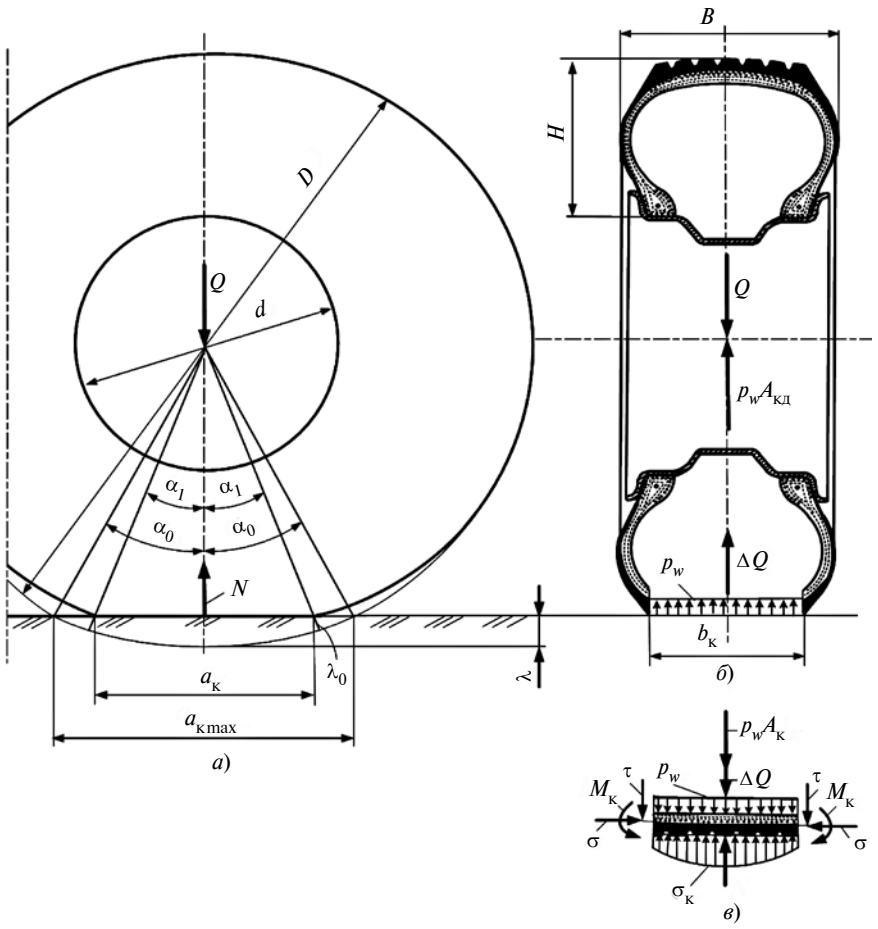


Рис. 3. Расчётная схема определения грузоподъёмности пневмоколеса:
а — общая схема нагружения и деформации; *б* — равновесие оболочки шины без отсечённого контакта; *в* — равновесие отсечённого контактного тела

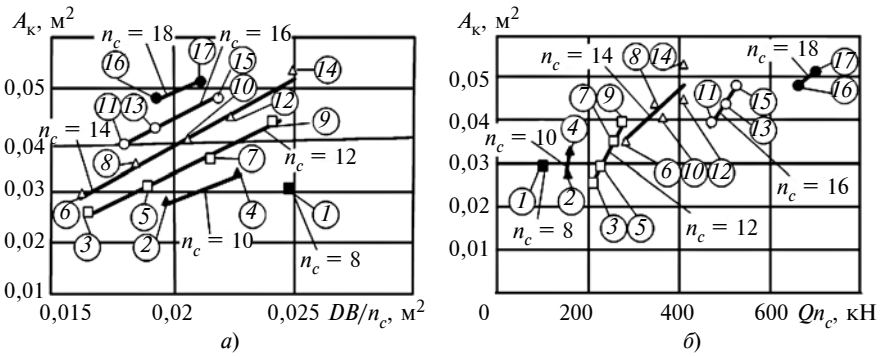


Рис. 4. Зависимость площади контакта $A_к$ грузовых пневматических шин при разной норме слойности n_c от параметров DB/n_c (а) и Qn_c (б)

Таблица 2

Размер	Основные параметры шин								
	n_c	D, м	B, м	Q, кг	p_w, кПа	k	α, °	$A_к$, м²	ΔQ, Н
9.00-20	12	1,012	0,256	2240	630	0,4	15,5	0,035	−920
12.00-20	16	1,12	0,312	3350	680	0,43	14,7	0,048	−1227
9,00R20	12	1,018	0,258	2240	630	0,588	13,7	0,034	−868
12,00R20	16	1,122	0,313	3350	750	0,57	13,6	0,044	−1300

тельного прогиба $\lambda_0 = 0$ и площадь контакта имеет максимальную длину $a_k = a_{k\max}$. Такая воображаемая шина имеет большее сопротивление качению по сравнению с шиной, у которой коэффициент $k < 1$. Если условно задать $k = 1$, то получим шину, у которой $\lambda_0 = \lambda$ и длина контакта шины $a_k = 0$. В этом предельном случае шина не имеет площади контакта, так как $a_k = 0$, нагрузка Q на оси колеса воспринимается каркасом шины. Такая шина имеет минимальное сопротивление перекатыванию. Это означает, что по данному показателю радиальные шины превосходят диагональные шины, так как имеют жёсткий брекерный цилиндрический пояс под протектором шины. Для диагональной шины 12.00-20 по результатам исследования k = 0,2—0,4, для радиальных шин $k \geq 0{,}5$.

Действительная площадь контакта шины определяется по формуле 11. На рис. 4, *а* для грузовых диагональных шин показаны зависимости теоретической площади контакта $A_к$ от обобщённого параметра $П_3 = DB/n_с$, а на рис. 4, *б* — зависимости площади контакта $A_к$ от произведения грузоподъёмности Q и нормы слойности $n_с$.

Под рисунками 4, *а*, *б* для этих зависимостей приведены уравнения регрессии с коэффициентами корреляции R^2. Выполненные исследования позволили установить, что действительная площадь контакта $A_{кд}$ и теоретическая площадь $A_к$ отличаются незначительно, причём на твёрдой поверхности действительная площадь больше теоретической площади на 0—10 % для стандартных шин при номинальной грузоподъёмности.

Результаты расчётов, выполненные по формулам статьи, приведены в табл. 2. Как видим, теоретическая площадь контакта $A_к$ для грузовых шин при номинальной грузоподъёмности меньше действительной площади $A_{кд}$ на величину 0—10 %. В результате этого при номинальной грузоподъёмности и заданном давлении для грузовых пневматических шин подъёмная сила шины воспринимает вертикальную нагрузку на оси колеса и создаёт дополнительную вертикальную силу ΔQ с отрицательным знаком, которая явля-

ется вертикальной силой дополнительного натяжения нитей каркаса и положительным фактором, снижающим напряжения сжатия элементов шины в каждом цикле работы элементов протектора и каркаса шины при качении колеса.

Таким образом, грузоподъёмность и теоретическую площадь контакта шины с опорной поверхностью для грузовых автомобильных шин предлагается представлять в виде уравнений регрессии первого порядка в зависимости от трёх обобщённых параметров: $\Pi_1 = D$; $\Pi_2 = DB$; $\Pi_3 = DB/n_c$. Форма площади контакта шины с опорной поверхностью зависит от соотношения длины и ширины контакта a_k/b_k и влияет на величину сопротивления перекатыванию.

Литература

1. ГОСТ 17697—72. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. Введ. 1973-01-07. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1973. —25 с.
2. ГОСТ 5513—97. Шины пневматические для грузовых автомобилей, прицепов к ним, автобусов и троллейбусов. Технические условия. Введ. 1997-11-25. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. 30 с.
3. ГОСТ 52899—2007. Шины пневматические для грузовых механических транспортных средств и прицепов. Введ. 2009-01-015. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2007. 28 с.
4. Тарасов В.Н. "Грузоподъёмность шины с жидким балластом", журнал "Тракторы и сельхозмашины", 1965, № 8.
5. Тарасов В.Н. "Теоретический радиус качения эластичного колеса", журнал "Автомобильная промышленность", 1965, № 1.

УДК 629.3; 629.067

КОНСТРУКЦИЯ ПОДУШЕК БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕХАНИЗМА ЕЁ СРАБАТЫВАНИЯ

Д-р техн. наук **БАЛАБИН И.В.**, канд. техн. наук **БОГДАНОВ В.В.**
МГТУ имени Н.Э. Баумана, МВОКУ (vvbogdanov@t-online.de)

Приведены варианты конструкций современных надувных подушек безопасности транспортных средств; описаны применяемые их принципы механизма срабатывания, проанализированы достоинства и недостатки; сделаны выводы о дальнейшей трансформации конструкции подушки безопасности.

Ключевые слова: *транспортное средство, надувная подушка безопасности транспортного средства, компоненты подушки безопасности, конструктивная безопасность, активная безопасность, пассивная безопасность.*

Balabin I.V., Bogdanov V.V.

DESIGN OF AIRBAGS AND BASIC PRINCIPLES RESPONSE ITS MECHANISM

Embodiments of designs the modern vehicle's airbags are given; its applied principles of the mechanism's operation are described, merits and demerits are analyzed; conclusions on further transformation of airbag's design are drawn.

Keywords: *vehicle, airbag, components of airbag, constructive safety, active safety, passive safety.*

Современная подушка безопасности (как система) состоит из трёх основных компонентов: собственно модуль подушки безопасности ("мешок" с пиропатроном-газогенератором или баллонами со сжатым газом), датчики определения удара; блок диагностики.

Подушка представляет собой эластичную оболочку из нейлоновой ткани, наполняемую газом, газогенератор и систему управления. Для смазки используется тальк или крахмал, которые можно наблюдать в воздухе салона при срабатывании подушки.

Газогенераторы различают по форме (куполообразные и трубчатые), характеру работы (с одноступенчатым и двухступенчатым срабатыванием) и способу газообразования (твёрдотопливные и гибридные). Таким образом, генератором газа могут служить пиропатроны, баллоны со сжатым до 200—250 МПа азотом или аргоном или же их комбинация.

Твёрдотопливный газогенератор состоит из корпуса, пиропатрона и заряда твёрдого топлива. Заряд представляет собой смесь азида натрия (NaN_3), нитрата калия (KNO_3) и диоксида кремния (SiO_2). Воспламенение топлива происходит от пиропатрона и сопровождается образованием газа азота. Горячий газообразный азот "взрывом" надувает подушки безопасности. Хотя процесс сгорания и происходит быстро, он не носит взрывного характера в терминологическом смысле этого слова. Газ в подушку поступает через специальный фильтр, который пропускает только азот. В развёрнутом состоянии подушка находится очень короткое время (до 1 с), так как азот (абсолютно безопасный для человека) через специальные технологические отверстия в нейлоновой оболочке быстро выходит в салон, чтобы подушка не задушила защищаемого человека. В качестве топлива некоторые производители применяют нитроцеллюлозу, которой для разворачивания подушки требуется значительно меньше, чем азида натрия (8 г против 50 г). При этом также не требуется установка фильтра.

Гибридный газогенератор состоит из корпуса, пиропатрона, заряда твёрдого топлива и газового заряда под высоким давлением (сжатый азот или аргон). Наполнение подушки безопасности происходит сжатым газом, который, в свою очередь, высвобождается выталкивающим зарядом из твёрдого топлива.

Использование различных газогенераторов в зависимости от видов подушек безопасности представлено в таблице.

Датчики определения удара измеряют либо деформацию деталей, либо замедление автомобиля. Для надёжности часто устанавливают сразу два датчика — один на передней части автомобиля, другой — внутри кузова либо группы от 3 до 10 датчиков. Сигнал датчика через 0,005—0,01 с поступает в бортовой компьютер транспортного средства, где анализируется и в соответствии с исполнительными алгоритмами выдаётся решение на активацию подушек безопасности. Существуют дополнительные датчики, которые предотвращают ложное или ненужное срабатывание дорогостоящих подушек безопасности. Например, датчики веса для пассажиров, благода-

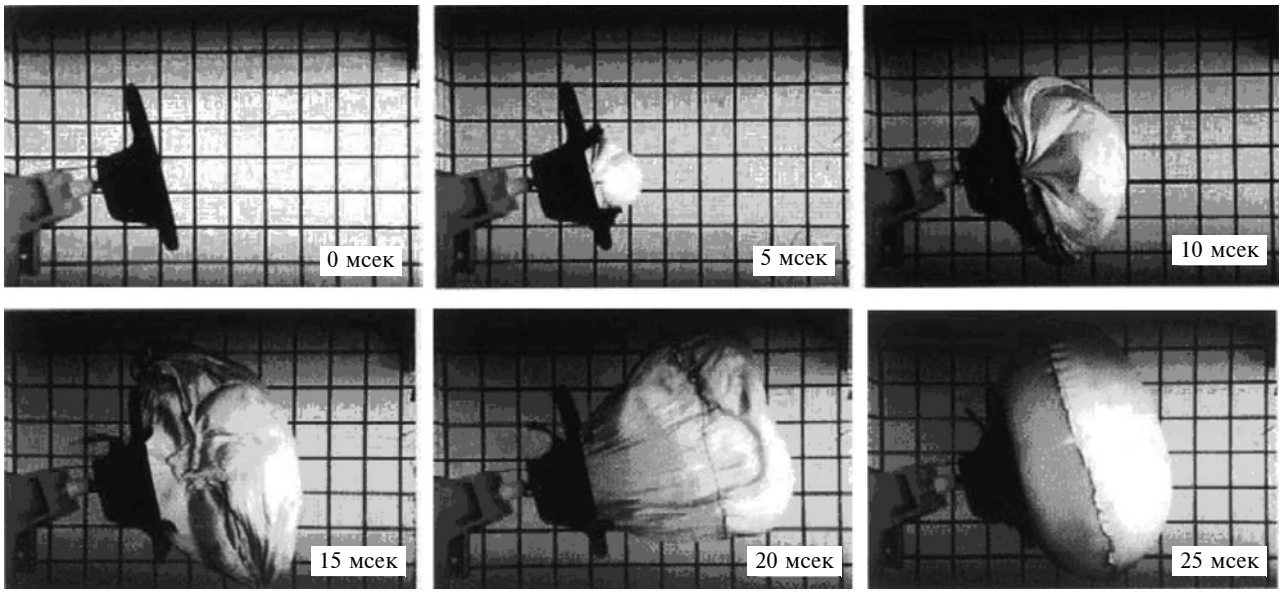


Рис. 1. Срабатывание подушки безопасности во времени

ря которым подушка не раскрывается, если нагрузка на сиденье меньше определённой (актуально, если принудительно не отключены подушки безопасности пассажиров, а в автомобиле в момент ДТП находится только водитель). Однако современные датчики уже не ограничиваются только весом и могут отличить живого человека от поставленного на сиденье эквивалентного груза благодаря анализу температуры (частоты колебаний). Впрочем, данные разновидности не находят пока широкого применения, даже в люксовых исполнениях моделей транспортных средств из-за сложностей реализации эвристических алгоритмов распознавания взрослого пассажира, ребёнка в специальном кресле или животного. Фирмой "Бош" предложен контроллер подушек безопасности со встроенными гироскопическими сенсорами крена автомобиля: в этом случае блок управления оперативно распознаёт и оценивает опасность опрокидывания автомобиля и, не дожидаясь столкновения, активирует подушки, защищающие головы водителя и пассажиров, а также преднатяжители ремней безопасности. На случай выхода из строя аккумулятора некоторые системы снабжены специальным конденсатором, который отдает накопленную энергию для открытия подушек безопасности.

Наполнение подушек в салоне — их в среднем от 2 до 6 — сопровождается повышенным шумом, уровень которого иногда достигает 140 дБ, что опасно для барабанных перепонок. Во избежание потери слуха срабатывают только нужные подушки, причём постепенно. Например, через 20 миллисекунд после столкновения — водительская, ещё через 17 миллисекунд — пассажирские. Кроме того, вылетающая со скоростью более 300 км/ч подушка, таит в себе немалую опасность для людей, если они не пристёгнуты ремнём безопасности — т.е. когда ничто не задерживает инерционное движение тела навстречу подушке. В этом случае срабатывание подушки безопасности хоть и смягчит последствия потенциального соударения, но может привести к перелому шейных позвонков при дальнейшем движении не пристёгнутого ремнём человека, например, при потенциальном ударе о ветровое стекло изнутри салона.

Блок диагностики следит за исправностью системы подушек безопасности. Он активируется при включении зажигания автомобиля. Если блок диагностики обнаружит неисправность, загорится лампочка, предупреждающая водителя о необходимости доставки автомобиля в авторизованный центр обслуживания для диагностики системы подушек безопасности. Большинство

Тип подушки безопасности	Характеристика газогенератора
Фронтальная для водителя	Куполообразный; с одноступенчатым или двухступенчатым срабатыванием; твёрдотопливный или гибридный
Фронтальная для пассажира	Трубчатый; с одноступенчатым или двухступенчатым срабатыванием; твёрдотопливный или гибридный
Боковая	Трубчатый; с одноступенчатым срабатыванием; твёрдотопливный или гибридный
Головная	Трубчатый; с одноступенчатым срабатыванием; гибридный
Коленная	Трубчатый; с одноступенчатым срабатыванием; твёрдотопливный или гибридный
Центральная	Трубчатый; с одноступенчатым срабатыванием; твёрдотопливный или гибридный

блоков диагностики имеют устройства, которые содержат достаточно электрической энергии для приведения подушек безопасности в действие, если основная аккумуляторная батарея будет быстро выведена из строя при столкновении.

Жёстких норм-стандартов к объёму и форме подушек безопасности в настоящее время не выработано. Различают подушки безопасности водителя (объём 65...89 л в США и 45...60 л в Европе), переднего пассажира (объём 150...160 л в США и 80...120 л в Европе) и остальные, более мелкие, монтируемые в сиденьях, подлокотниках, стойках и т.п. и защищающие, как это упомянуто выше, отдельные части тела. Материал подушек также апробируется фирмами-производителями по мере накопления опытных данных, в настоящее время наиболее широкое распространение получили полиамид и нейлон. Поскольку сам момент соударения тела человека с упругой подушкой далеко не травмобезопасен, в подушках делаются отверстия (их число и размеры рассчитываются фирмами-производителями), чтобы, с одной стороны, обеспечить оптимальную жёсткость в момент соударения (подушка начинает сдуваться уже в момент соприкосновения с телом человека), а с другой — обеспечить необходимое направление разворачивания (например, направление разворачивания предварительно свёрнутой подушки параллельно лобовому стеклу, а не направлено в голову водителя).

Среднее время срабатывания подушки безопасности составляет 25 мсек (см. рис. 1). За первые 25 мсек подушка приходит в полностью надутое состояние, затем постепенно начинает сдуваться, а после 120 мсек воздух исчезает практически полностью. Отличия по времени срабатывания у подушек безопасности водителя и переднего пассажира незначительные, порядка нескольких десятков миллисекунд (см. рис. 2 и 3). Начальный "0" момента активации на графике, как уже отмечалось выше, у водителя и пассажира может не совпадать.

Фронтальные подушки безопасности срабатывают при следующих условиях: превышение силы лобового удара заданной величины; наезд

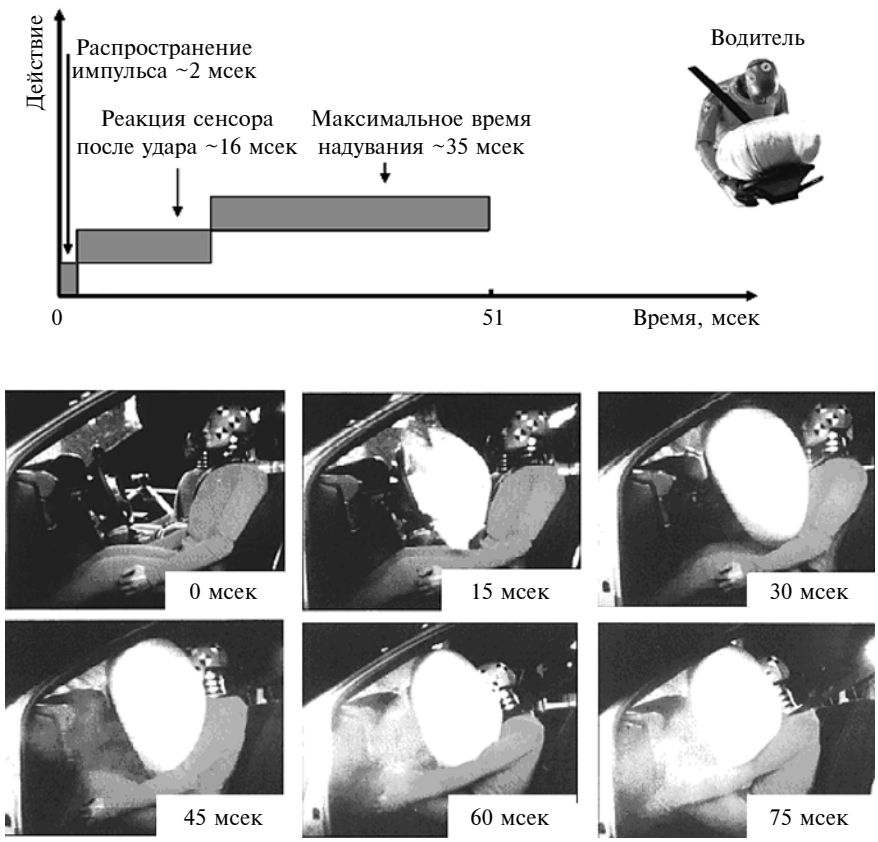


Рис. 2. Срабатывание подушки безопасности водителя

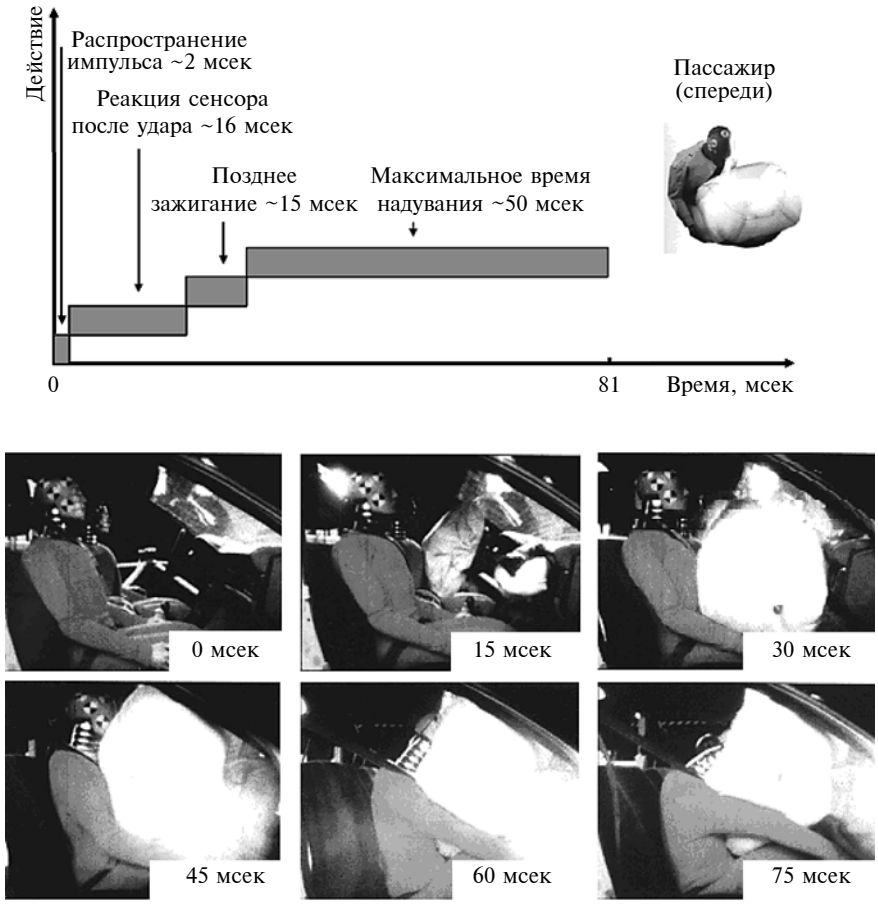


Рис. 3. Срабатывание подушки безопасности переднего пассажира

на твёрдый прочный предмет (бордюр, край тротуара, стенка ямы); жёсткое приземление после прыжка; падение автомобиля; косой удар в переднюю часть автомобиля. И не срабатывают при ударе автомобиля сзади, боковом ударе, опрокидывании автомобиля. Аналогичным образом функционируют также коленные подушки безопасности. Условием срабатывания боковых, центральных и головных подушек безопасности является превышение силы бокового удара заданной величины. Все подушки безопасности автоматически срабатывают в случае возгорания автомобиля (повышения температуры в салоне до 150—200 °С).

Алгоритмы срабатывания подушек безопасности постоянно совершенствуются и становятся всё сложнее и сложнее. Современные алгоритмы учитывают скорость движения транспортного средства, скорость его замедления, вес пассажира и место его расположения, использование ремня безопасности, а также наличие детского кресла.

Резюмируя вышеприведённое, следует констатировать, что современная подушка безопасности — это сложная комплексная система, элемент как внешней, так и внутренней конструктивной безопасности АТС, и её дальнейшая эволюция может идти только в контексте совместного развития электронных систем контроля и срабатывания, а также поиска и последующего применения новых смарт-материалов для оболочки и газогенератора.

Литература

1. Appel H., Krabbel G., Vetter D. Unfallforschung, Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion. 2 Auflage, Verlag Information Ambs GmbH, 2002.
2. Kramer F. Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen. Grundlagen—Komponenten—Systeme. ATZ/MTZ-Fachbuch, Vieveg, 1998.
3. Burg/Moser (Hrsg.). Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. Unfallaufnahme-Fahrdynamik-Simulation. ATZ/MTZ-Fachbuch, 1 Auflage, Vieveg, 2007.
4. Solomon K.A., Kendall J. Air Bag Deployment Criteria. The Journal of The Forensic Examiner, August 2014.

УДК 62.629

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ АВТОПОЕЗДОВ ЗА СЧЁТ МОДЕРНИЗАЦИИ ОПОРНО-СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ

Д-р техн. наук **СЛИВИНСКИЙ Е.В.**,
канд. техн. наук **РАДИН С.Ю.**
Елецкий ГУ имени И.А. Бунина (47467.6-40-84)

Описана конструкция перспективного опорно-сцепного устройства, предназначенного для большегрузных автопоездов, и приведены результаты расчётов по обоснованию эффективности его использования в практике.

Ключевые слова: *опорно-сцепное устройство, большегрузный автопоезд.*

Slivinsky E.V., Radin S.Yu.

IMPROVE OPERATIONAL RELIABILITY OF ROAD TRAINS BY MODERNIZATION OF THE SUPPORT HITCH DEVICE

In presented article the design of a prospective supporting the drawbar is designed for heavy trucks and numerical results to validate the effectiveness of its use in practice.

Keywords: *support hitch device, heavy road train.*

Конструкция традиционного седельно-сцепного устройства представляет собой опорную плиту, которая с помощью болтов закреплена на раме автомобиля-тягача. С опорной плитой посредством двух шарниров связано седло, в котором выполнено отверстие, сопрягаемое с продольным пазом, предназначенным для прохода шкворня полуприцепа при сцепе или расцепе звеньев автопоезда. В седле размещён разъёмно-сцепной механизм, состоящий из захватов, контактирующих со шкворнем, и фиксирующего их замка. Шкворень жёстко закреплён на опорном листе уступа рамы полуприцепа. Также на раме закреплены опорные стойки с механизмом их привода, предназначенные для установки полуприцепа в пунктах его отстоя без тягача.

Существенным недостатком такого устройства является, во-первых, необходимость использования ручного труда при приводе замкового устройства, что весьма небезопасно, так как человек, находящийся в зоне сцепа или расцепа звеньев автопоезда, находится в опасной зоне и, во-вторых, в случае отказа замка, в движении автопоезда, может привести к саморасцепу его в итоге с тяжёлыми последствиями и даже гибелью людей, находящихся в это время на дороге [1—3].

Учитывая такие недостатки, в ЕГУ имени И.А. Бунина на протяжении ряда лет проводится бюджетная НИР на тему "Динамика, прочность и надёжность транспортных, строительно-дорожных и сельскохозяйственных машин, а также стандартного промышленного и нестандартного оборудования, используемого в Чернозёмном регионе Российской федерации" и одним из её разделов является направление, связанное с совершенствованием конструкции опорно-сцепных устройств автопоездов.

Одна из таких конструкций защищена патентом РФ (RU2432292) и направлена на повышение эксплуатационной безопасности автотранспортных средств. На рис. 1 показаны разрез этого опорно-сцепного устройства автопоезда в момент сцепа его звеньев и вырыв части поверхности седла при виде на него сверху.

Устройство состоит из седла *14*, соединённого при помощи шарнира *11*, с опорой *10*, жёстко закреплённой на раме *12* автомобиля-тягача. На внешней поверхности седла, обращённой к опорному листу *1* рамы *2* полуприцепа *3*, выполнен круговой паз *13*, а в нём подвижно размещены тела качения *6* подпружиненные пружинами сжатия *5*, установленными в каналах *4*, изготовленных в седле. На опорном листе имеется кольцевой формы выступ *8*, снабжённый полусферической формы выточкой *9*. На раме жёстко закреплён направляющий палец *7*.

Работает опорно-сцепное устройство следующим образом.

Когда автомобиль-тягач находится в сцепе с полуприцепом, тела качения *6* седла расположены под

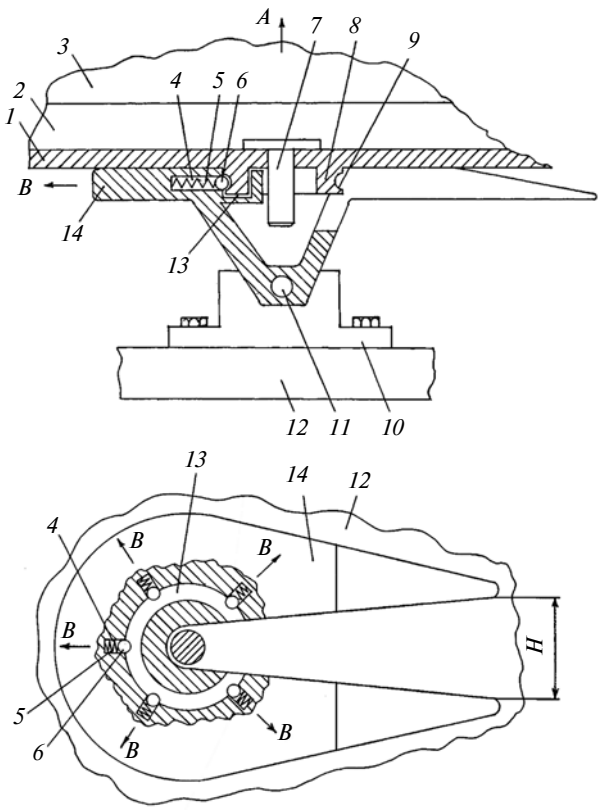


Рис. 1. Опорно-сцепное устройство автомобиля-тягача по патенту RU2432292

действием пружин сжатия в полусферической выточке *9* выступа *8* опорного листа. Для расцепа звеньев автопоезда его устанавливают на ровной площадке и приводят в действие опорное устройство, что обеспечивает подъём полуприцепа по стрелке *A*. Тогда под действием такого рода подъёмной силы на каждом из тел качения возникнет также вертикальная составляющая подъёмного усилия, которая создаёт в итоге горизонтальную составляющую сил, способствующую перемещению тел качения по стрелкам *B*. После того как тела качения выйдут из полусферической формы выточки *9* выступа, произойдёт отрыв опорного листа от поверхности седла и автомобиль-тягач может свободно быть удалён от полуприцепа.

Сцеп звеньев автопоезда происходит в обратном порядке. Тягач подают задним ходом так, чтобы направляющий палец *7* вошёл в пространство *"H"*, образованное соответствующими деталями седла. Затем, двигаясь задним ходом, автомобиль занимает такое положение, чтобы направляющий палец занял бы соответствующее место в седле. После этого опорное устройство полуприцепа реверсирует и кольцевой формы выступ *8* входит в круговой паз *13*, впоследствии также переместив тела качения *6* по стрелкам *B*. В итоге под действием сил сжатия, создаваемых пружинами сжатия, тела качения входят в полусферическую формы выточку *9*, осуществляя тем самым надёжное соединение седла с опорным листом, а следовательно, и автомобиля-тягача с полуприцепом.

Как видим, ответственными конструктивными элементами здесь являются пружины сжатия тел качения. Проведём расчёт их геометрических параметров с использованием известной методики, представленной в работе [4], и принятой расчётной схемы (рис. 2), причём считаем, что в качестве пружин сжатия используются тарельчатые пружины, имеющие в сравнении с винтовыми пружинами сжатия меньшие габариты и обладающие достаточно высокой жёсткостью, что необходимо для надёжного соединения звеньев автопоезда. На расчётной схеме показаны тела качения шаровой формы диаметром d, расположенные на внешней поверхности седла, обращённой к опорному листу рамы полуприцепа, где выполнен круговой паз, и подпружиненные тарельчатыми пружинами, установленными в каналах, изготовленных в седле внутренним диаметром D' и контактирующие с тарельчатыми пружинами толщиной s, высотой h_0, высотой внутреннего конуса f_3 и имеющие диаметры D и D_1. К каждому телу качения шаровой формы приложены соответствующие динамические усилия $P_{кр\ max}/3$.

Для подбора геометрических характеристик тарельчатых пружин, устанавливаемых в седле тягача, а следовательно, и полной упругой деформации их в случае расцепа как в движении автопоезда, так и при отцепке полуприцепа, необходимо в первую очередь знать численное значение осадки λ_1 пружин. Расчёт этого параметра представляет собой сложную задачу, и поэтому в инженерной практике обычно ограничиваются подбором малоподъёмной конической оболочки непосредственно по рабочей нагрузке, действующей на них. Поэтому, согласно ГОСТ 3057—79 [4], для подобного рода деталей (тарельчатые пружины) воспользуемся данными таблицы стандарта в зависимости от действующей на них максимальной нагрузки.

Приведём пример расчёта основных параметров предложенного технического решения, например, для автопоезда, состоящего из автомобиля тягача КамАЗ-53212 и автомобильного полуприцепа ОдАЗ полной массой 10,35 т. Определим критическую силу,

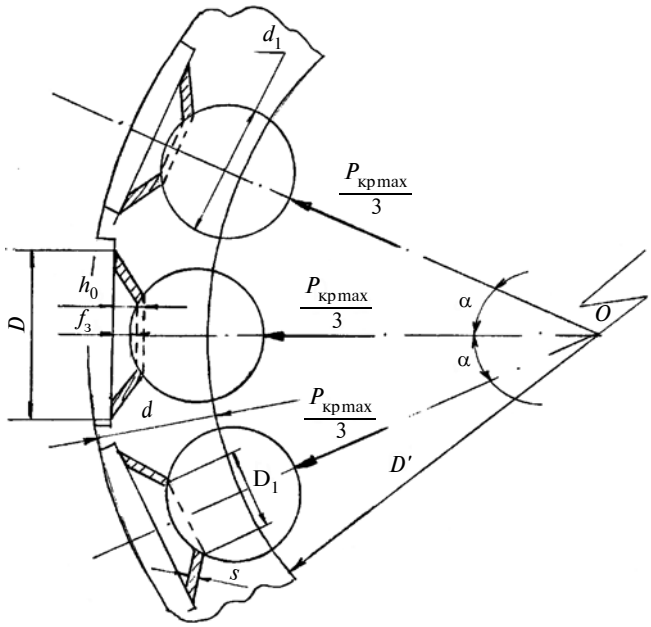


Рис. 2. Расчётная схема

возникающую в сцепном устройстве автопоезда при его движении по дороге удовлетворительного качества по зависимости [1]:

$$P_{\text{кр max}} = \zeta\lambda_{\omega} q_0 \frac{2\pi}{L} G_{\text{пр}} = 1{,}5 \cdot 1{,}25 \cdot 6 \frac{6{,}28}{250} 10\ 350 = \\ = 2925 \text{ кгс},$$

где ζ — коэффициент динамичности, учитывающий влияние зазоров в сцепке и равный 1,5 [1]; λ_{ω} — коэффициент динамичности при резонансных колебаниях рассматриваемой системы и равный 1,25 [1]; q_0 — высота неровности дороги, равная 6 см [1]; L — длина волны неровности 2,5 м [1].

Теперь конструктивно назначим диаметр d_1 тел качения шаровой формы, размещённых в седле, равным $d_1 = 22$ мм и их число в зоне контакта с круговым пазом кольцевой формы выступа при любом угле поворота полуприцепа в его горизонтальной плоскости составляет $n = 3$ шт. И тогда при подёргивании полуприцепа в движении на каждое тело качения будет приложена динамическая нагрузка $P_{\text{кр max}}/3 = 2925/3 = 0{,}975$ т. Исходя также из геометрических размеров седельного устройства и полученного численного значения действующей нагрузки, под каждое из тел качения установим по две тарельчатые пружины, каждая из которых способна нести нагрузку в 520 кгс и имеет следующие характеристики: $D = 25$ мм, $D_1 = 14$ мм, $s = 1{,}6$ мм, $f_3 = 0{,}5$ мм, $h_0 = 2{,}1$ мм, $m = D/D_1 = 25/14 = 1{,}8$. Материалом для тарельчатых пружин служит Сталь 60С2 по ГОСТ 14959—79 [4].

Произведём проверку условию прочности тарельчатой пружины с указанными размерами путём расчёта напряжений сжатия на её внутренней кромке по формуле [4]:

$$\sigma_{\max} = \frac{4E\lambda_1}{KD^2}(K_0 f - K_1\lambda_1 + s) = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}05}{0{,}48 \cdot 2{,}5^2} \times \\ \times (0{,}79 \cdot 0{,}05 - 0{,}47 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}05 + 0{,}16) = \\ = 19\ 200 \text{ кгс/см}^2 = 1920 \text{ МПа} \le 2100 \text{ МПА},$$

где E — модуль упругости материала; λ_1 — упругая осадка пружины, $0{,}8f_3$; K_0, K_1 — коэффициенты, выбираемые из графика [4] и зависящие от $m = D/D_1$. Видно, что условие прочности выполнено, так как расчётные напряжения сжатия ниже допускаемых в 2100/1920 = 1,09 раза.

Анализируя вышеизложенное, видим, что в практике для различных типов и грузоподъёмности полуприцепов динамические нагрузки в месте сцепа могут иметь различную величину. Исходя из этого, в целях расширения эксплуатационных возможностей предложенного устройства, исключающего наличие зазоров в системе расположения тел качения и кольцевой формы выступа, в каждом конкретном случае на седельных устройствах тягачей должно устанавливаться только своё устройство, имеющее геометрические характеристики тел качения шаровой формы и тарельчатых пружин. В то же время для подбора рациональной конструкции их необходим широкий спектр испытаний натурных образцов в эксплуатационных условиях, и только после этого можно окончательно обосновать оптимальные геометрические и кинематические параметры конструктивных элементов такого устройства.

Результаты исследования рекомендуются как отечественным, так и зарубежным НИИ, конструкторским и производственным структурам автомобильной промышленности для дальнейшего изучения и доработки предложенного устройства в целях возможного внедрения его в практику.

Литература

1. Щукин М.М. Сцепные устройства автомобилей и тягачей. Конструкция, теория и расчёт. М.-Л.: Машгиз, 1961. 234 с.
2. Краткий автомобильный справочник. 10-е издание, переработанное и дополненное. М.: Транспорт, 1983. 265 с.
3. Высоцкий М.С. и др. Автомобильные и тракторные прицепы. М.: Машгиз, 1962. 186 с.
4. Заплетохин В.А. Конструирование деталей механических устройств: Справочник. — Л.: Машиностроение. 1990. — 669 с.

УДК 629.331.5

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ЖУЧКОВ А.С., д-р техн. наук **ГОДЖАЕВ З.А.**
Московский политехнический университет (МАМИ),
ФНАЦ ВИМ (fic51@mail.ru)

Статья посвящена вопросам проектирования наземных транспортных средств для транспортировки и хранения беспилотных летательных аппаратов, алгоритму выбора транспортного средства и его оснащения.

Ключевые слова: *специализированные транспортные средства, наземная станция, беспилотные летательные аппараты, беспилотные авиационные системы.*

Zhuchkov A.S., Godzhaev Z.A.

LAND VEHICLES FOR TRANSPORTATION THE DRONES

Article is devoted to questions of design of land vehicles for transportation and storage of drones, algorithm of the choice of the vehicle and its equipment.

Keywords: *specialized vehicles, land station, drones.*

В настоящее время беспилотные летательные аппараты нашли широкое применение в промышленности. Все меньше отраслей становятся не охваченными этим современным и полезным решением. Аэрофотосъёмка, доставка, внесение средств защиты растений, поиск пропавших людей — лишь малая часть применения беспилотных летательных аппаратов.

Прогресс не стоит на месте, и за последние несколько лет беспилотные летательные аппараты стали частью беспилотной авиационной системы (БАС), в которую также входят программный комплекс, навесное оборудование для летательного аппарата и сам оператор, который задаёт полетное задание и контролирует процесс его выполнения. Такая система позволяет повысить качество выполнения полётного задания, точность расположения беспилотного летательного аппарата и снизить затраты на проведение работ.

Серьёзным недостатком такой системы является метод её транспортировки. Вся система перевозится

Рис. 1. Комплекс УАЗ 469 с БПЛА "Сойка III"

отдельно, в неподготовленном транспортном средстве без специальных систем для транспортировки. Отсутствие таких решений приводит к тому, что оборудование может быть повреждено во время транспортировки.

Для решения этой проблемы требуются подготовленные транспортные средства с чётким определением области их применения. Например, можно выделить следующие области: доставка, аэрофотосъёмка, внесение средств защиты растений в агропромышленном комплексе, военные и спасательные операции.

Рассмотрим более подробно существующие решения и проведём их сравнительный анализ по следующим параметрам: уровень вибрации (система подрессоривания); прочность несущей системы; ходовая система (колёсная или гусеничная); плавность хода; функциональные свойства транспортного средства (комфорт для оператора, автономная система бесперебойного питания); область применения по классификации навесного оборудования и по классификации беспилотников.

Одной из самых первых мобильных наземных станций с применением наземных транспортных средств для транспортировки беспилотных летательных аппаратов, можно считать разработку, которая появилась еще в 80-х годах. "Сойка III" — комплекс с тактическим беспилотным летательным аппаратом (рис. 1), разработанный чешским НИИ ВВС (VTUL PVO) в Праге и предназначенный для: ведения воздушной разведки, радиоразведки, корректировки огня артиллерии, радиоэлектронной борьбы и для запуска инфракрасных целей в учениях по противовоздушной обороне.

Разработка "Сойки III" началась в начале 1980-х годов. На вооружение чешской армии комплекс поступил с 1998 года [1]. Транспортным средством для беспилотника выступает автомобиль УАЗ-469. При этом автомобиль служит не для запуска, как можно было бы судить по фотографиям, а для поиска и перевозки аппарата.

Комплекс "Сойка III" включает: четыре беспилотных самолета; пусковую установку, оборудованную на грузовом автомобиле; наземную станцию управления, на базе грузового автомобиля; два грузовых автомобиля для транспортировки беспилотников; легковой внедорожник (УАЗ-469 или "Лендровер Дефендер 90"), предназначенный для поиска беспилотного летательного аппарата. Корпус беспилотника выполнен из стеклопластика и лёгких углеродных арамидных композитных материалов. Беспилотник оснащён роторным двигателем AR 74-1180, мощностью 28 кВ.

Комплекс может быть развёрнут и готов к запуску в течение 45 мин. Подготовка к повторному вылету составляет 40 мин. Позиция с беспилотником сворачивается и комплекс готов к перемещению в течение 30 мин. Аппарат запускается с пусковой установки при помощи порохового ракетного ускорителя, который затем отстыковывается.

Полёт "Сойки" проходит в полуавтоматическом режиме. Наземный оператор по радиоканалу может корректировать высоту и направление полёта. Посадку беспилотник производит при помощи парашюта на надуваемую снизу воздушную сумку или методом скольжения "на пузо". Навигация беспилотника осуществляется при помощи спутниковой навигационной системы *NAVSTAR/GPS*. Полезная нагрузка: широкоформатный фотоаппарат или телевизионная система разведки.

Если более детально рассматривать модернизацию автомобиля УАЗ-469 для решения поставленной задачи, то можно отметить, что изменения коснулись только крыши. На неё устанавливаются специальные крепёжные элементы, позволяющие фиксировать летательный аппарат. Закрепление идет жёсткое, дополнительная система гашения колебаний отсутствует. Дополнительные устройства комфорта и жизнеобеспечения в автомобиле не предусмотрены. Также важным является для данных автомобилей, используемых в сельском хозяйстве, уровень давления их ходовых систем на почву [2, 3].

Рассмотрим более современную отечественную разработку. ГрАНТ — "Гражданский аэродинамический наблюдатель телевизионный". Комплекс был разработан совместно Межвидовым центром беспилотной авиации, Кыштымским радиозаводом и Научно-производственным центром "Новик" [4] в 2000—2001 гг.

Комплекс ГрАНТ содержит базовую автоматизированную станцию (БАРС) на автомобиле УАЗ-3741 или УАЗ-3962 с пылезащитным кузовом, транспортно-пусковую установку (ТПУ) на автомобиле УАЗ-3303 или аналогичном, беспилотные летательные аппараты (в транспортные контейнеры ТПУ могут быть уложены два аппарата).

Изначально комплекс ГрАНТ (рис. 2) создавался как телевизионный наблюдатель реального времени.

Рис. 2. Комплекс ГрАНТ в рабочем состоянии

Рис. 3. Рабочее место оператора комплекса ГрАНТ

В самом начале проектирования комплекса было учтено, что одному оператору не под силу оценивать представляемую телевизионную картинку в реальном масштабе времени. Поэтому на базовой автоматизированной рабочей станции были установлены два рабочих места операторов на основе персональных ЭВМ, приёмный канал ТВ-сигнала с остронаправленной параболической антенной и приёмопередатчик УКВ командно-навигационной радиолинии с антенно-мачтовым устройством.

Старший оператор даёт общую оценку принимаемого ТВ-изображения, управляет переключением телекамер и по локальной вычислительной сети передаёт наиболее интересные изображения на второе рабочее место другому оператору для детального изучения и измерения координат цели. Одновременно с изображением по локальной вычислительной сети передаются и необходимые телеметрические данные (рис. 3).

В дальнейшем комплекс ГрАНТ применялся для мониторинга состояния высоковольтных линий и территории отчуждения в удалённых и труднодоступных местах, состояния опор высоковольтных линий, изоляторов, фундаментов опор высоковольтных линий, тепловизионного контроля изоляторов и мест стыка кабельных линий, оперативного контроля состояния высоковольтных линий в случае чрезвычайных ситуаций, а также для поиска отделяемых частей ракет-носителей, как в реальном масштабе времени, так и в режиме записи и воспроизведения в районах их падения (Казахстан, Алтай, Республика Коми).

Наземная станция комплекса ГрАНТ обеспечивает транспортировку двух аппаратов, предполётную, предстартовую подготовку и запуск беспилотников в полёт. Энергия для запуска обеспечивается грузом из разрезных гирь общей массой 230 кг. Такое решение избавило комплекс от использования пороха, совершенно неуместного в гражданской жизни. Основные характеристики беспилотного летательного аппарата: длительность полёта — не менее 6 ч; высота полета — от 15 до 6000 м; масса полезной нагрузки до 6 кг; температурный диапазон функционирования от +40 до −40 °С; ограничений по условиям видимости нет.

Подводя итог рассмотрения такого комплекса, можно отметить, что такая наземная станция позволяет выполнять задачи по аэрофотосъёмке, имеет рабочие места для операторов и состоит из нескольких автомобилей и только двух беспилотников. Использование двух автомобилей усложняет процесс транспортировки комплекса, повышает затраты на его эксплуатацию. Использование двух автомобилей для работы с двумя аппаратами тем более нерационально, так как в настоящее время один оператор может одновременно управлять двумя беспилотниками.

ЗАО "Институт телекоммуникаций" был разработан мобильный навигационный комплекс (на базе автомобиля УАЗ-"Пикап", рис. 4), предназначенный для создания и обновления навигационных карт и планов на основе информации, получаемой от комплекса видеостереосъёмки, комплекса измерительных средств и площадной съёмки с оценкой безопасности дорог. Областями возможного применения могут стать: мониторинг линейных объектов (дорог, трубопроводов, ЛЭП), наблюдение за лесными пожарами, контроль состояния и вырубки лесов, поисковые операции на суше и на воде, контроль теплопотерь в ЖКХ, забор проб воздуха на высотах от 50 до 6000 м, построение карт загрязнённых территорий, высокодетальная аэрофотосъёмка, организация каналов связи в случае ЧС. Этот комплекс состоит из одного автомобиля и нескольких летательных аппаратов. Операторы могут расположиться в задней части автомобиля и контролировать процесс полёта с удобствами.

Автопроизводитель "Мерседес-Бенц" и разработчик малых транспортных квадрокоптеров "Маттернет" представили концепт логистической системы с использованием фургонов и автономных беспилотников. Данная разработка предназначена для транспортировки малогабаритных лёгких грузов. Концепт логистической системы "ВижнВэн" предполагает использование автоматизированных складов, фургонов и квадрокоптеров. Автоматизированные склады загружают фургон, в котором отдельно хранятся крупные и мелкие грузы. Крупные грузы доставляет водитель-экспедитор, а грузы весом до двух килограммов в радиусе 10 километров от фургона в автоматическом режиме доставляют два грузовых квадрокоптера "Маттернет", которые взлетают с крыши грузового электромобиля.

Рис. 4. Общий вид комплекса на базе автомобиля УАЗ-"Пикап"

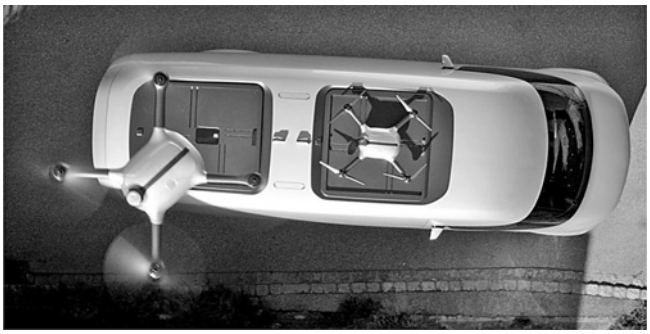


Рис. 5. Компьютерный рендер фургона "Мерседес-Бенц ВижнВэн"

Материалы, опубликованные "Даймлер AG", практически не содержат технической информации и в большей степени описывают дизайн концепта. Однако, судя по информации "Маттернет", у представленной "Мерседес-Бенц" концепции есть работающий прототип (рис. 5). В частности, "Маттернет" разработала монтируемую под крышу фургона систему точной посадки и замены груза и батареи, что позволяет использовать автономный квадрокоптер для доставки небольших грузов прямо с крыши автомобиля. Значительную часть пути посылка преодолевает по воздуху, находясь в контейнере, который автономный дрон приносит на крышу фургона, на котором оборудована посадочная площадка.

Также "Маттернет" представила вторую версию своего грузового квадрокоптера "M2" — он способен перевезти груз массой два килограмма на расстояние до 20 километров. Первая модель "Маттернет ONE" могла принять на борт только один килограмм, причем беспилотник даже использовался в Швейцарии в качестве почтового дрона (рис. 6).

Это первый случай, когда сеть дронов-курьеров работает в крупном европейском городе, а комплекс квадрокоптеров с фургонами ранее не делал вообще никто. Проект "Вэнс энд Дронс" санкционирован Швейцарским управлением гражданской авиации (*FOCA*) и другими регуляторами. Летательные аппараты полностью интегрированы в воздушное пространство и не пересекаются в нём с вертолётами. Безопасность — на первом месте, поэтому дроны оснащены парашютной системой, которая автоматически развёртывается в случае неисправности. Коптер приземляется на крыше примерно в двух метрах над землёй, не угрожая прохожим.

Почему возникла необходимость такой разработки? Автомобиль курьерской службы стоит в пробках и, например, не может пересечь водоём по прямой. Дрон эту проблему способен решить. Важно, что для клиентов меняется только скорость доставки, ведь товар он по-прежнему получает из рук водителя. В результате должна получиться интеллектуальная технология маршрутизации и автоматизированное управление заказами — таким видится будущее электронной коммерции. Фургоны с интегрированной беспилотной технологией уже могут быть реально использованы там, где позволяют нормы законодательства. С "ВижнВэн" можно запустить "Маттернет M2" с грузом до пункта назначения, в который нельзя попасть на автомобиле из-за пробок в густонаселённом городском районе или при отсутствии безопасных дорог в сельской местности или пострадавших от стихии районах. Беспилотники могут летать с грузами из распределительного центра или склада до фургона, так что водитель, получив груз, сможет доставить его в находящийся поблизости дом клиента [4].

Компания "Рено" выпустила концепт "Куид" — компактный автомобиль улучшенной проходимости (длина — 3616, ширина — 1939, высота — 1565 мм). В машине появился встроенный квадрокоптер "Летающий компаньон" (*Flying Companion*), который водитель может выпускать в полёт через открывающуюся заднюю часть крыши (рис. 7). Этот квадрокоптер может летать в автоматическом режиме, по координатам GPS, а может управляться из машины. Его задачи — разведка ситуации на дороге и съёмка местности. Важно отметить, в то время как в развитых странах для информирования водителя (и автопилота) об окружающей обстановке инженеры продвигают сети общения автомобилей типа *car-to-car*, решение для стран развивающихся — летающий "перископ".

Автомобиль приводится в движение турбонаддувным двигателем (1,2 л), спаренным с роботизированной коробкой передач с двумя сцеплениями EDC (управляется контроллером, расположенным на передней панели). Однако данный автомобиль может быть и электрокаром: здесь предусмотрено место для установки тяговых батарей, есть зарядное устройство и розетка, спрятанная под эмблемой "рено". В этом концепте предполагается автономная работа беспилотника, без вмешательства водителя-пилота.

Рис. 6. Фургон "Мерседес-Бенц" и квадрокоптер "Маттернет M2"

Рис. 7. Концепт "Рено Куид"

В рамках открывшейся в Ганновере выставки коммерческого транспорта (*IAA Commercial Vehicles*) компания "Ниссан" представила концепт на базе пикапа "Навара" с двойной кабиной. Шоу-кар, получивший к имени приставку "*EnGuard*", был переоборудован под нужды спасательных служб. Появится ли серийная версия, зависит от реакции целевой аудитории (рис. 8). В комплектацию автомобиля входит квадрокоптер "DJI Фантом 4", изображение с которого передаётся на дисплей в салоне машины. Высота полёта — до 6000 м, длительность — полчаса.

Дорожный просвет автомобиля на 50 мм больше, чем у стандартной "Навары", — 278 мм. Помимо этого, шоу-кар получил расширенные колёсные арки и специальные шины для бездорожья. Концепт оснащён шноркелем, в багажнике — ящики с канатами, топором, спасательными жилетами, реанимационным оборудованием. Всё это может понадобиться в работе экстренных служб. В движение пикап приводится дизелем (2,3 л, 190 л.с. или 140 кВт).

Анонсированный минувшей осенью концепт "Ринспид Этос" ("*Rinspeed Etos*") построен на технической базе гибрида БМВ-i8. Автомобиль оснащён дистанционно управляемым квадрокоптером для съёмки поездки с воздуха или передачи небольших посылок, автопилотом и массой электронных опций. Над реализацией всех этих идей трудилось больше двадцати компаний-партнёров. Автомобиль оснащён интеллектуальной системой "ХарманКоннектедКар", которая запоминает маршруты, достопримечательности, остановки, телефонные звонки, просмотренное видео, прослушанную музыку и т.д. Постепенно машина формирует своего рода профиль поведения пользователя и старается предугадывать его желания. Результат — резкое сокращение числа кликов, ведь электроника заранее предлагает человеку то, о чём он "только подумал". Но вообще в распоряжении водителя и пассажиров — сенсорные экраны и простые кнопки, контроллеры и голосовое управление.

Предусмотрена связь типа "машина—инфраструктура". Система "Е-Хоризон" предупреждает о других участниках движения, действующих опасно, помогает попадать в "зелёную волну" светофоров. А ещё электроника следит за взглядом водителя и рассчитывает, что он видел, а чего не мог заметить на дороге. Посадочная платформа для беспилотника на корме заодно представляет собой экран, состоящий из 12 000 светодиодов. Это и светомузыкальный танцпол, и доска объявлений. Светится тут и заднее стекло. А в стеклянную крышу интегрирована пара восьмиугольных антенн для связи бортовой электроники с внешним миром (рис. 9). Для машины и её летающего компаньона предусмотрена некая док-станция. Тяговая батарея автомобиля может играть роль аварийного стационарного источника питания.

В марте 2018 г. подразделение "Ягуар-Лендровер" SVO (*Special Vehicle Operations*) на Международном автосалоне в Женеве представило внедорожник "Дискавери Проджект Хироу", созданный специально для австрийского подразделения Красного креста (рис. 10). Главное, чем выделяется внедорожник — это "встроенный" в багажник на крыше полноценный квадрокоптер, с помощью которого можно во время полёта не только оценить общую картину бедствия, а и при необходимости безопасно приблизиться для рассмотрения детальной картины. При этом при необходимости дрон взлетает и садится на крышу даже в движении — на ножках установлены активные магниты, прочно держащие всех вместе. Управление и удалённое наблюдение — с отдельного специально организованного рабочего места.

Кроме самого дрона, автомобиль оборудован розетками с разными типами соединений, многочастотным радиопередатчиком и выдвижным полом в багажнике. Последнее может служить не только в качестве защиты оборудования в "подполье", но и стать дополни-

Рис. 8. Концепт на базе пикапа "Ниссан Навара"

Рис. 9. Посадочная площадка для квадрокоптера

Рис. 10. Наземная станция "Лендровер Дискавери Проджект Хироу"

тельным рабочим пространством для разнообразных спасательных нужд. Разделительная панель за задними сиденьями обеспечивает дополнительные точки для крепления оборудования (рис. 11).

Автомобиль разработан на базе модели "Дискавери" с 3,0-литровым двигателем TD6. В ближайшее время он будет принимать активное участие в тренировочных операциях центрах Красного креста в Эрцберге и Вене, а в случае необходимости — и включится в действительно "боевое" задание. Полностью интегрированная система посадки с автоматическим центрированием и активным магнитом позволяет беспилотнику садиться на крышу "Проджект Хироу", когда автомобиль находится в движении.

Прямая трансляция с камер дрона может поступать непосредственно командам быстрого реагирования, позволяя им максимально быстро выезжать на места схода лавин, землетрясений, наводнений и оползней. Резкие смены ландшафта снижают эффективность существующих карт, что создаёт серьёзные трудности при поиске и спасении выживших. Обзор с высоты птичьего полёта позволяет лучше изучить зону катастрофы с безопасного расстояния (рис. 12).

В Московском политехническом университете в рамках проектной деятельности реализуется проект "АгроРоботКом", инициаторами которого выступили А.В. Ордин и М.П. Васильев. В рамках проекта студенческий конструкторский коллектив под руководством А.С. Жучкова и Г.Н. Макарова разработал действующий прототип наземной станции для транспортировки, хранения и обслуживания беспилотных летательных аппаратов на базе легкового автомобильного прицепа (рис. 13). Комплекс предполагает своё использование в сельском и лесном хозяйствах и дополняет комплекс работ по внесению средств защиты растений с применением биоматериала.

Комплекс включает в себя два беспилотных летательных аппарата "Геоскан 401", один "Геоскан 201", один конвертоплан компании "Хобби Остров" и собственно саму станцию — автомобильный прицеп. Комплекс обслуживается двумя операторами и позволяет произвести аэрофотосъёмку для определения заражённых территорий, провести анализ и степень заражённости и в дальнейшем доставить и внести биологические средства защиты растений. Наземная станция состоит из энергетической системы, системы водоснабжения, холодильной установки, рабочего места оператора.

Рассмотрим более подробно функционал такой системы. Энергетическая система состоит из блока аккумуляторных батарей, для обеспечения резервного питания на протяжении рабочего дня, и генераторной

Рис. 11. Грузовое отделение "Лендровер Дискавери Проджект Хироу"

Рис. 12. Багажник на крыше для квадрокоптера

Рис. 13. Наземная станция "АгроРоботКом"

установки для подзарядки аккумуляторных батарей. Она питает весь комплекс, а также позволяет производить зарядку аккумуляторных батарей беспилотников. Система водоснабжения служит для создания комфортных условий работы оператора и подаёт воду для разведения растворимых средств защиты растений. Холодильная установка позволяет доставлять и сохранять в полевых условиях биоматериал с соблюдением условий хранения. Рабочее место оператора состоит из выдвижного стола, двух складных стульев и солнцезащитного навеса. Такая наземная станция позволяет производить работы в разных условиях: наземную станцию можно оставить в поле и использовать все её части или можно остановиться на обочине и, не разворачивая рабочее место оператора, произвести обработку территории.

Мировой тренд развития беспилотных летательных аппаратов не сможет развиваться дальше без грамотной разработки наземной станции. Такие станции найдут широкое применение в сельскохозяйственной и военной промышленности. Исходя из вышерассмотренного, можно сделать вывод, что каждую наземную станцию на базе транспортных средств необходимо разрабатывать индивидуально, чётко определяя назначение беспилотного летательного аппарата.

Литература

1. http://www.uazbuka.ru/uaz_bpla.html
2. Годжаев З.А. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энергосредств и эффективные пути решения / Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Русанов А.В., Прядкин В.И. // В сборнике: Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. — 2014. С. 327—329.
3. Идентификация шин по эксплуатационным показателям / Гончаренко С.В., Годжаев З.А., Станкевич Э.Б., Миркасимов В.В., Быкадорова З.У., Корень В.В. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2007. — № 7. — С. 16—19.
4. http://www.airwar.ru/enc/bpla/grant.html

АСМ-факты

В московском КВЦ "Сокольники" в марте 2019 г. прошла 28-я "Олдтаймер-Галерея". На этот раз экспозиция заняла сразу три павильона общей площадью более 10 тыс. м^2.

В рамках выставки состоялся *Фестиваль технических музеев*, на котором свои лучшие коллекции представили десятки российских и зарубежных музеев. Посетители получили уникальный шанс побывать сразу во множестве великолепных музейных собраний и хранилищ, увидеть не только редчайшие автомобили, мотоциклы и велосипеды, но также макеты самолётов и кораблей, старинные часы, уникальные телефонные аппараты, разнообразные антикварные механизмы, музыкальные автоматы и даже межпланетные космические станции.

Реставрационные мастерские и коллекционные бюро представили свои новинки и достижения, среди которых были громкие премьеры, сюрпризы и сенсации.

Л-300 "Красный Октябрь" (1937) — легендарный советский спортивный мотоцикл, победитель множества шоссейных и ипподромных гонок, кроссов, рекордных заездов и пробегов. Любимый мотоцикл командиров Красной Армии.

Опытный внедорожник *"Москвич-415С" (1970)* — прототип, сделанный в единственном экземпляре. Сначала никто не надеялся, что он уцелел. Потом никто не верил, что его можно восстановить... Проект ещё не закончен, но уже ясно: автомобиль выжил!

"Time Machine" — мотоцикл-посвящение творчеству группы "Машина Времени" эпохи семидесятых. В качестве основного элемента мотоцикла взят легендарный инструмент, бас-гитара "Орфей", которая очень точно воплощает в себе музыкальную культуру того времени. На байке есть автографы всех участников группы.

Фаэтон *ЗИС-102 (1939)* — автомобиль серийный, но очень редкий: до войны успели сделать только девять экземпляров этой модели. Они обслуживали санатории Черноморского побережья, а также использовались для скоростных заездов.

Амфибия *"Арго" (1960)* — секретная разработка Челябинского тракторного завода. Это восьмиколёсный вездеход, состоящий из двух шарнирно сочленённых герметичных секций с эффектными жабрами. Гидростатическая трансмиссия этого монстра передаёт механическую энергию вращения от вала двигателя к колёсам при помощи рабочей жидкости, нагнетаемой гидронасосом.

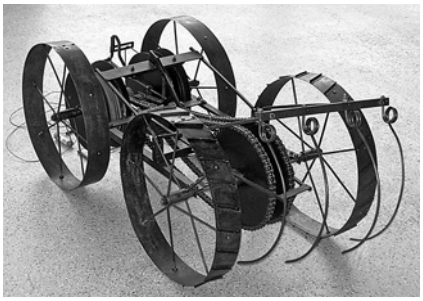
Марсоход (1990) — космический вездеход, созданный в рамках проекта "МАРС-96", массой 50 кг, был готов искать марсианскую воду, регистрировать сейсмическую активность и исследовать атмосферу четвёртой планеты. Он был обучен карабкаться через препятствия высотой до 300 мм и преодолевать уклоны до 30°, двигаться по россыпи булыжников размером до 200 мм. Шестиколёсное полноприводное титановое шасси, сочленённая рама с изменяемым клиренсом, колёсный и колёсно-шагающий режимы движения, уникальные металлоэластичные колеса...

ЗИС-110 такси. В 1946 году Сталин поехал в Крым на автомобиле, но уже в Туле пересел на поезд. Дороги были тряские —

сплошь грунтовки! Сталин много говорить не любил: "Эту дорогу надо быстренько сделать. По ней советские люди поедут отдыхать на юг". Асфальтированное шоссе практически с "нуля" построили за три с половиной года: 1399 км двурядного шоссе от Москвы до Симферополя госкомиссия приняла 1 августа 1950 г. Самое удивительное, что обслуживать этот маршрут сразу после постройки начали стремительные такси ЗИС-110.

Фаэтон *КИМ 10-51.* Прототипом для него стал "Форд Перфект" с двухдверным кузовом. Это и сгубило проект. Говорят, Сталин, осматривавший машину в мае 1941 года, остался недоволен результатом. "Я понимаю, что буржуи и не думают о своём народе, но вы же советский автоконструктор и должны были подумать о советском народе? Или я в вас ошибался?" — спросил Сталин, с трудом выбравшись с заднего сиденья довольно тесного автомобиля. До наших дней сохранились считанные экземпляры КИМ-10, а с кузовом "фаэтон" — всего один.

"Танк Игнатьева" (1908). "Посредством крюка и троса танк может зацепить неприятельскую пушку или самолёт и тащить в то место, откуда был выслан". Изобретённый большевиком-террористом компактный дистанционно управляемый механизм стал прообразом современных боевых роботов.



Для самых взыскательных коллекционеров *Аукционный дом Егоровых* в последний день выставки провёл уникальные торги. "С молотка" продавались не только автомобили и мотоциклы, но и предметы технического антиквариата, как правило, сохранившиеся в единственном экземпляре — вожделенные объекты "охоты" азартных коллекционеров. Эстимейты — от нескольких тысяч до десятков миллионов рублей.

Одной из точек притяжения выставки стала большая экспозиция Гаража Особого Назначения, посвящённая истории почётного мотоциклетного эскорта. На стенде публике впервые были показаны сразу четыре кортежа первых лиц государства — Хрущёва, Брежнева, Горбачёва и Путина, иллюстрирующие почти всю историю почётного эскорта с 1950-х гг. до настоящего времени. Впервые все модели эскортных мотоциклов прошлых лет были выстроены совместно с автомобилями соответствующих исторических периодов. Это позволило посетителям погрузиться в атмосферу того времени, увидеть технику именно в той роли, в которой она использовалась в работе органов государственной охраны. Однако акцент устроители сделали именно на мототехнике этого подразделения, т.е. сами представительские лимузины в этот раз послужили лишь "фоном" для мотоциклов эскорта. На стенде были показаны также коллекции предметов специальной униформы и различные варианты полной экипировки мотоциклистов почётного эскорта разных лет. Чтобы рассказать людям о том, как непросто достигается та удивительная слаженность и отточенность действий эскортного подразделения, впервые на выставке были "приоткрыты" секреты тренировочного процесса. Коллекция мотоциклов почётного эскорта насчитывает около полутора десятков моделей, и на выставке посетители смогли увидеть их все. На самом почётном месте был выставлен первенец почётного эскорта — мотоцикл М-72 1956 г. выпуска и рядом — несущий службу в наши дни мотоцикл БМВ 1200RT.

Следующая, 29-я *"Олдтаймер-Галерея"* пройдет 6—9 марта 2020 года также в КВЦ "Сокольники". Экспозиция будет посвящена *75-летию Великой Победы*.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 621.436

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРТОВ И ТОПЛИВ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

Канд. техн. наук **ЛОПАТИН О.П.**,
д-р техн. наук **ЛИХАНОВ В.А.**
Вятская ГСХА (nirs_vsaa@mail.ru)

Обоснована необходимость использования спирто-топливных эмульсий как экологических энергоносителей для дизелей. При этом исследованы такие возобновляемые экологические источники энергии, как метиловый и этиловый спирты. В целях разработки, определения и оптимизации состава спирто-топливных эмульсий для дизеля 4Ч 11,0/12,5 проведены его испытания при работе на дизельном топливе, метаноло- и этаноло-топливных эмульсиях. Представлены результаты исследований стабильности экологической смеси спирта с дизельным топливом и присадкой сукцинимид С-5А. Сделан вывод о перспективности использования в дизелях таких экологических энергоносителей, как этиловый и метиловый спирты.

Ключевые слова: *дизель, метанол, этанол, эмульсия, токсичность, отработавшие газы.*

Lopatin O.P., Likhanov V.A.

THE USE OF ALCOHOLS AND FUELS ON THEIR BASIS FOR DIESEL ENGINES

The work proves the necessity of the use of alcohol-fuel emulsions as the environmental energy for diesel engines. While these environmental investigated renewable energy sources as methyl and ethyl alcohols. With the aim of developing, determining and optimizing the composition of the alcohol-fuel emulsions for diesel 4F 11.0/12.5 conducted its tests when working on diesel fuel, methanol- and ethanol-fuel emulsions. The results of studies of environmental stability of the mixture of ethanol with diesel fuel and additive succinimide C-5A. The conclusion is made about perspectives of use in diesel engines environmental energy such as ethyl and methyl alcohols.

Keywords: *diesel, methanol, ethanol, emulsion, toxicity, exhaust gases.*

Применение спиртов в качестве топлива для дизелей, как известно, позволяет существенно снизить выбросы частиц сажи и других токсичных компонентов отработавших газов. Причём для получения таких топлив могут быть использованы отходы деревообработ-

ки, сельского хозяйства, от производства бумаги, от фермерских хозяйств, мусор от вырубки леса да и просто бытовой мусор. Наиболее же доступным способом применения спиртов в качестве дизельного топлива является их использование в виде эмульсии с традиционными нефтяными [1—5].

В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов проведены экспериментальные исследования дизеля 4Ч 11,0/12,5 для работы на спирто-топливных эмульсиях (СТЭ). Чтобы получить наибольший эффект от СТЭ, как экологического энергоносителя, необходимо исследовать её физико-химические свойства, их влияние на рабочие процессы и выброс токсичных компонентов с отработавшими газами. СТЭ — это дисперсная система, образованная двумя взаимно нерастворимыми жидкостями, которыми являются, с одной стороны, этиловый или метиловый спирт и вода, а с другой — дизельное топливо и присадки. СТЭ является нестабильной системой, которая постоянно стремится перейти в исходное (разделённое по фазам) состояние, которое, в свою очередь, определяется уже стабильностью. Стабильность, т.е. время от момента приготовления эмульсии до появления слоёв с различной концентрацией (седиментацией — расслоением дисперсных систем под действием силы тяжести с отделением дисперсной фазы в виде осадка, "сливок" и т.д.), зависит, в первую очередь, от физических свойств составляющих компонентов эмульсии.

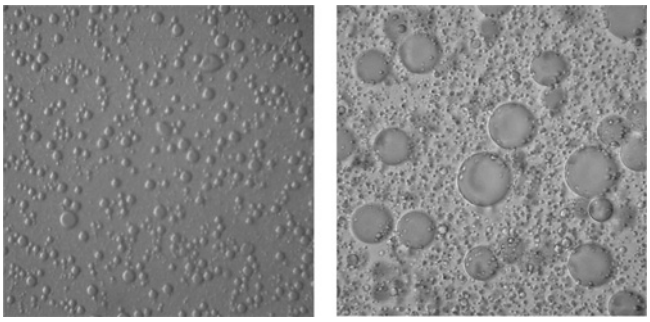
Поскольку одним из основных свойств СТЭ, определяющим применимость её в качестве экологического энергоносителя для дизеля, является стабильность, то эмульсия должна обладать достаточной стабильностью для работы дизеля длительное время, в том случае, если она приготавливается перед заправкой в топливный бак автомобиля. В случае работы дизеля на эмульсии, приготовленной в его топливной системе, значение стабильности должно быть несколько больше времени, необходимого для подачи готовой спиртовой смеси в камеру сгорания. Это объясняется наличием застойных зон в топливной системе, в которых постоянно накапливается гель высококонцентрированной эмульсии типа "масло-в-воде". Применение присадок целенаправленного действия, вводимых в топливо, должно, в первую очередь, обеспечивать стабильность получаемых эмульсий. Концентрация присадок при этом не должна превышать 2...3 %, так как это может привести к значительному увеличению стоимости экологического энергоносителя. Кроме того, присадки должны отвечать следующим требованиям: полностью сгорать в камере сгорания дизеля без образования отложений, не ухудшать свойств топлива, повышать стабильность эмульсии, хорошо растворяться в топливе и его компонентах, быть устойчивыми, не слишком летучими и сохраняться в топливе в различных условиях эксплуатации. К отвечающим этим требованиям присадкам можно отнести сукцинимид С-5А. Сукцинимид С-5А относится к классу моющее-диспергирующих присадок (штатная присадка к моторным маслам).

Экспериментальная установка состояла из электротормозного стенда SAK-N670 с балансирным маятниковым механизмом, дизеля 4Ч 11,0/12,5, измерительной аппаратуры. Исследования стабильности СТЭ осуществлялись по методике научно-производственного ОАО "Синтез ПАВ" с учётом классических методик. Приготовление эмульсий осуществлялось гомогенизатором MPW-302 при частоте вращения вала 2000 мин$^{-1}$.

При испытаниях дизеля на СТЭ были исследованы эмульсии с различным количественным содержанием спирта и присадки. Концентрация спирта изменялась от 10 до 50 % по массе с шагом 10 %, а концентрация присадки — от 0,5 до 2 % с шагом 0,5 %. Также было проведено микроскопирование приготовленных проб эмульсий и проб с начавшимся процессом флокуляции. Проба имеет однородный состав по размерам частиц (рис. 1, *а*), а с течением времени происходит объединение частиц в более крупные "агрегаты", что определяет процесс флокуляции (рис. 1, *б*).

При проведении исследований первоначально за критерий стабильности было принято время до появления визуально наблюдаемых изменений (осадка или отстоя) в пробе эмульсии — время до начала седиментации. Из графиков, приведённых на рис. 2, видно, что стабильность эмульсий зависит не только от концентрации спирта, но и от концентрации присадки ($K_п$), так, при концентрации метанола 10 % (см. рис. 2, *а*) стабильность эмульсии снижается от 1,5 минут при $K_п$ = 0,5 % до 1,4 минуты при $K_п$ = 1,0 %, т.е. на 6,7 %. При дальнейшем увеличении $K_п$ до 2,0 % стабильность повышается до 2,2 минуты, т.е. на 57,1 %. Стабильность эмульсий, при введении в её состав дистиллированной воды, значительно повышается, достигая значений до нескольких десятков часов. Так, при концентрации метанола 25 % (см. рис. 2, *б*) стабильность эмульсии повышается от 17,9 часа при $K_п$ = 0,5 % до 34,6 часа при $K_п$ = 2,0 %, т.е. на 93,3 %. А стабильность этаноло-топливной эмульсии (рис. 2, *г*) с содержанием этанола 50 % возрастает с 16,3 часа, при концентрации присадки 0,5 % до 18,9 часов, при увеличении содержания присадки до 2,0 %. Максимальные же значения стабильности СТЭ достигаются при концентрации спирта (как метанола, так и этанола) 50 %.

Таким образом, приготавливаемые спиртовые экологические энергоносители имеют "запас прочности" в течение времени на протекание процесса седимен-



а) *б*)

Рис. 1. Снимок микроскопирования ЭТЭ:
а — сразу после приготовления; *б* — в начале процесса флокуляции

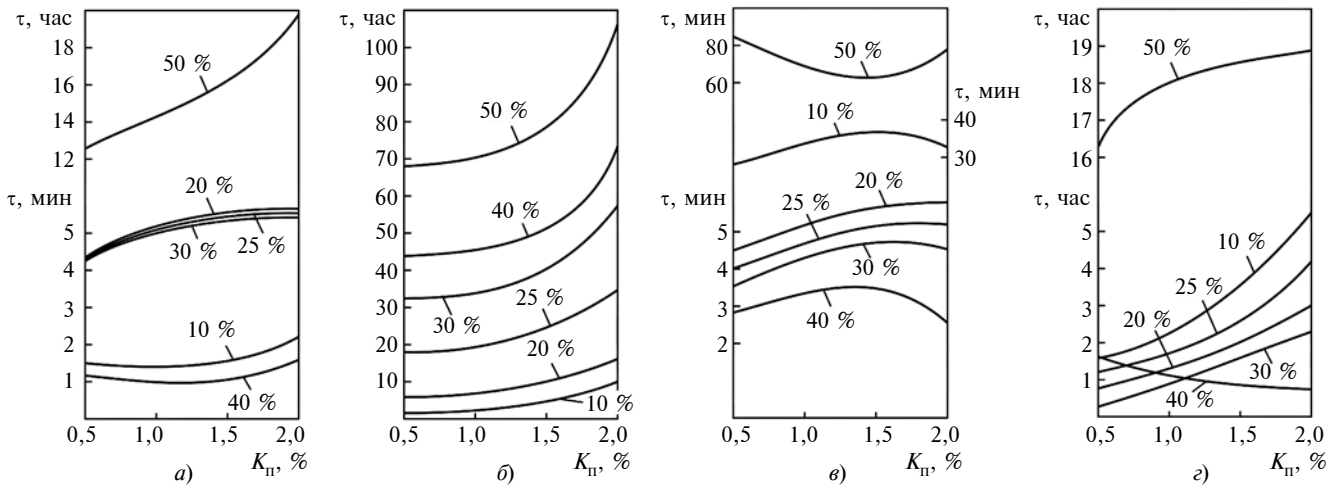


Рис. 2. Результаты исследований стабильности экологической смеси спиртов с дизельным топливом и присадкой сукцинимид С-5А:
$K_п$ — концентрация присадки сукцинимид С-5А; 10, 20, 30, 40, 50 % — концентрация спирта; *а* — абсолютный метанол; *б* — метанол с содержанием воды (7 % по массе); *в* — абсолютный этанол; *г* — этанол с содержанием воды (7 % по массе)

тации, поскольку это ещё не характеризует разделение эмульсии на две фазы. В течение этого времени проба СТЭ может принять первоначальный состав за счёт легкого встряхивания (или вибрации двигателя). После завершения седиментации в пробе СТЭ начинается процесс флокуляции — образования капель составляющих ингредиентов. Дальнейшее увеличение объёма капель и их слипание приводит к завершению процесса коалесценции, т.е. полному разделению дисперсионной среды на спиртовую и углеводородную фазы. Для исследуемых СТЭ стабильность к коалесценции составила от 4 до 6 суток. По результатам исследований был сделан вывод, что использование воды в составе эмульсии действительно многократно повышает стабильность СТЭ.

Сукцинимид С-5А является эффективным эмульгатором для эмульсий обратного типа. Добавление воды, в сочетании с этой присадкой, приводит к ещё более значительному повышению стабильности эмульсий (от 1—6 минут до 1,5—100 часов). Полученные результаты позволяют говорить о возможности применения сукцинимида в сочетании с водой в качестве эмульгатора для приготовления экологической СТЭ вне топливной системы дизеля.

По результатам исследований стабильности СТЭ определено, что эмульсии с концентрацией спирта 50 % оптимальны с точки зрения устойчивости к процессам разрушения. На наш взгляд, это связано с предельным повышением концентрации спирта в эмульсии, которая в данном случае переходит из "обратной" в "прямую", но это делает невозможным воспламенение такого топлива в камере сгорания дизеля, что было подтверждено в ходе первичных испытаний на двигателе. И несмотря на высокие результаты стабильности при исследованиях спиртовых смесей, использование эмульсий с большим содержанием спирта невозможно в связи с повышенной "жёсткостью" и пропусками воспламенения при работе дизеля.

В результате проведённых исследований физико-химических свойств эмульсий, стабильности и первичных испытаний в качестве оптимальных для дизеля 4Ч 11,0/12,5 были приняты эмульсии следующего состава: спирт (метанол или этанол) — 25 %, моющее-диспергирующая присадка сукцинимид С-5А — 0,5 %, вода — 7 %, дизельное топливо — 67,5 %. Все дальнейшие испытания дизеля проводились на эмульсии данного состава.

На рис. 3 представлены зависимости мощностных и экономических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 от установочного угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{впр}$ при частоте вращения 2200 мин$^{-1}$ (номинальный скоростной режим).

Анализ представленных зависимостей при работе дизеля по дизельному процессу при постоянной величине часового расхода дизельного топлива (13,4 кг/ч)

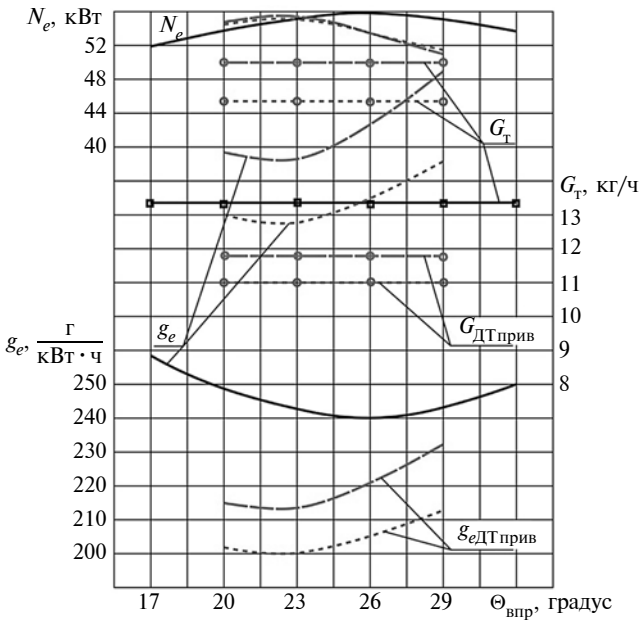


Рис. 3. Изменение мощностных и экономических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения $\Theta_{впр}$ при n = 2200 мин$^{-1}$:
——— — ДП; ----- — ЭТЭ; −−− — МТЭ

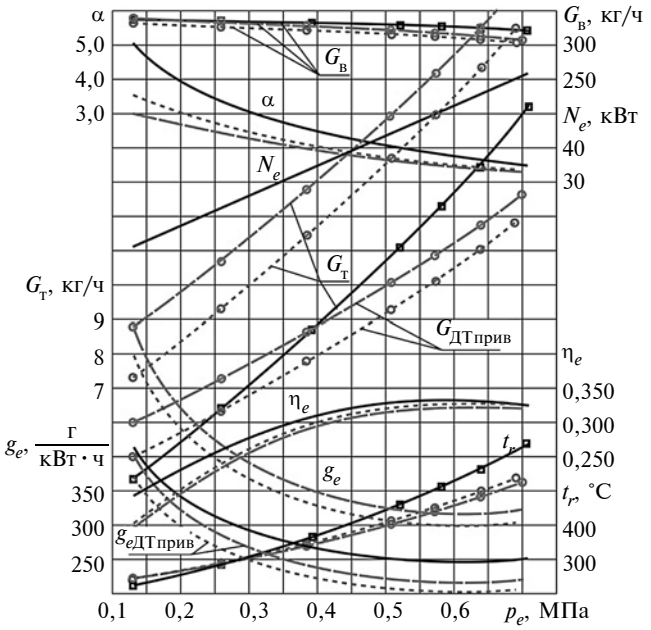


Рис. 4. Изменение мощностных и экономических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при n = 2200 мин$^{-1}$:
——— — ДП; ----- — ЭТЭ; – – – — МТЭ

показывает, что при значении установочного угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{впр}$ = 26° достигаются минимальное значение удельного эффективного расхода дизельного топлива (g_e = 240 г/(кВт · ч)) и максимальная величина эффективной мощности (N_e = 55,8 кВт).

Анализ работы дизеля на метаноло-топливной эмульсии (МТЭ) при фиксированном часовом расходе 17,5 кг/ч показывает, что при $\Theta_{впр}$ = 23° удельный эффективный расход МТЭ минимален g_e = 316 г/(кВт · ч), и значения удельного эффективного расхода дизельного топлива в составе МТЭ также имеют минимальные значения (213 г/(кВт · ч)). Исследуя характеристики дизеля, работающего на ЭТЭ, при постоянной величине часового расхода ЭТЭ 16,3 кг/ч, необходимо отметить, что при $\Theta_{впр}$ = 23° также достигают своих минимальных значений удельный эффективный расход ЭТЭ (g_e = 297 г/(кВт · ч)) и удельный эффективный расход дизельного топлива в составе ЭТЭ (200 г/(кВт · ч)). Это объясняется меньшими значениями у СТЭ теплоты сгорания по сравнению с дизельным топливом, что приводит к повышению значений часового и удельного расходов топлива.

Таким образом, руководствуясь минимальным значением удельного расхода топлива g_e, при работе дизеля на СТЭ оптимальный установочный угол опережения впрыскивания топлива по условию наилучшей экономичности составляет 23° до верхней мертвой точки, в отличие от 26° дизельного процесса. На номинальном режиме (n = 2200 мин$^{-1}$, p_e = 0,64 МПа) работы и оптимальном $\Theta_{впр}$ = 23 применение СТЭ приводит к значениям мощностных и экономических показателей работы дизеля, указанным в табл. 1.

Зависимости мощностных и экономических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 от нагрузки при номинальном скоростном режиме представлены на рис. 4. Анализируя эффективные параметры работы дизеля на СТЭ следует отметить, что происходит сохранение мощностных показателей и соответствие их значениям дизельного процесса, при этом увеличиваются часовой расход топлива $G_т$ и удельный эффективный расход топлива g_e. Так, например, при переходе с дизельного процесса на МТЭ при минимальной нагрузке (p_e = 0,13 МПа) $G_т$ повышается в 2,0 раза, а при нагрузке, равной 0,70 МПа, — на 21,2 %. Величина часового расхода дизельного топлива в составе СТЭ $G_{ДТприв}$ при малых нагрузках растёт по отношению к дизельному процессу, а при средних и максимальных снижается. Величина же удельного эффективного расхода топлива в составе СТЭ $g_{eДТприв}$ ниже дизельного процесса во всём диапазоне исследования нагрузки. Применение СТЭ приводит к снижению часового расхода воздуха $G_в$, коэффициента избытка воздуха α, эффективного коэффициента полезного действия η_e и температуры отработавших газов t_r.

На рис. 5 представлены зависимости экологических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 от установочного угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{впр}$ при номинальном скоростном режиме. Изучая их, следует отметить, что некоторые величины содержания токсичных компонентов в отработавших газах при работе на СТЭ изменены по отношению к кривым дизельного процесса. Анализ результатов исследований показал, что отличающийся от дизельного процесса характер протекания кривых имеют только токсичные компоненты, относящиеся к продуктам в результате неполноты сгорания топлива. Скорее всего, это характеризуется тем, что у применяемых спиртов меньшие по отношению к дизельному топливу теплотворная способность и значения цетановых чисел, что приводит к увеличению периода задержки воспламенения и росту продуктов неполного сгорания топлива: CH_x, CO и сажи (C). Применение же СТЭ снижает содержание в отработавших газах оксидов азота, монооксида и диоксида углерода, сажи.

Таблица 1

Топливо	Показатели				
	N_e, кВт	g_e, г/(кВт · ч)	$g_{e\ дт\ прив}$, г/(кВт · ч)	$G_т$, кг/ч	$G_{ДТ\ прив}$, кг/ч
Дизельное	55,2	243	—	13,4	—
МТЭ	55,4 (+0,4 %)	316 (+30,0 %)	213 (−12,3 %)	17,5 (+30,6 %)	11,8 (−11,9 %)
ЭТЭ	55,0 (−0,4 %)	297 (+22,2 %)	200 (−17,7 %)	16,3 (+21,6 %)	11,0 (−17,9 %)

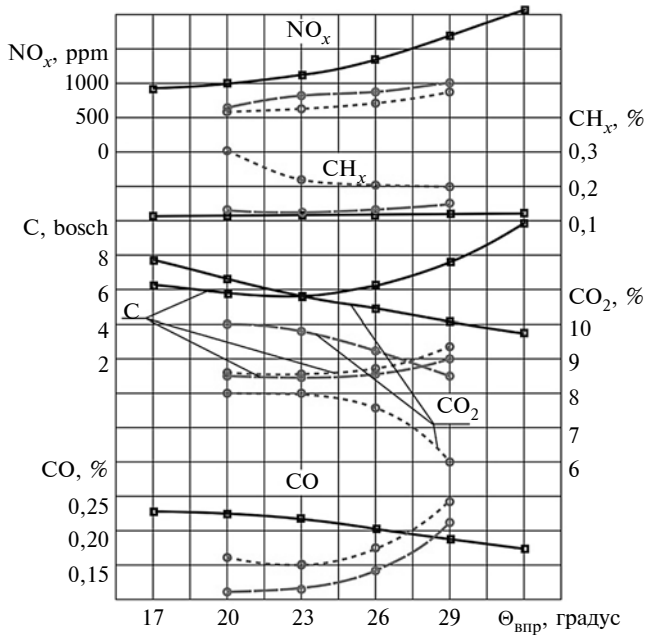


Рис. 5. Изменение экологических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения $\Theta_{впр}$ при n = 2200 мин$^{-1}$:

——— — ДП; ----- — ЭТЭ; – – – — МТЭ

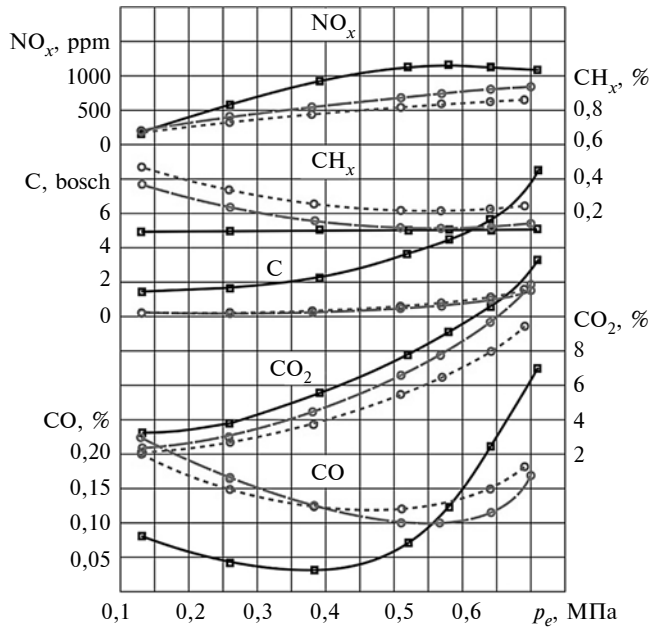


Рис. 6. Изменение экологических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при n = 2200 мин$^{-1}$:

——— — ДП; ----- — ЭТЭ; – – – — МТЭ

Таблица 2

Топливо	Показатели			
	NO_x, ppm	С, ед. по шкале "Бош"	CO_2, %	CO, %
Дизельное	1320	6,2	10,5	0,20
МТЭ	775 (−41,3 %)	0,9 (снижение в 6,9 раза)	9,8 (−6,7 %)	0,11 (−45,0 %)
ЭТЭ	657 (−50,2 %)	1,2 (снижение в 5,2 раза)	8,0 (−23,8 %)	0,15 (−25,0 %)

Зависимости экологических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 от нагрузки при номинальном скоростном режиме представлены на рис. 6. Анализируя графики токсичности и дымности отработавших газов дизеля при работе на СТЭ, видим, что происходит снижение содержания во всём диапазоне исследования нагрузки оксидов азота NO_x, сажи, диоксида углерода и монооксида углерода при максимальных значениях p_e, при этом отмечен рост суммарных углеводородов. Результаты исследований показателей токсичности и дымности отработавших газов дизеля представлены в табл. 2.

Таким образом, на основании полученных результатов исследования предложено поддерживать следующие соотношения СТЭ: спирт (метанол или этанол) — 25 %, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С-5А — 0,5 %, вода — 7 %, дизельное топливо — 67,5 %. При работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на СТЭ указанного состава предложено значение оптимального установочного угла опережения впрыскивания топлива, равное 23°. Это же значение рекомендовано и для дизельного процесса. При этом установлена возможность сохранения мощностных показателей на уровне серийного дизеля. Так, при частоте вращения n = 2200 мин$^{-1}$ и $\Theta_{впр}$ = 23°: для дизельного процесса — N_e = 55,2 кВт; МТЭ — N_e = 55,4 кВт (+0,4 %); ЭТЭ — N_e = 55,0 кВт (−0,4 %).

В перспективе применение СТЭ позволит снизить содержание в отработавших газах при работе на МТЭ содержание оксидов азота на 41,3 %, сажи в 6,9 раза, диоксида углерода на 6,7 %, оксида углерода на 45,0 %; при работе на ЭТЭ — оксидов азота на 50,2 %, сажи в 5,2 раза, диоксида углерода на 23,8 %, оксида углерода на 25,0 %.

Литература

1. Effectsof Waste Frying Oil Based Methyl and Ethyl Ester Biodiesel Fuels on the Performance, Combustion and Emission Characteristics of a di Diesel Engine / H. Sanli, M. Canakci, E. Alptekin [et al.] // Fuel. — 2015. — V. 159. — P. 179—187.
2. Rajesh Kumar B. Use of Higher Alcohol Biofuels in Diesel Engines: a Review / B. Rajesh Kumar, S. Saravanan // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2016. — V. 60. P. 84—115.
3. Physical and Chemical Properties of Ethanol-Biodiesel Blends for Diesel Engines / E. Torres-Jimenez, M. Svoljsak-Jerman, A. Gregorc [et al.] // Energy and Fuels. — 2010. — V. 24. — № 3. — P. 2002—2009.
4. Lif A., Holmberg K. Water-in-diesel emulsions and related systems // Advances in Colloid and Interface Science. — 2006. — V. 123. — № 126. — P. 231—239.
5. Physical and Chemical Properties of Ethanol-Diesel Fuel Blends / E. Torres-Jimenez, M.S. Jerman, A. Gregorc [et al.] // Fuel. — 2011. — V. 90. — № 2. — P. 795—802.

УДК 629.113-233.2-55

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМИРУЕМЫХ РАСПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛАХ РЕДУКТОРОВ И ИХ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Канд. техн. наук **БУЛАВИН И.А., САМОЙЛОВА А.С.**
Московский Политехнический Университет (МАМИ)
(tiger.56@mail.ru)

Приведены результаты исследования взаимосвязи параметров деформируемой втулки и параметров компенсации. Получены эмпирические зависимости толщины, длины деформируемой части и твёрдости для расчёта координат точки перегиба на упругопластические характеристики деформируемой втулки. Для деформируемой втулки взаимосвязь "поля компенсации" и "критической силы" определена в зависимости от физико-механических свойств и геометрических параметров деформированного участка.

Ключевые слова: *регулировка преднатяга, подшипники, дуплексация подшипников, распорные элементы, втулки, эмпирические зависимости, деформация, толщина и длина деформированного участка, твёрдость.*

Bulavin I.A., Samoylova A.S.

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PARAMETERS OF DEFORMED SPACER ELEMENTS IN THE BEARING ASSEMBLIES OF REDUCERS AND THEIR ELASTIC-PLASTIC CHARACTERISTICS

The paper presents the results of an investigation of the relationship between the parameters of a deformable bushing and compensation parameters. The obtained empirical dependencies of thickness, length of the deformed part and hardness for calculating the coordinates of the inflection point on the elastoplastic characteristics of the deformable sleeve. For a deformable bushing, the relationship of "compensation field" and "critical force" is determined depending on the physico-mechanical properties and geometric parameters of the deformed section.

Keywords: *preload adjustment, bearings, bearing duplexing, spacers, bushings, empirical dependencies, deformation, thickness and length of the deformed section, hardness.*

Подшипники качения в различных агрегатах, как известно, устанавливаются с зазором, без зазора либо с предварительным натягом, в зависимости от конструктивных особенностей, условий эксплуатации и требований монтажа данного типа подшипников.

Преднатяг — осевое сжатие подшипников в процессе сборки редукторов — предназначен для повышения осевой и радиальной жёсткости роликоподшипников и стабильности параметров зацепления (пятна контакта, бокового зазора и уровня шума в процессе эксплуатации). Предварительное осевое сжатие подшипников при сборке редуктора регламентируется моментом трения дуплекса подшипников. Однако в процессе сборки редуктора осевая сила сжатия подшипников и деформация распорного элемента обеспечиваются затяжкой резьбового соединения с определённым моментом. В результате сжатия происходит силовое замыкание подшипников, втулки и корпуса. Регулирование преднатяга подшипников задаётся в технических условиях по моменту трения в пределах 0,08...0,16 кг·м. Этим пределам соответствует сила осевого сжатия в пределах 80...160 кг.

Применение деформируемой распорной втулки — компенсатора с динамико-силовым замыканием подшипникового узла от резьбового механизма существенно упрощает операцию регулирования преднатяга и обеспечивает возможность автоматизации процесса. Деформируемые втулки, используемые в редукторах некоторых грузовых и легковых автомобилей, показаны на рис. 1, а конструктивная схема редуктора легкового автомобиля с такой втулкой между подшипниками ведущей шестерни — на рис. 2.

Рассмотрим размерный анализ (расчёт сборочной размерной цепи) подшипникового узла с деформируемой втулкой с учётом динамико-силовых и деформационных факторов по методу "мах"—"мин" (рис. 3). Цепь до силового замыкания имеет вид: Б1 + Б2 + + Б3 + $S_{тех}$ = Б4 + Б5 + Б6. В размерной цепи после силового замыкания с преднатягом в подшипниках зазор $S_{тех} = 0$, а в подшипниках возникает деформация (преднатяг) — δ_o^{Σ}: (Б1 + Б2 + Б3) − δ_o^{Σ} = Б4 + Б5 + Б6*, где Б6* — размер втулки после деформации. Если из первого уравнения вычесть второе, то получим величину деформации втулки Б6 − Б6* = $S_{тех} + \delta_o^{\Sigma}$.

Таким образом, величина действительной деформации втулки зависит от соотношения всех размеров в размерной цепи и величины преднатяга. А как показали исследования деформационных характеристик, осевая сила и осевая деформация зависят от параметров самой втулки: осевая сила резко возрастает с увеличением твёрдости втулки, толщины и длины деформируемого участка.

В данной работе представлены результаты экспериментальных и аналитических исследований, направленных на определение взаимосвязи силы и деформации в деформируемых распорных втулках в зависимости от параметров деформируемого участка и их твёрдости. Для эксперимента были выбраны распорные втулки легкового автомобиля (рис. 4). Проведена их аттестация по указанным параметрам: a — толщина деформируемой части, b — длина деформируемой части, l — монтажная высота втулки и HRA — твёрдость по Роквеллу. Указанные параметры распорных дистанционных деформируемых втулок при сжатии вли-

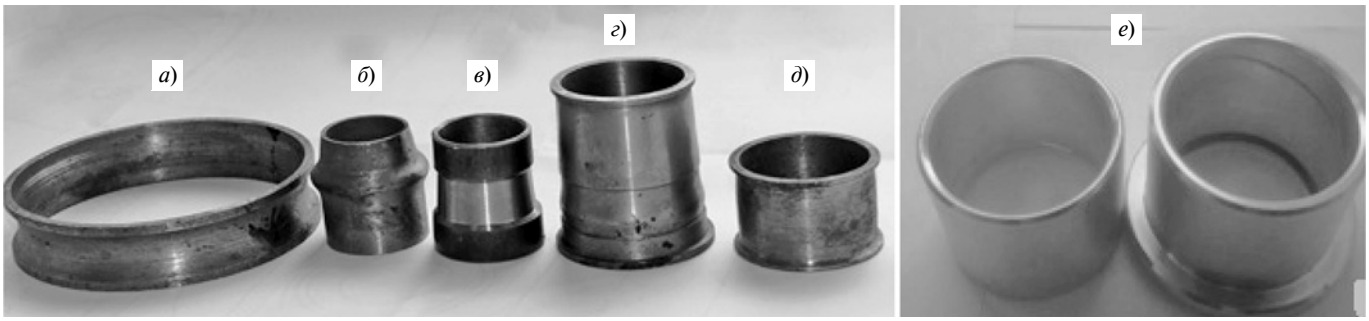


Рис. 1. Деформируемые распорные втулки в редукторах:
а — автомобиля КамАЗ; *б* — автомобиля "ГАЗель"; *в* — автомобиля ВАЗ; *г* — автомобиля ЗИЛ-117; *д* — мини-трактора Т-20; *е* — автомобиля "Пежо"

яют на известную из технической литературы характеристику — "сила—деформация", которая показана на рис. 5. Эта характеристика, так же как и при растяжении, имеет линейный участок, упругопластический участок, точку перегиба и участок разрушения.

Для исследования взаимосвязи параметров деформируемых распорных элементов в подшипниковых узлах и их упругопластической характеристики была выбрана следующая математическая модель в виде двух уравнений для определения координат точки перегиба. Степень влияния параметров втулки на величину поля компенсации V_k до точки перегиба предлагается представить в виде следующей эмпирической зависимости:

$$V_k = C_1 \cdot a^{x_1} \cdot b^{y_1} \cdot (HRA)^{z_1} \text{ [мм]},$$

где C_1 — постоянный эмпирический коэффициент, x_1 — показатель степени, определяющий влияние толщины деформируемой части, y_1 — показатель степени, определяющий влияние длины деформируемой части, z_1 — показатель степени, определяющий влияние твёрдости деформированной втулки.

Степень влияния параметров втулки на величину критической силы при деформации втулки для точки перегиба предлагается представить в виде аналогичной по структуре следующей эмпирической зависимости:

$$P_k = C_2 \cdot a^{x_2} \cdot b^{y_2} \cdot (HRA)^{z_2} \text{ [×10 Н]}.$$

Здесь: C_2 — постоянный эмпирический коэффициент, x_2 — показатель степени, определяющий влияние толщины деформируемой части, y_2 — показатель степени, определяющий влияние длины деформируемой час-

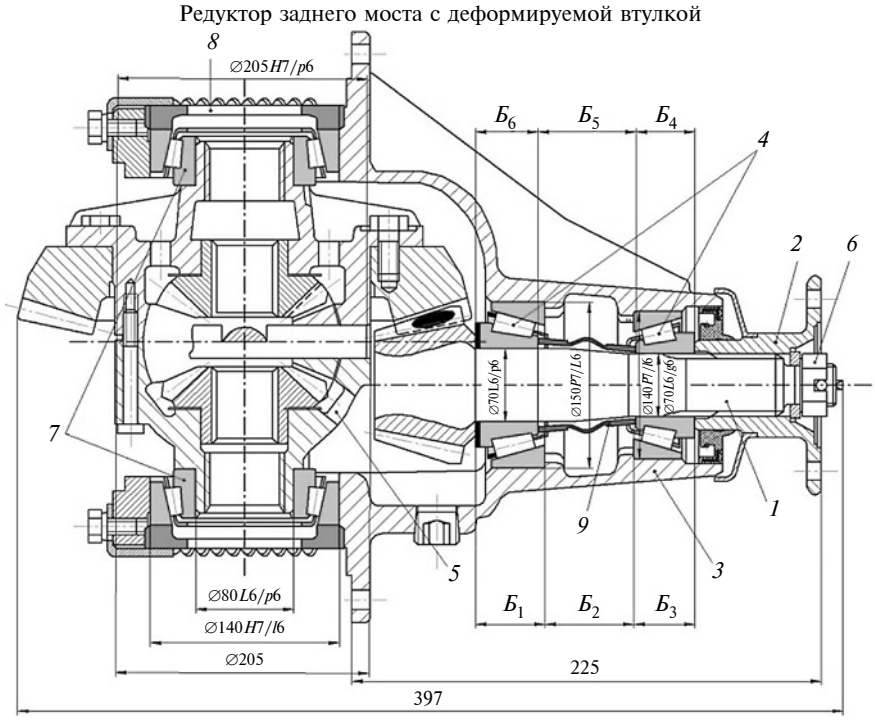


Рис. 2. Редуктор ведущего моста легкового автомобиля с деформируемой распорной втулкой:
1 — ведущая шестерня; *2* — карданный фланец; *3* — кратер редуктора; *4* — подшипники ведущей шестерни; *5* — чашка дифференциала; *6* — гайка хвостовика; *7* — подшипники дифференциала; *8* — резьбовое регулировочное кольцо подшипников дифференциала; *9* — деформируемая распорная втулка подшипников ведущей шестерни

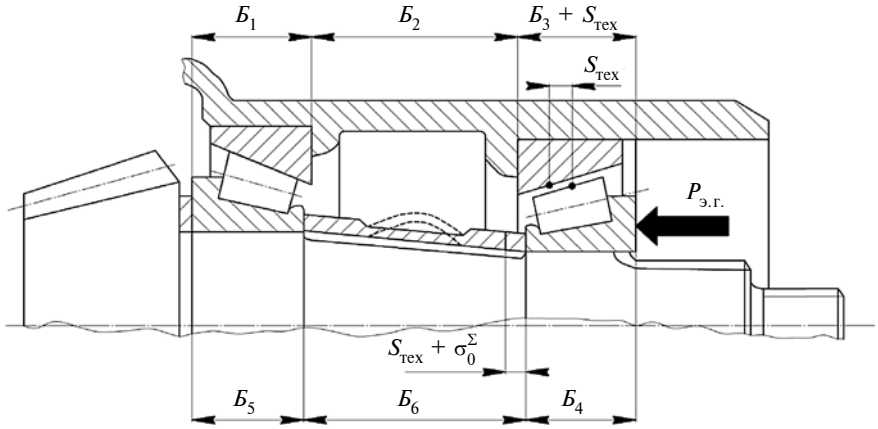


Рис. 3. Размерный анализ подшипникового узла с деформируемой распорной втулкой:
$Б_1$, $Б_3$ — монтажная высота подшипников; $Б_2$ — размер в картере; $Б_4$, $Б_5$ — высота внутренних колец подшипников; $Б_6$ — размер между внутренними кольцами дуплексов подшипников (размер втулки до деформации); $S_{тех}$ — технологический зазор до деформации; δ_o^{Σ} — линейная величина преднатяга подшипников; $P_{зг}$ — сила осевого сжатия, создаваемая гайкой

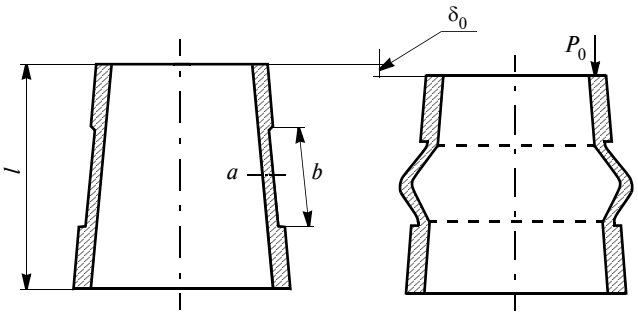


Рис. 4. Распорная втулка, устанавливаемая в подшипниковом узле редуктора легкового автомобиля, до и после нагружения

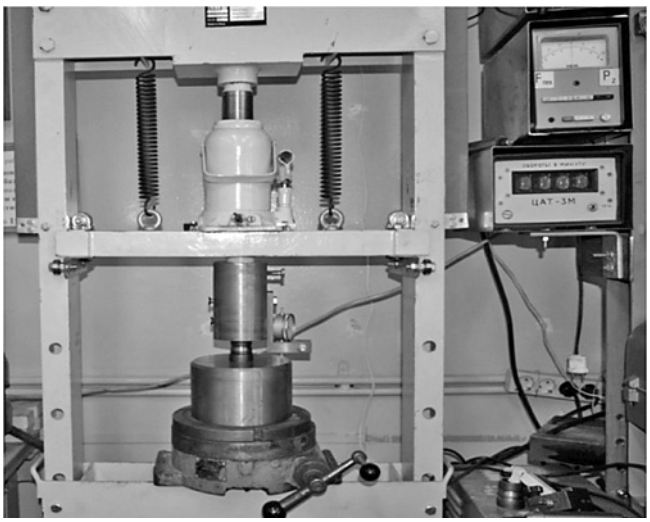


Рис. 5. Кривая "сила—деформация" для распорной втулки при сжатии

ти, z_2 — показатель степени, определяющий влияние твёрдости деформированной втулки, P_k — критическая сила при деформации дистанционной распорной втулки.

Исследования проводились на партии втулок в количестве 50 шт. на специальном гидравлическом прессе (рис. 6). Деформацию измеряли с помощью индуктивной электронно-измерительной системы. Силу контролировали с помощью специального динамометрического устройства с индуктивным датчиком. Измерительная часть стенда для исследования взаимосвязи силы и деформации включала два измерительных элемента: индикатор часового типа и индуктивный датчик (рис. 7). Деформируемая втулка располагалась на специальном ложементе с центрирующим пальцем, который позволял совмещать ось втулки и ось пиноли гидравлического пресса. Индикатор и датчик настраивались на 0 при выборе всех зазоров по вертикальной оси.

При выполнении данной работы первоначально проводилась метрологическая экспертиза по параметрам в партии втулок: толщина деформируемой части — a; длина деформируемой части — b; твёрдость деформируемой втулки по шкале HRA. После аттестации по таким параметрам втулки подвергались нагружению и было получено семейство кривых, показанное на рис. 8. Из графиков видно, следует что сила может быть от 4,5 т (45 Кн) до 9,2 т (92 Кн), а диапазон деформаций, при которых начинается разрушение втулки и она не выполняет свою распорную функцию, находится в пределах от 0,3 до 1,5 мм.

Математический аппарат, который использовался для получения эмпирической зависимости (определители 3-го и 4-го порядка и логорифмирование).

Результаты экспериментальных исследований позволили получить эмпирические зависимости для расчёта линейной деформации до точки перегиба и расчёта критической силы, при которой втулка теряет устойчивость.

Исходная математическая модель:

$$V_k = C_1 \cdot a^{x_1} \cdot b^{y_1} \cdot (HRA)^{z_1};$$

$$P_k = C_2 \cdot a^{x_2} \cdot b^{y_2} \cdot (HRA)^{z_2}.$$

Полученная эмпирическая модель:

$$V_k = 0{,}23 \cdot a^{0{,}4} \cdot b^{-0{,}3} \cdot (HRA)^{0{,}6};$$

$$P_k = 1523{,}73 \cdot a^{0{,}43} \cdot b^{-0{,}33} \cdot (HRA)^{0{,}62}.$$

Результаты экспериментальных исследований — эмпирические зависимости для расчёта линейной деформации до точки перегиба и расчёта критической силы, при которой втулка теряет устойчивость. Анализ полученных эмпирических зависимостей показывает, что влияние толщины деформируемой части a с показателем степени 0,4 и 0,43 и твёрдости HRA с показателями степени 0,6 и 0,62 прямо пропорционально, а влияние длины деформируемой части с показателями −0,3 и −0,33 обратно пропорционально.

На заключительном этапе исследования была проведена проверка полученных эмпирических зависимостей на адекватность по критерию Фишшера: расхождение составило 32 % (рис. 9). Для подтверждения была выбрана втулка со следующими параметрами:

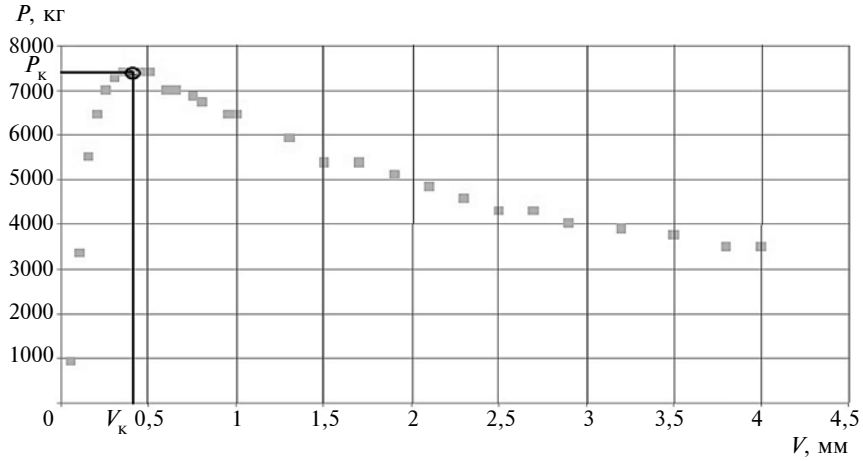


Рис. 6. Исследование деформации втулки на гидравлическом прессе

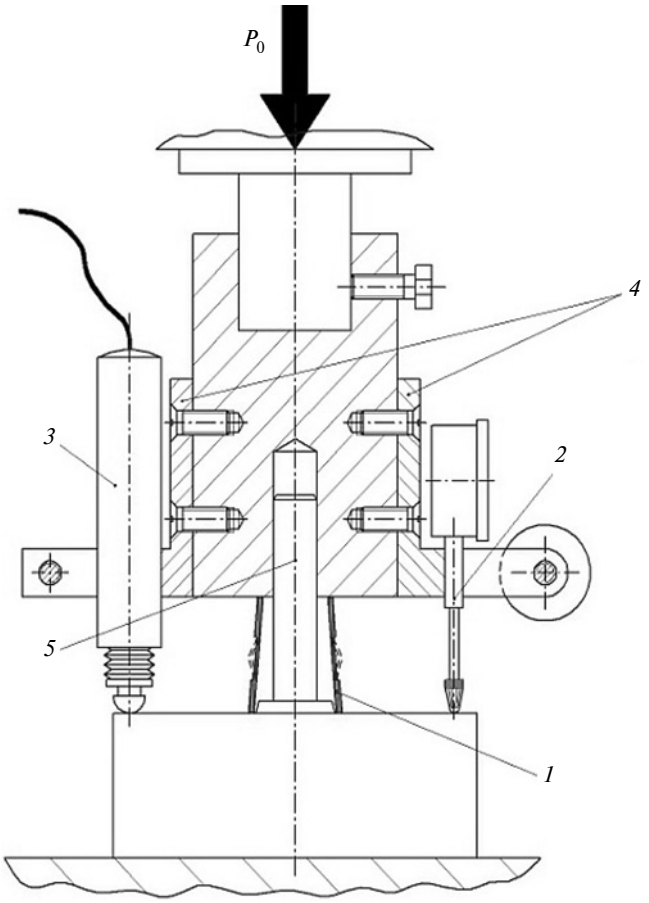


Рис. 7. Технологическая оснастка для исследования деформации распорных элементов под действием осевой силы:
1 — деформируемая втулка; *2* — индикатор; *3* — индуктивный датчик; *4* — кронштейн; *5* — направляющий палец

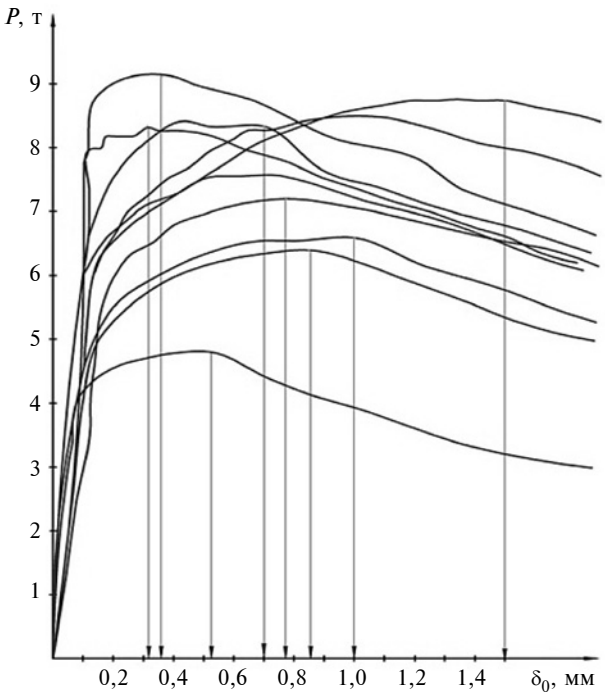


Рис. 8. Результаты исследования партии деформируемых втулок

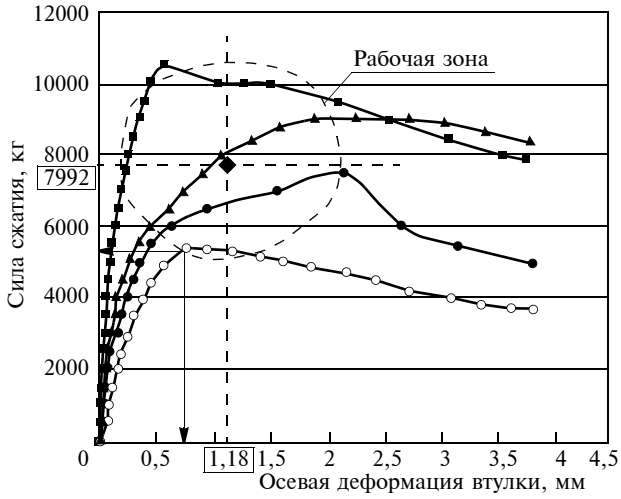


Рис. 9. Результаты проверки и сравнения эмпирических и экспериментальных зависимостей силы и деформации при сжатии деформируемых втулок

толщина деформируемой части a = 1,5 мм, длина деформируемой части b = 17 мм и твёрдость втулки, измеренная на механическом твёрдомере, по шкале HRA = 48 единиц.

Расчёт координаты по оси "деформации" (мм)

$$V_k = C_1 \cdot a^{x_1} \cdot b^{y_1} \cdot (HRA)^{z_1} =$$
$$= 0{,}23 \cdot 1{,}5^{0{,}4} \cdot 17^{-0{,}3} \cdot 48^{0{,}6} = 1{,}18.$$

Расчёт координаты по оси "сила осевого сжатия" (кг)

$$P_k = C_2 \cdot a^{x_2} \cdot b^{y_2} \cdot (HRA)^{z_2} =$$
$$= 1523{,}73 \cdot 1{,}5^{0{,}43} \cdot 17^{-0{,}33} \cdot 48^{0{,}62} = 7992.$$

Координаты полученной точки показаны на графике, на котором выбраны четыре упругопластических характеристики с предельными значениями координат критической точки, показывающие некую область, в которой координаты, полученные расчётным путём, определяют некоторый геометрический центр рабочей зоны. Дальнейшие исследования будут продолжены на втулках с другими конструктивными характеристиками, чтобы окончательно подтвердить правильность и адекватность полученных эмпирических зависимостей.

Литература

1. Шандров Б.В., Булавин И.А., Самойлова А.С. Адаптивное управление процессом регулирования преднатяга подшипников Научно-технический журнал "Автомобильная промышленность" выпуск № 5, 2018. С. 32—37.
2. Шандров Б.В., Булавин И.А., Самойлова А.С. Факторы, определяющие качество редукторов ведущих мостов транспортных средств. Научно-технический журнал "Автомобильная промышленность" № 7, 2017. С. 36—39.
3. Булавин И.А., Груздев А.Ю., Будыкин А.В., Влияние силовых и деформационных факторов при сборке подшипниковых узлов редукторов автомобилей на точность регулирования преднатяга подшипников. Машиностроитель. 2009. № 7.
4. Булавин И.А., Груздев А.Ю., Будыкин А.В. Влияние сил и деформаций звеньев при сборке подшипниковых узлов редукторов автомобилей на точность регулировки преднатяга подшипников. Научно-технический журнал "Техника машиностроения" № 2, 2009. С. 32—36.

ИНФОРМАЦИЯ

АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ КИТАЯ: НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ*

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

Стремительное экономическое развитие Китая в течение трёх последних десятилетий привело к многократному увеличению потребления энергетических ресурсов и, в первую очередь, нефти. Значительный рост доходов населения страны стимулировал резкий рост объёмов производства и продаж автомобилей, особенно в крупных городах. Причём сегодня руководство КНР признаёт, что эра автомобилей с двигателем внутреннего сгорания подходит к концу. Эти факторы обусловили не только сильную зависимость страны от импорта нефтепродуктов, но и обострили экологическую ситуацию в мегаполисах. Осознавая глобальные вызовы, правительство страны разработало программу развития автомобилестроения на основе энергосбережения и новой энергетики, направленную на создание инновационного транспортного парка и соответствующей инфраструктуры нового поколения.

Ключевые слова: *Китай, энергетическая безопасность, загрязнение окружающей среды, энергосбережение, новая энергетика, альтернативная энергетика, гибридные автомобили, электромобили, совершенствование технологий, налоговые льготы, транспортная инфраструктура, дотация.*

Sazonov S.L., Chen Xiao
CHINESE AUTOMOTIVE INDUSTRY: NEW ENERGY SOURCES

Chinese rapid economic development during the previous 30 years led to the iterative increase of energy resources' consumption, crude oil in the first hand. Considerable growth of population's income stimulated sharp increase both of production' and sales' volume, particularly in the Chinese big cities. These factors stipulated not only for the strong dependence on oil import, but also sharpened the ecological situation in the Chinese megapolicies. Furthermore today the leaders of Chinese government recognize that the era of cars with internal combustion engine comes to an end. Realizing global negative global consequences the government elaborated the programme of automobile industry development, based on power economy and new power engineering aimed at the creation of innovative motor vehicles' fleet and transport infrastructure of a new generation.

Keywords: *China, energy safety, environmental pollution, power economy, new energy, alternative energy, hybrid motor car, electric vehicle, technology perfection, tax remission, transport infrastructure, subsidy.*

По мере развития технологий производства инновационных аккумуляторных батарей, в последние годы дальность поездки китайских автомобилей на одной зарядке постепенно увеличивается. В 2017 г. на автомобильном салоне в Женеве был показан электромобиль компании БИД, способный при скорости 85 км/ч преодолеть 250 км, а также электромобиль EU220 компании БАИК с запасом хода 300 км при скорости более 100 км/час. В 2017 г. на автомобильном салоне в Гуанчжоу китайский автопроизводитель "Чери" представила электромобиль "Тигго 3Х" (в продаже — с 2018 г.). Этот кроссовер на электрическом приводе способен при полной зарядке проехать более 350 км, а при отличном дорожном покрытии он может преодолеть и около 450 км.

Особенно бурный рост объёмов производства и продаж автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, начался в 2015 г., когда объём производства электрических и гибридных автомобилей по сравнению с предыдущим годом вырос не в процентном соотношении, а почти в 4,5 раза. В следующем, 2016 г. по такому показателю, как объём производства и продаж АИЭ, на долю Китая стало приходиться около 50 % объёма мирового производства "экологически чистых автомобилей", КНР опередила США и Европу и стала мировым лидером в этой области. В 2016 г. в Китае на долю продаж автомобилей, использующих альтернативные виды энергии, пришлось около 2 % от всего объёма продаж легковых автомобилей (причём на долю электромобилей пришлось 80 % всего объёма продаж "зелёных автомобилей" в КНР), а в странах Евросоюза — 1,2 %, в США — 1,4 %. В 2016 г. около 75 % объёма продаж АИЭ были совершены в крупных китайских мегаполисах, где действовала система ограничений на приобретение автомобилей с ДВС. Общее потребление электроэнергии в Китае автомобилями, использующими альтернативные источники энергии, в 2016 г. превысило 1,4 млрд кВт/ч, что обеспечило экономию более 420 тыс. т бензина и дизельного топлива. Уже в августе 2017 г. общий парк АИЭ в КНР перешагнул рубеж в 1 млн единиц (1,01 млн автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, из которых 625 тыс. шт. были электромобилями, а 193 тыс. единиц — гибридными). По заявлению министра промышленности и информатизации КНР Мяо Вэя, сделанному во время проведения форума "Чайна EV100-2018" (Пекин, январь, 2018 г.), в Китае в 2017 г. было произведено 794 тыс. АИЭ, что составило 2,7 % от всего объёма производства автомобилей в стране. Объём продаж равнялся 777 тыс. автомобилей (рост на 53,3 % по сравнению с 2016 г.), и Китай третий год подряд занимает первое место в мире по такому показателю, как объём производства АИЭ. Председатель Китайской ассоциации автопроизводителей Дун Ян полагает, что в 2018 г. рост объёмов производства АИЭ составит около 40 %, объём производства приблизится к отметке в 1 млн ед., а в 2020 г. ожидается, что объём реализации этих автомобилей превысит 2 млн ед.

В Китае крупные автомобилестроительные корпорации на основе государственно-частного партнёрства расширяют масштабы НИОКР в области создания нового поколения АИЭ, а

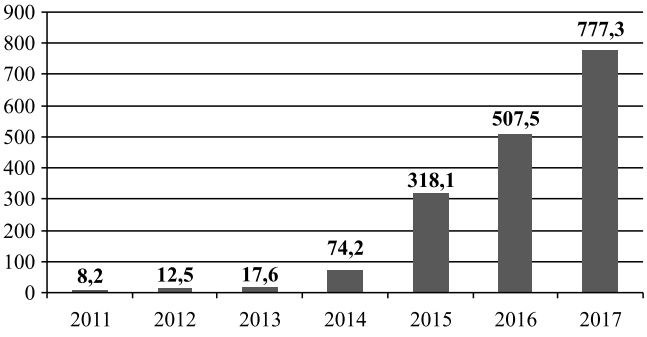


Рис. 2. Рост объёмов продаж электрических и гибридных автомобилей в Китае в период 2011—2017 гг. (100 тыс. ед.)

* Окончание. Начало — см. АП, 2019, № 3.

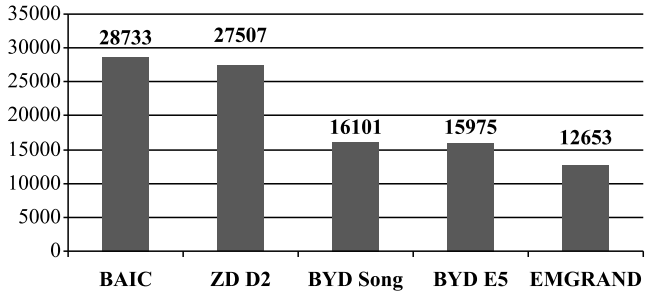


Рис. 3. Пятёрка наиболее продаваемых в КНР моделей электрических и гибридных автомобилей, в период январь — август 2017 г. (ед.)

также активизируют привлечение прямых иностранных инвестиций (ПИИ) и создание совместных предприятий с передовыми западными компаниями, являющимися лидерами в сфере развития технологий для производства автомобилей на новых источниках энергии. 2 декабря 2017 г. три крупных китайских автопроизводителя — корпорации ФАВ, "Донфенг" и "Чанган" в г. Ухань (административный центр пров. Хубэй) в целях внедрения на мировой рынок новых автотранспортных средств заключили соглашение о стратегическом сотрудничестве в области разработки инновационных автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, и создании производственно-сбытовых цепочек высокотехнологичной продукции и переходу к новым моделям бизнеса в этой области в части расширения международной сети послепродажного обслуживания. В соответствии с заключённым соглашением, корпорации совместно создадут инновационный центр по развитию перспективных технологий в области новых источников энергии. Позднее, в январе 2018 г. 21 компания, занимающаяся производством автомобилей (среди которых такие гиганты, как "ФАВ-груп", БАИК, "Донфенг", "Чонкинг Чанган", "Гуанджоу групп", "Джили") совместно с крупнейшими операторами мобильной связи ("Чайна Мобайл", "Чайна Юником") и лидером мирового каршеринга корпорацией "Диди Чуксинг" договорились о создании совместного предприятия с капиталом в 1 млрд юаней (152 млн долл.) для разработки встраиваемых систем искусственного интеллекта в линейке вновь создаваемых электромобилей. 5 июля 2017 г. китайская автомобилестроительная компания "Беиджинг" (группа БАИК) подписала соглашение с немецким концерном "Даймлер" о создании совместного предприятия под маркой "Беиджинг Бенц Аутомотив Компани". Обе стороны намерены инвестировать 5 млрд юаней (735 млн долл.) в создание в 2020 г. в Пекине производственной площадки по сборке электромобилей и выпуску аккумуляторных батарей, разработанных по технологиям немецкой концепции "Индустрия 4,0", когда производственные мощности СП, используя преимущества Интернета и обработку большого массива данных, будут самостоятельно находить пути повышения технических характеристик, снижения затрат при производстве "умных" АИЭ, а также при необходимости адаптироваться под новые потребности и запросы китайских потребителей. В начале 2018 г. американский автомобильный концерн "Форд" объявил о создании СП с китайской компанией "Анху Зоти Аутомобайл" в целях производства и продаж в Китае в 2025 г. 15 новых моделей АИЭ, а американская компания "Тесла" намерена к 2020 г. построить в Шанхае завод по производству автомобилей на новых источниках энергии, который в 2025 г. будет производить более 20 различных типов электромобилей в Китае. Немецкая корпорация "Мерседес-Бенц" совместно с китайской компанией ВАИК намерена в 2020 г. начать в Китае массовое производство электромобилей EQ, полагая, что китайский рынок АИЭ является самым перспективным для "Мерседес-Бенц" в сегменте производства "зелёных автомобилей".

Сегодня китайские компании уже накопили определённый опыт в производстве АИЭ и выходят на мировые рынки производства этих транспортных средств. Один из китайских лидеров в этой области — китайская компания БИД намерена запустить в американском городе Ланкастер (штат Северная Калифорния) производство электробусов. Для этого она расширяет производственную базу в Ланкастере до 138 тыс. кв. м и намерена в ближайшие годы ежегодно производить до 1,5 тыс. автобусов на электрической тяге и необходимые для них металлофосфатные аккумуляторные батареи (обеспечивающие на одной зарядке пробег электробуса до 300 км), заняв 30 % рынка продаж этого вида автомобилей в Северной Америке. Компания БИД в 2017 г. также экспортировала партию в 50 электробусов в Аргентину и построила в городе Комаром (Венгрия) и Ванкувере (Канада) заводы по производству электробусов, который будут ежегодно выпускать до 400 и 700 автобусов на электрической тяге соответственно. Сегодня автобусы на электрической тяге производства компании БИД используются в более чем 200 городах 50 стран мира.

С тех пор, как в 1886 г. был произведён первый в мире автомобиль, автомобильная промышленность ещё никогда не сталкивалась с такими грандиозными изменениями, как сегодня, — появляются "умные, обладающие контактом с сетью Интернета и владеющие навыком беспилотного вождения" автомобили нового поколения. 15 января 2018 г. Государственный комитет по делам развития и реформ опубликовал проект "Стратегии инновационного развития производства интеллектуальных транспортных средств", в которой ставится задача развития технологий искусственного интеллекта и больших данных для повышения конкурентоспособности на мировом рынке китайских автомобилей на новых источниках энергии. Сегодня в Китае практически все крупные автопроизводители стремятся не упустить шанс занять заметное место не только на будущем рынке продаж высокотехнологичных АИЭ с высокой добавленной стоимостью, но и на не менее перспективном мировом рынке технологий полу- и автоматического вождения автомобиля, а также инновационного программного обеспечения с интегрированной возможностью автономного вождения без участия водителя. Сегодня в Китае уже практически разработаны автомобили, оснащённые автопилотом, работающим в полуавтоматическом режиме (в КНР для полуавтоматического режима по степени автономности управления введены три уровня или классификатора системы

Страны, имеющие планы объёмов производства электромобилей	Парк электромобилей в 2015 г., тыс. ед.	Планируемый парк электромобилей к 2020 г., млн ед.	Доля электромобилей в общем объёме продаж автомобилей в период 2016—2020 гг., %
Китай	312,3	4,6	6
Австрия	5,3	0,2	13
Дания	8,1	0,2	23
Франция	54,3	2,0	20
Германия	49,2	1,0	6
Индия	6,0	0,1	2
Ирландия	2,0	0,1	8
Япония	126,4	1,0	4
Нидерланды	87,5	0,3	10
Португалия	2,0	0,2	22
Республика Корея	4,3	0,2	4
Испания	6,0	0,2	3
Великобритания	49,7	1,6	14
США	101,0	1,2	6
Всего	814,1	12,9	7

вождения), а сами машины оборудуются разного рода датчиками и камерами видеофиксации и слежения, компьютерными модулями, которые анализируют складывающуюся на дороге обстановку и автоматически управляют автомобилем. Это относится к таким функциям, как обеспечение автономного режима беспилотного управления на небольших скоростях и возможность беспилотного перестроения даже при наличии слепых зон, способность распознавать возникающие перекрестки, разметку автотрассы, траекторию дороги, другие транспортные средства на пути, умение распознавать возникающих перед автомобилем пешеходов, привлечение внимания водителя и осуществление автоматического экстренного торможения в случае опасности, автоматическая парковка автомобиля и т.п. — иными словами, "всё автоматически — от ключа зажигания до умеренного автономного вождения". Автомобили, которым будут присваивать уровень 4 и уровень 5 (или классификатор), ещё находятся в стадии доработки и будут запущены в эксплуатацию в период 2022—2025 гг. Они будут отличаться полностью автономным вождением при любых скоростях, причём автономная система автомобиля будет способна в процессе эксплуатации к самообучению — компьютер системы будет собирать и обрабатывать данные о дорожной обстановке и отправлять их на центральный сервер автопроизводителя, который будет вырабатывать и посылать обратно обновлённые программы им алгоритмы действий для автономной системы вождения автомобиля. (Сегодня в Китае ведётся широкая работа по разработке подобных систем. Среди основных направлений можно отметить разработку лазерных сканеров для определения возникающих перед автомобилем объектов и определения местоположения соседних машин, радаров, камер с ультразвуковыми датчиками, необходимых для контроля за движением и для считывания возникающих дорожных знаков и указателей, которые будут монтироваться на лобовое стекло. В перспективе автомобили будут оборудоваться автономными дублирующими системами, например дублирующей автономной системой аварийного торможения в случае потери контроля управления водителем в экстремальных ситуациях.) В результате подобного обмена информацией система автономного (беспилотного) вождения будет постоянно улучшаться и совершенствоваться. Так, ведущие китайские автопроизводители ФАВ и "Хонгки" к 2025 г. намерены запустить в эксплуатацию 17 и 14 новых моделей электромобилей соответственно, которые смогут осуществлять пробег до 600 км без дозаправки. Модели, которые будут выпускаться в 2020 г. (примерно по 100 тыс. автомобилей у каждого из указанных производителей) будут оснащены системами беспилотного вождения третьего уровня, в 2025 г. (по 300 тыс. соответственно) системами автономного "умного" вождения четвёртого уровня и в 2035 г. (по 500 тыс. ед.) с системами автономного вождения пятого уровня. Китайская компания "Байду" в последние годы вышла в мировые лидеры в области разработки систем автоматического управления и в январе 2018 г. на Международной выставке достижений в сфере электронных систем в Лас-Вегасе объявила об обновлении своей платформы "Аполло 2.0", призванной в сотрудничестве с китайскими автопроизводителями ДжАК и ВАИК в 2020 г. наладить производство беспилотных автомобилей третьего уровня. Не отстаёт от них и компания САИК, которая также совместно с компанией "Интел" разрабатывает систему беспилотного вождения третьего уровня, основанную на технологии "Мобильный глаз" (*mobileye technology*). Ведущая компания Китая по производству средних и лёгких грузовиков "ФАВ Джифанг" (в 2017 г. объём продаж составил 291 тыс. ед., а план производства на 2018 г. 319,8 тыс. шт.) намерена в середине 2018 г. приступить к продажам тяжёлого грузовика "Джифанг-J7" с пятью функциями интеллектуального вождения, такими как распознавание светофоров и препятствий, обгон, следование за автомобилем, а также дистанционное управление.

В начале 2018 г. в Китае развернулось строительство научно-производственных центров по разработке инновационных технологии для беспилотных автомобилей, оборудованных системами искусственного интеллекта. В январе 2018 г. в г. Чунцин начал функционировать промышленно-технологический Центр цифровой экономики "Лянцзян", где уже разрабатываются 34 проекта с объёмом капиталовложений на общую сумму 18,3 млрд юаней, а инвесторами являются ведущие предприятия таких отраслей, как цифровая экономика и экономика больших данных, разработка технологий для производства АИЭ, интеллектуализация и Интернет. Согласно плану, в 2020 г. число зарегистрированных в данном центре предприятий должно превысить 3 тыс., а годовой объём производства достигнет 50 млрд юаней. В г. Ухань (пров. Хубэй), в котором находятся основные заводы корпорации "Донфенг", входящей в "большую четвёрку" ведущих китайских автопроизводителей, началось строительство Центра разработки технологий водородных аккумуляторных батарей (в них используются пластины из гидрида кальция), которые дешевле и более эффективны по сравнению со стандартными батареями, менее габаритны и более надёжны. Общий объём инвестиций в создание Центра оценивается в 11,5 млрд юаней (1,75 млрд долл.) и планируется, что в технологических разработках Центра примут участие около 100 производителей АИЭ. В период 2018—2020 гг. в Ухане будет построено 20 водородных заправочных станций для обеспечения заправки более 3 тыс. автомобилей, использующих этот специфический вид топлива. К 2025 г. Ухань превратится в мировой центр производства водородных аккумуляторных батарей, количество заправок увеличится до 100, а объём производства двух-трёх крупнейших китайских производителей водородных аккумуляторных батарей для АИЭ составит 100 млрд юаней (15,6 млрд долл.).

В конце 2017 г. мэрия Пекина обратилась в Министерство промышленности и информационных технологий КНР с просьбой об организации Центра инновационных технологии для АИЭ, включающего разработку электромобилей, гибридных автомобилей и искусственного интеллекта для беспилотных автомобилей и получило разрешение на его создание. Вслед за разрешением о создании Центра городские власти Пекина утвердили "Руководство по ускорению дорожных испытаний беспилотных автомобилей", согласно которому в столице будет создан специальный участок автомобильной магистрали для тестирования "умных автомобилей", а позднее результаты тестирования будут применяться в главных магистралях города и их ответвлениях, а также на перекрёстках, где установлены светофоры. В январе 2018 г. в районе Ичжуан на юго-востоке Пекина началось строительство автоматизированной автомобильной дороги для тестирования беспилотных автомобилей, одновременно выполняются работы по адаптации магистрали к новым условиям вождения с тем, чтобы автоматические самоуправляемые автомобили смогли легко идентифицировать дорожные сигналы, знаки и разметки на шоссе. Сегодня техника беспилотного вождения набирает популярность среди жителей столицы. В Китае сегодня активно разрабатываются и внедряются беспилотные системы и на других видах транспорта. В конце декабря 2017 г. на линии метрополитена Яньфан (протяжённость 14,4 км) начали эксплуатироваться отечественные полностью автоматизированные беспилотные поезда, которые развивают скорость до 80 км/ч, а автоматика отправляет составы, открывает и закрывает двери, но в составах, по-прежнему, находятся машинисты — на случай экстренной ситуации. В январе 2018 г. китайские компании "БИД и "Хуавей" в г. Иньчуань (административный центр Нинся-Хуэйского автономного района) представили отечественную беспилотную монорельсовую транспортную систему "Юньгуй" ("облачный рельс").

Однако в процессе тестирования, вне зависимости от того, способно ли пассажирское транспортное средство двигаться без участия водителя, присутствие опытного инструктора в салоне обязательно для ликвидации возможных непредвиденных обстоятельств. В тестируемых автомобилях компаний БИД, "Чери" и БАИК установлены технические устройства по контролю и управлению автомобилем, они оборудованы системами для визуализации окружающей среды с использовани-

ем метода двойной видеокамеры (система "Велодин Лидар"), радаром миллиметрового диапазона и соответствующим оборудованием для обработки поступающих данных. Маршруты движения имеют повороты и участки для разворотов, вся трасса оборудована светофорами, а автомобили во время тестирования развивают скорость до 60 км/ч. В настоящее время компании каршеринга "Диди", "Байду" и "ДжейДи" намерены подать заявки на участие своих автомобилей в тестировании, а в январе 2018 г. базирующаяся в Пекине корпорация БАИК заявила, что в 2019—2020 гг. намерена запустить в производство первую модель электромобиля, способного двигаться без участия водителя. 18 января 2018 г. в районе Дацзу г. Чунцин началось строительство первой в Китае крупной комплексной экспериментальной базы для испытания автомобилей, оборудованных системами искусственного интеллекта. Общая площадь экспериментальной базы, которая будет запущена в эксплуатацию через 1 год, составит 245 га, а общая протяжённость испытательной трассы превысит 50 км.

В декабре 2017 г. был сдан в тестовую эксплуатацию самый большой в мире автоматизированный контейнерный терминал — 4-я очередь шанхайского глубоководного порта "Яншань", который оснащён как полностью автоматизированным оборудованием, так и автоматизированной системой управления и способен обрабатывать до 15 млн контейнеров. Именно здесь в январе 2018 г. начались испытания полностью автоматизированного беспилотного грузовика-погрузчика для перевозки контейнеров по зонам проведения погрузочно-разгрузочных работ. Грузовик, разработанный "Шанхай Женхуа Хеви Индастри" и китайским стартапом "Вествелл Лаб" (Шанхай), чья длина составляет 18 м, оборудован шестью камерами слежения, радаром миллиметрового диапазона (который определяет местоположение объектов путём измерения отражения излучаемых радиоволн) и автоматическим навигатором, способен самостоятельно выбирать самый удобный маршрут перевозки контейнеров по портовой территории со скоростью 30 км/ч, умеет объезжать препятствия и способен избегать аварийных ситуаций благодаря встроенным системам экстренного торможения, т.е., по словам китайских инженеров, является транспортным средством со "100 %-й безопасностью". Грузовик работает 24 часа в сутки и способен увеличить эффективность работы порта на 50 %. К примеру, для порта средних размеров с ежегодным объёмом обработки контейнеров в 2 млн ед. для обеспечения погрузочно-разгрузочных работ требуется около 200 грузовиков-погрузчиков (с четырьмя водителями для каждого), а ежегодная зарплата каждого китайского водителя такого погрузчика составляет от 60 тыс. юаней (9,372 тыс. долл.) до 120 тыс. юаней. Министерство транспорта КНР намерено постепенно начать внедрение подобных грузовиков погрузчиков в ведущих китайских портах, таких как Чжухай (пров. Гуандун), Тяньцзинь, Циндао (пров. Шаньдун) и др.

Согласно утверждённому в апреле 2017 г. постановлению Государственного Совета КНР "О развитии инновационных автомобилей, оборудованных системой автоматического управления", базовая платформа для производства беспилотных автомобилей в Китае должна быть создана в 2020 г., а в 2025 г. 80 % производимых новых инновационных АИЭ "должны обладать функциями, обеспечивающими автономное вождение". В конце января 2018 г. Государственный комитет по делам развития и реформ Госсовета КНР объявил, что обнародует трёхлетний план действий по развитию таких технологий для автомобилей с искусственным интеллектом, как чипы и автоматические системы управления. Согласно международным оценкам, в 2030 г. парк 3-х ведущих мировых рынков беспилотных автомобилей КНР, США и стран Европейского Союза будет насчитывать 81 млн личных автомобилей, причём на Китай будет приходиться большая часть или около 40 % мирового парка беспилотных автомобилей или, согласно оценкам компании "ПрайсуотерхаусКуперс", около 36 млн единиц. Причём, судя по опросам, проведённым международной консалтинговой компанией "МакКинси", в крупнейших городах Китая около 60 % опрошенных китайских респондентов были уверены, что их семьи будут пользоваться беспилотными автомашинами, тогда как показатель опроса в США выявил лишь 43 % положительных ответа, в Германии — 31 %. Принятая Государственным советом КНР "Программа развития автомобилестроения на основе энергосбережения и новой энергетики (2011—2020)" призвана ориентировать автомобильную отрасль КНР к переходу на массовое производство принципиально нового вида автомобилей, стимулировать инновационный прорыв в смежных отраслях, создавая там новые рабочие места, а также постепенно ослаблять негативные последствия, вызванные загрязнением окружающей среды. Эта Программа 4 января 2018 г. была дополнена не менее амбициозным планом правительства КНР — Госсовет КНР объявил, что в 2020 г. не менее 50 % всего объёма продаж новых автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, должны приходиться на "умные автомобили", оснащённые технологиями частичного или полностью беспилотного вождения, а в 2025 г. этот показатель должен возрасти до 80 %.

В 2016 г. темпы роста объёма валового внутреннего продукта промышленности КНР составил 6 %, а в 2017 г. он возрос на 6,6 %. Согласно данным ГСУ КНР, этот прирост в значительной степени был обеспечен резким ростом высокотехнологичных и инновационных отраслей промышленности, в число которых входят производство автомобилей, использующих альтернативные источники энергии (рост объёмов ВВП на 51,1 %), производство средств промышленной робототехники (+68,1 %), оборудования для получения солнечной энергии (+38 %), производство интегральных схем (+18,2 %) [4].

Бурное развитие производства автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, не только генерирует значительный мультипликативный (экстернальный) эффект в сопряжённых отраслях промышленности, но и становится одним из важнейших драйверов инновационного развития китайской промышленности. Опираясь на накопленный технологический и интеллектуальный потенциал в рамках совершенствования систем искусственного интеллекта для нового поколения "умных автомобилей", передовые китайские производители АИЭ генерируют инновационные разработки, которые становятся инструментом технологического развития и других отраслей народного хозяйства КНР в рамках цифровой экономики. Рост объёмов производства и, как следствие, парка "экологически чистых и энергосберегающих автомобилей" решает и другие важнейшие социально-экономические задачи, требующие незамедлительного решения. Увеличение объёмов производства инновационных электромобилей и гибридных автомобилей позволит Китаю повысить долю возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе страны, резко сократить свою зависимость от импорта нефтепродуктов, обеспечить завоевание значительной доли мирового рынка продаж АИЭ с высокой добавленной стоимостью и решить одну из главнейших задач, поставленную руководством Китая, — резко сократить уровень антропогенного воздействия на окружающую среду и значительно улучшить экологическую обстановку в стране.

Литература

1. China's endeavor to build clean, beautiful country contributes to global ecological development. URL: http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/17/WS5a365d8ba3108bc8c67351df.html.
2. Wu Yiyao (China Daily). E-car segment revs up to push throttle full forward. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-10/09/content_33013486.htm.
3. Чжоу Чэнси. Синьнэнюань цичэ тупо фачжань (Чжоу Чэнси. Прорыв в развитии новых энергетических транспортных средств) (周谨新能源汽车突破发展) // Цичэ юньшу (ежемесячный журнал Министерства транспорта КНР "Автомобильный транспорт"). Пекин. 2018, № 3. С. 38—44.
4. New sectors accelerate China's industrial growth in 2017. URL: http://www.china.org.cn/ business/2018-01/18/content_50241745.htm.

Содержание

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кисуленко Б.В., Бочаров А.В., Пугачёв В.В. — Концепция нормирования безопасности автомобилей с высоким уровнем автоматизации 1

Дубин А.Е., Нестеров В.Е. — Амфибийные гибридные вездеходы на воздушной подушке семейства "Арктика" при работе в условиях Заполярья. Управляемость и устойчивость 5

Тарасов В.Н., Бояркина И.В., Эдигаров В.Р., Малый В.В. — Обоснование грузоподъёмности пневматических шин грузовых автомобилей 11

Балабин И.В., Богданов В.В. — Конструкция подушек безопасности и основные принципы механизма её срабатывания 15

Сливинский Е.В., Радин С.Ю. — Повышение эксплуатационной надёжности автопоездов за счёт модернизации опорно-сцепных устройств 18

Жучков А.С., Годжаев З.А. — Наземные транспортные средства для транспортировки беспилотных авиационных систем 20

АСМ-факты 26

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Лопатин О.П., Лиханов В.А. — Использование спиртов и топлив на их основе для дизелей 27

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Булавин И.А., Самойлова А.С. — Исследование взаимосвязи параметров деформируемых распорных элементов в подшипниковых узлах редукторов и их упруго-пластических характеристик 32

ИНФОРМАЦИЯ

Сазонов С.Л., Чэнь Сяо — Автомобилестроение Китая: новые источники энергии 36

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Белорусский редакционный совет:

Альгин В.Б. — *д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси*
Егоров А.Н. — *генеральный конструктор — начальник НТЦ ПО "БелАЗ"*
Захарик А.М. — *канд. техн. наук, технический директор РУП "МАЗ"*
Кухаренок Г.М. — *д-р техн. наук, профессор БНТУ*
Мариев П.Л. — *д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси*
Николаев Ю.И. — *главный конструктор ОАО "МЗКТ"*
Сазонов И.С. — *д-р техн. наук, проф., ректор 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 09.02.2019. Подписано в печать 21.03.2019.
Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.
Отпечатано в ООО "Канцлер".
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед солюшнз".
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: **www.aov.ru**

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

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № 77-7184
Цена свободная.
Журнал 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.