ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

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

№ 1 • январь • 2019

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113:339.137.2

ВОСПРИНИМАЕМАЯ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЦЕННОСТЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д-р техн. наук **КОЗЛОВСКИЙ В.Н.;** кандидаты техн. наук **АЙДАРОВ Д.В., ПАНЮКОВ Д.И.;** канд. экон. наук **ВАСИЛЬЕВ М.М.**
Самарский ГТУ, Международный институт рынка, Поволжский ГУ Сервиса
(846 278-44-60)

Представлены результаты разработки и реализации комплекса аналитических инструментов измерения воспринимаемой потребителями ценности качества продукции автомобилестроения.

Ключевые слова: *автомобильная промышленность, мониторинг качества.*

Kozlovskiy V.N., Aydarov D.V., Panyukov D.I., Vasiliev M.M.

AVERAGEOUS QUALITY OF QUALITY OF AUTOMOTIVE INDUSTRY PRODUCTS AVAILABLE BY CONSUMERS

The article presents the results of the development and implementation of a set of analytical tools for measuring consumers' perceived value of the quality of products of the automotive industry.

Keywords: *automotive industry, quality monitoring.*

Конкурентоспособность продукции современного автомобилестроения, как показывает практика, зависит в первую очередь от показателей качества как самого продукта, так и сопутствующих услуг. Именно в области качества идут в настоящее время основные баталии между производителями массовой высокотехнологичной продукции за сердца и лояльность потребителей. И в этом плане индексы потребительской оценки качества продукции наиболее остро, полно и точно реагируют на тренды изменений рынка покупателей.

В условиях конкуренции, перманентных экономических кризисов и связанных с этим ограничений ресурсов автопроизводители вынуждены решать сложные оптимизационные задачи внутри организаций, но при этом неустанно обеспечивают рост качества продукции без её удорожания.

Почему так происходит? Очевидно, что потребительская среда, имеющая далеко не экспертное, но при этом самое авторитетное и очень устойчивое сложившееся мнение о качестве того или иного продукта определённых марок, не даёт возможность автопроизводителям значительно повышать цены на продукцию. В обратном случае, при нарушении некоего баланса и равновесия между упомянутым выше потребительским мнением и желанием автопроизводителя повысить стоимость продукции, в следствие существенного улучшения качества, в корпорации происходит целая катастрофа, связанная с финансовыми потерями и снижением объёмов продаж. В свою очередь, следует учитывать, что потребительская среда, как правило, не готова к быстрым трансформациям стоимости на новое качество продукции. Далеко за примерами ходить не нужно. Достаточно вспомнить историю крупнейших национальных автопроизводителей, которые в погоне за потребителем стали активно улучшать качество продукции за счёт закупок автокомпонентов не у традиционных российских поставщиков, а у ведущих западных производителей, что, соответственно, привело к удорожанию новых автомобилей (в 2010 г.). Но потребитель не был к этому готов. Его мнение относительно продукции отечественного автопрома, даже сегодня, спустя почти десять лет, не изменилось кардинально. Национальные автопроизводители потеряли существенные доли рынка в своих сегментах, в том числе из-за того, что начали проводить не точно просчитанную ценовую политику, и как теперь мы понимаем, очень тес-

но связанную с попытками существенного изменения качества продукции. При этом соответствующими аналитическими службами предприятий (объединений альянсов) не учитывались устоявшиеся у потребителей и не способные быстро меняться эмоциональные оценки воспринимаемого качества и ценности качества продукции. Аналитики переоценили готовность потребительской среды платить больше за эмоционально тот же продукт. Быстрое улучшение качества продукции потребительской средой оценивается положительно, только если оно не связано с удорожанием. Но это далеко не всегда возможно. Мировые лидеры автопрома всегда ориентируются в первую очередь на свои традиционные сегменты рынка там, где есть устойчивые достижения в области качества продукции. Они очень осторожно исследуют новые сегменты и выходят на них только в случае высоких прогнозных оценок успеха. Лидеры рынка создают целые системы суббрендов, для того чтобы представлять автомобили разного уровня качества, ориентируясь на показатель потребительской ценности, обеспечивая при этом минимизацию имиджевых потерь основного бренда в случае неудач. Потребителей следует заблаговременно готовить к продукции определённого уровня качества, формируя в среде устойчивый показатель воспринимаемой ценности.

Таким образом, получается, что наряду с уже хорошо известными и зарекомендовавшими себя на практике инструментами мониторинга качества, автопроизводителям требуется разработка и внедрение новых, дополнительных инструментов, которые отражают потребительское мнение о качестве. Именно поэтому задача по разработке и внедрению в практику автомобилестроения показателя воспринимаемой потребителями ценности качества продукции, близкого к экономическим критериям, наряду с потребительской удовлетворённостью качеством, столь актуальна и своевременна.

На рис. 1 представлены в виде диаграмм комплексные результаты исследования показателей качества новых автомобилей в эксплуатации и лояльности потребителей для продукции одного из крупнейший отечественных автопроизводителей (поз. 8 на бенчмаркинговых диаграммах). Верхняя диаграмма (1) отражает в динамике, за период 2006—2015 гг., зависимость уровня отказов автомобилей в эксплуатации (К‰) от показателя воспринимаемого потребителями качества автомобилей (общий уровень жалоб к качеству автомобилей в первый год владения (Е‰)). Динамика изменения кривой рассматриваемой диаграммы свидетельствует о наличии устойчивого тренда улучшения качества продукции за счёт снижения отказов автомобилей и жалоб потребителей в сравнении со средними значениями соответствующих показателей по первой десятке автопроизводителей, работающих в данном ценовом диапазоне. Анализ диаграммы показывает, что автопроизводитель за десять лет работы обеспечил переход продукции в зону высокого качества. Диаграмма сегментации потребителей по показателю балльной оценки воспринимаемого качества продукции в зависимости от уровня жалоб (2), показывает, что к категориям потребительского мнения о качестве автомобилей, обязательно следует относить: уровень блокирующих отказов (обездвиживающих автомобиль) и связанные с ним сегменты отказов, приведших к серьёзным проблемам с нарушением безопасности (ДТП), а также сегменту блокирующих отказов, не повлиявших на безопасность; уровень проблем, приведших потребителя в автосервис и связанные с ним сегменты жалоб по качеству с их регистрацией (подтверждением) и без регистрации (проблема не подтверждена — но "осадок" у потребителей остался); а также наибольший сегмент потребителей, не имеющих жалоб к качеству. При этом диаметр окружности отдельных сегментов отражает процентную долю потребителей, имеющих соответствующую балльную оценку воспринимаемого качества продукции. Получаемый обобщённый спектр потребительского мнения о качестве автомобилей можно сравнивать, с помощью инструментов бенчмаркинга, с обобщёнными спектрами потребительского мнения по другим маркам автомобилей, например, как представлено на диаграмме (3) с продукцией первой десятки автопроизводителей, работающих в данном ценовом диапазоне. Следует учитывать, что наличие серьёзных и подтверждённых (зарегистрированных) инцидентов в области качества продукции, учитывается в обобщённой оценке качества со знаком "–", как это показано на диаграмме (3). Влияние же балльной оценки воспринимаемого потребителями качества автомобилей на лояльность показано на диаграмме (4) рассматриваемого комплекса. Из анализа представленной зависимости можно сделать важный вывод: вполне определённая, пропорциональная связь между лояльностью и удовлетворённостью начинает прослеживаться при достаточно высоком уровне качества продукции.

В нашем случае этот показатель качества должен быть обязательно выше балльной оценки, равной 6...6,5. Ниже этой границы зависимость исследуемых показателей весьма неустойчива, а значит, с одной стороны, делать оправданные выводы не рекомендуется. С другой стороны, получается, что именно на этой диаграмме мы видим первый парадокс: рост балльной оценки удовлетворённости потребителей качеством продукции (с 2 до 4 баллов и с 5 до 6 баллов) вызывает уменьшение показателя лояльности. Может быть, как раз в этих случаях и начинает прослеживаться влияние на потребителей эмоционального показателя воспринимаемой ценности?

В продолжение анализа выявленной проблемы рассмотрим диаграмму, представленную на рис. 2. Здесь показана зависимость показателя балльной оценки удовлетворённости потребителей качеством автомобилей от уровня жалоб потребителей к качеству продукции в первый год владения. Следует обратить внимание на несколько моментов. Так, в течение периодов 2012—2013 гг. и 2013—2014 гг. зафиксировано уменьшение уровня жалоб потребителей к качеству автомобилей. При этом рост балльной оценки удовлетворённости потребителей не был пропорциональным:

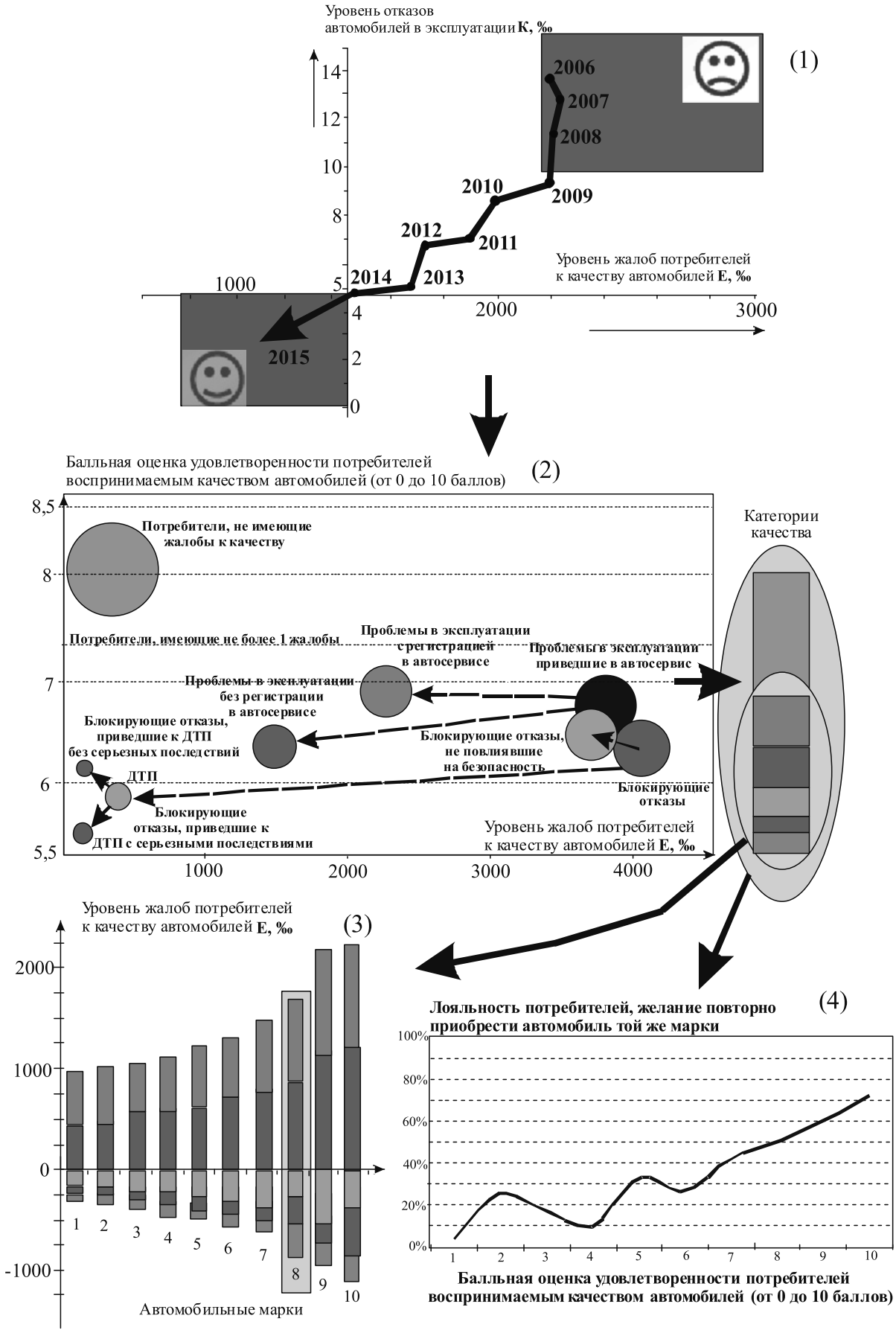


Рис. 1. Комплексные результаты исследования показателей качества новых автомобилей в эксплуатации и лояльности потребителей

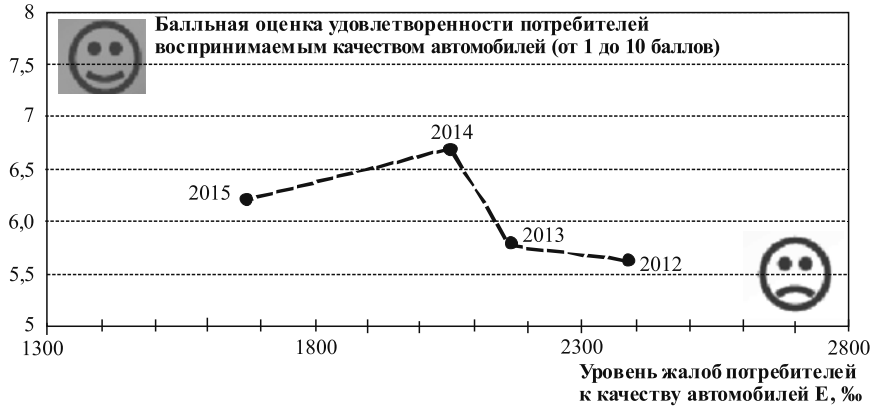


Рис. 2. Зависимость показателя балльной оценки удовлетворённости потребителей качеством автомобилей от уровня жалоб потребителей к качеству продукции в первый год владения

в первом периоде он не был значительным (всего 0,25 пункта), а во втором рост составил 1 пункт. Ещё более удивительным и парадоксальным выглядит период 2014—2015 гг. Здесь существенное снижение уровня жалоб сопровождается снижением балльной оценки удовлетворённости потребителей почти на половину пункта (0,5).

Теперь становится понятным, что оценка воспринимаемого потребителями качества продукции не может ограничиваться измерением балльной оценки удовлетворённости и уровнем жалоб потребителей к качеству продукции. Ясно, что существуют дополнительные мотивы потребительского оркестра, которые нами до сих пор не учитывались. И в этом плане требуется скрупулёзная инвентаризация и разработка подходов к оценке качества с точки зрения потребителей.

При проведении инвентаризации подходов в первую очередь следует обратить внимание на надёжность как один из важнейших и базовых показателей качества продукции. На рис. 3, в верхней части, представлена диаграмма, раскрывающая проблему потребительской оценки надёжности автомобилей. Она даёт вполне определённый сигнал: нельзя ограничиваться исследованием потребительской удовлетворённости в течении первого года эксплуатации автомобилей, как это принято в большинстве наших компаний автопроизводителей. Если потребительская оценка старения продукции хуже, чем в среднем по рынку, то это однозначно отягощает проблему обеспечения воспринимаемой потребительской ценности. Следует обратить внимание на то, что имеющие более высокий уровень удовлетворённости потребителей марки автомобилей с 1 по 4 (см. рис. 1) имеют и потребительскую оценку старения лучше, чем в среднем по рынку (см. рис. 3).

Нижняя диаграмма, приведённая на рис. 3, определяет концептуальное видение границ долей рынка продаж новых автомобилей в зависимости от уровня их качества. В случае низкого качества автомобилей и нарушения базовых принципов по надёжности, у потребителей формируется мнение о ничтожной потребительской ценности продукции, следствием которого является исключение автомобильной марки с конкурентного рынка. Удовлетворение минимальных базовых требований по надёжности формирует соответствующую потребительскую ценность и долю рынка продаж. Далее в зависимости от достижений в области качества и потребительской ценности, автопроиз-

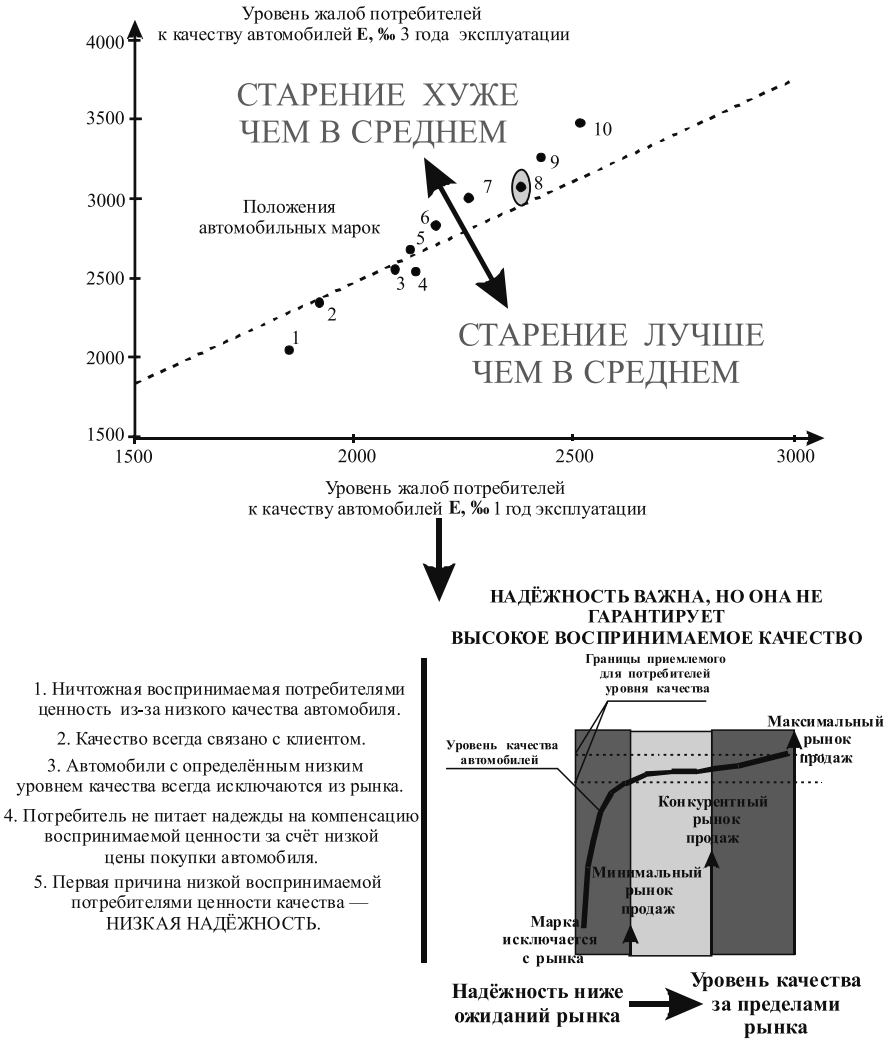


Рис. 3. Потребительская оценка надёжности автомобилей

Качество и его ценность для потребителей

1. Значение воспринимаемой ценности качества для потребителя — "Сколько потребитель готов заплатить?"
2. Цена продукта может определяться оборудованием, дизайном, комфортом и т.д., при этом качество имеет наиболее значимую для потребителей ценность!
3. Необходимо слушать и слышать потребителей.
4. Качество легче измерить в процессе проектирования или производства, чем чётко понять, какое качество нужно потребителям.

ЧТО ТАКОЕ КАЧЕСТВО — РЕШАЕТ ПОТРЕБИТЕЛЬ, А НЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ!

↓

В чём ценность воспринимаемого потребителями качества автомобилей?

Ожидания основной группы потребителей:
"ЧУВСТВО УВЕРЕННОСТИ ПРИ ПОКУПКЕ НОВОГО АВТОМОБИЛЯ"

ГАРАНТИРОВАННОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ВСЕХ ФУНКЦИЙ

УВЕРЕННОСТЬ В МАШИНЕ И ЧУВСТВО БЕЗОПАСНОСТИ

ОТСУТСТВИЕ ПОЛОМОК

УВЕРЕННОСТЬ В ФИНАНСОВОМ АСПЕКТЕ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ (НИКАКИХ НЕПРЕДВИДЕННЫХ ЗАТРАТ)

УВЕРЕННОСТЬ В ХОРОШЕЙ ЦЕНЕ ПРИ ПЕРЕПРОДАЖЕ

ОТСУТСТВИЕ РИСКОВ АВАРИИ (ДТП) ПРИ ПОЛОМКАХ

УВЕРЕННОСТЬ И ЧУВСТВО УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ОТ ПРАВИЛЬНОГО ВЫБОРА!

↓

КОМПОНЕНТЫ КАЧЕСТВА, ВОСПРИНИМАЕМЫЕ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

КАЧЕСТВО = РЕПУТАЦИЯ БРЕНДА+РЕПУТАЦИЯ МОДЕЛИ+ГАРАНТИЯ+СЕРВИС+ +НАДЁЖНОСТЬ И ОТСУТСТВИЕ ПОЛОМОК+"ХОРОШЕЕ СТАРЕНИЕ" (НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ИЗНОС МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ВИДИМЫЙ ИЗНОС ЛИЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ)

Рис. 4. Комплексные выводы по результатам исследования удовлетворённости потребителей воспринимаемым качеством автомобилей

водитель приобретает долю конкурентного или максимального рынка продаж. Таким образом, получается, что надёжность для потребителей важна как фундаментальный уровень обеспечения базовых требований к качеству, но она далеко не гарантирует высокую оценку удовлетворённости.

Основные выводы, полученные в результате исследования динамики показателей качества автомобилей и удовлетворённости потребителей (рис. 1—3), представлены в виде комплекса на рис. 4. В соответствии с предложенной на нём обобщённой формулой компонентов качества, воспринимаемых потребителями, разработана концептуальная модель мониторинга воспринимаемой потребителями ценности качества автомобилей в эксплуатации.

Сущность этой концепции (рис. 5) сводится к организации аналитического процесса, в рамках которого производится дифференциация основных компонентов качества в единичные показатели и проецирование их в виде категорий ожидания потребителей на кривую эластичности (центральная диаграмма Кано (1)), отражающую зависимость удовлетворённости потребителей ка-

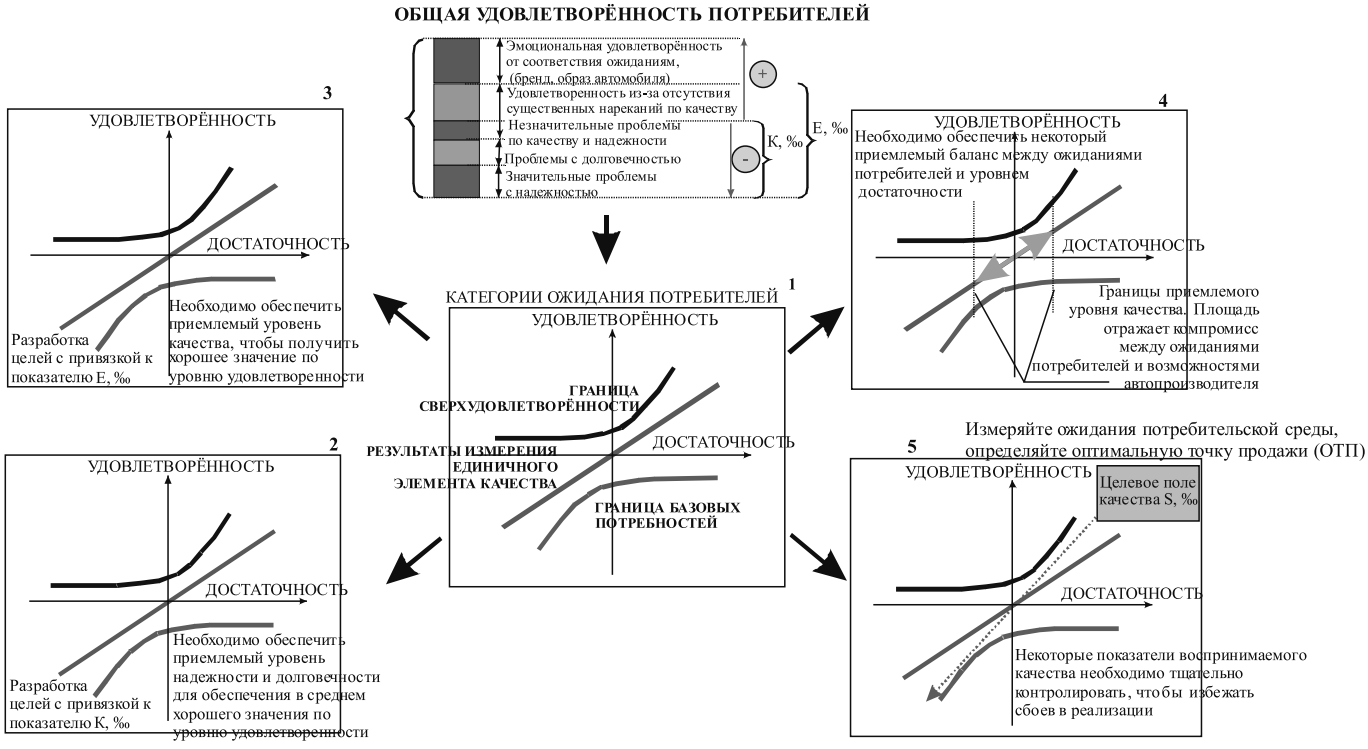


Рис. 5. Концептуальная модель мониторинга воспринимаемой потребителями ценности качества автомобилей в эксплуатации

чеством продукции в функции от уровня достаточности качества. При этом целевые показатели, отражающие уровень отказов автомобилей в эксплуатации (диаграмма 2) и уровень жалоб потребителей к качеству автомобилей (диаграмма 3), разрабатываются не только исходя из уровня обеспечения удовлетворённости потребителей, но и исходя из уровня достаточности, обеспечивающего некоторый приемлемый для потребителей уровень ценности продукта и баланс возможностей автопроизводителя. С другой стороны,

№	Показатель	Расчётная формула	Примечания
1. Изменение затрат в производстве			
1.1.	Расчёт изменения затрат на производство	$\Delta_{пр} = (Ц_{осн} - Ц_{альт})N$	$Ц_{осн}$ — цена компонента основного поставщика; $Ц_{альт}$ — цена компонента альтернативного поставщика (с более высоким уровнем качества); N — фактическая программа выпуска а/м на 201X г.
2. Расчёт изменения затрат в гарантии			
2.1	Расчёт уровня дефектности в ppm по основному поставщику	$PPM_{осн} = \frac{M_{отк.дет}}{N} 1\,000\,000$	$M_{отк.дет}$ — общее количество обоснованных жалоб потребителей на качество автокомпонента (по основной конструкции и поставщику)
2.2	Расчёт затрат в гарантии по дефекту на один выпущенный автомобиль	$Z_{а/м} = \frac{Z_{отк.общ}}{N}$	$Z_{отк.общ}$ — общие затраты по устранению обоснованных жалоб потребителей на качество автокомпонента (по основной конструкции и поставщику)
2.3	Расчёт затрат в гарантии на программу по основному поставщику	$Z_{гар.осн} = Z_{а/м}N$	—
2.4	Расчёт прогноза по уровню дефектности в ppm по альтернативному поставщику	$PPM_{альт} = \frac{M_{отк.дет.пр}}{N} 1\,000\,000$	$M_{отк.дет.пр}$ — общее прогнозное количество обоснованных жалоб потребителей на качество автокомпонента (новая конструкция и альтернативный поставщик)
2.5	Расчёт прогноза затрат в гарантии по дефекту на один выпущенный автомобиль для альтернативного поставщика	$Z_{а/м\ пр} = \frac{Z_{отк.общ.пр}}{N}$	$Z_{отк.общ.\ пр}$ — общие прогнозные затраты на устранение обоснованных жалоб потребителей на качество автокомпонента (новая конструкция и альтернативный поставщик)
2.6	Расчёт затрат в гарантии на программу по альтернативному поставщику	$Z_{гар.альт} = Z_{а/м\ пр}N$	—
2.7	Расчёт изменения затрат в гарантии ($\Delta_{гар}$)	$\Delta_{гар} = Z_{гар.осн} - Z_{гар.альт}$	—
3. Расчёт изменения потерь от удовлетворённости потребителей			
3.1	Расчёт изменения удовлетворённости потребителей	$\Delta_{удовл} = (10 - У)KD_{отк}$	У — балльная оценка удовлетворённости потребителей (шкала от 0 до 10 баллов); K — весовой коэффициент важности улучшения, определяемый с помощью экспертной оценки; $D_{отк}$ — доля обоснованных жалоб потребителей на качество автокомпонента в общем количестве жалоб
3.2	Расчёт изменения лояльности потребителей	$\Delta_{лоял} = K_{лоял} - \Delta_{удовл}$	$K_{лоял}$ — коэффициент прироста лояльности потребителей
3.3	Расчёт количества потерянных покупателей (повторных покупок)	$\Delta_{пок} = \frac{\Delta_{лоял}}{10N}$	—
3.4	Расчёт потерь от удовлетворённости	$\Delta_{п.удовл} = \Delta_{пок}Ц_{авт}K_{рент}$	$Ц_{авт}$ — средняя стоимость автомобилей исследуемой марки за 201X г.; $K_{рент}$ — коэффициент рентабельности
4. Итоговый индекс оценки			
4.1	Расчёт полного изменения затрат	$\Delta = \Delta_{пр} + \Delta_{гар} + \Delta_{п.удовл}$	—

устанавливая границы приемлемого уровня качества продукции и обозначая таким образом компромисс между ожиданиями потребителей и возможностями автопроизводителя, необходимо жёстко контролировать целевые индексы качества, чтобы избежать кризисы качества и экономические потери при нарушении баланса интересов автопроизводитель—потребитель (диаграмма 4). Обеспечение же эффективности работы предлагаемой концептуальной модели создаёт предпосылки для определения оптимальной точки продажи автомобилей, которая наиболее точно соответствует упомянутому выше балансу и отражает наиболее справедливую стоимость качества продукции, формируя при этом благоприятный фон и положительное мнение о потребительской ценности автомобилей (диаграмма 5).

Одна из важных задач в реализации предложенной модели — определение приемлемых границ уровня качества, в рамках которых достигается баланс интересов (достаточность) потребительской среды и автопроизводителя. Уровень достаточности каждый автопроизводитель в зависимости от сегментации своей продукции на рынке должен определять самостоятельно. При этом обобщённый подход к построению границ достаточности заключается в определении приемлемого для автопроизводителя уровня обеспечения воспринимаемого потребителями качества продукции, а точнее говоря, гарантированного эквивалента границ удовлетворённости потребителей от минимального до максимального приемлемого уровня. Чем должен руководствоваться автопроизводитель при определении границ удовлетворённости? Для этого необходимо обратиться к рис. 1, а точнее, к кривой зависимости лояльности потребительской среды от уровня балльной оценки удовлетворённости (4). Именно здесь и скрывается, в определённом смысле, аналитический секрет. Исходя из приемлемого для автопроизводителя минимального и максимального уровней процентной доли лояльных потребителей по конкретной марке автомобилей, можно определить соответствующие значения балльных оценок удовлетворённости, а также приемлемые уровни отказов в эксплуатации и жалоб потребителей (диаграммы 1, 2 на рис. 1). Проецируя соответствующие значения уровней удовлетворённости, жалоб и отказов на диаграмму Кано, выделяются приемлемые границы, определяющие уровни достаточности качества для потребителей (см. рис. 5).

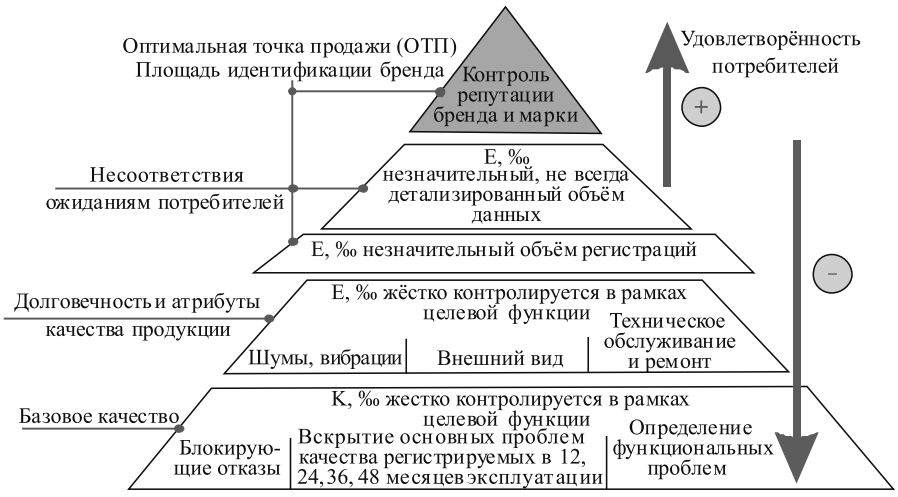


Рис. 6. Пирамида менеджмента процесса измерения и прогнозирования воспринимаемой потребителями ценности качества автомобилей

Как прогнозировать изменение воспринимаемой потребительской ценности качества новых автомобилей при реализации программ улучшения продукции, проводимых автопроизводителями? Для решения этой задачи нами предлагается модель прогнозирования воспринимаемой потребительской ценности качества через экономические индикаторы, используемые автопроизводителем в процессе мониторинга качества продукции в эксплуатации с учётом изменения стоимости и удовлетворённости потребителей (см. таблицу). Получаемый на основе реализации модели индекс полного изменения затрат даёт экономическую оценку эффективности улучшения качества продукции с учётом прогноза изменения затрат в производстве, затрат на устранение жалоб потребителей в гарантии, а также затрат, отражающих возможное изменение удовлетворённости и лояльности потребителей.

В заключение представим пирамиду менеджмента процесса измерения и прогнозирования воспринимаемой потребителями ценности качества автомобилей (рис. 6). Пирамида выстроена таким образом, чтобы обеспечить системный подход к организации аналитической деятельности, направленной на оценку и прогнозирование базовых требований к качеству и надёжности продукции, на нижнем уровне пирамиды. На следующем уровне исследуются показатели качества, отражающие жалобы потребителей по недостаткам продукции, связанным с невысоким уровнем комфорта в эксплуатации автомобилей и проблемами сервисного обслуживания. На следующих двух уровнях исследуются жалобы потребителей, объём которых незначителен и не всегда поддаётся серьёзной детализации и даже регистрации в корпоративных системах качества. Они связаны с отдельными недостатками автомобилей, которые напрямую не определяют качество функционирования, а скорее отражают удобство эксплуатации и пожелания потребителей. Наконец, верхний уровень пирамиды включает результаты комплексных исследований в области репутации бренда и марки. В соответствии с предложенной концепцией, оптимальная точка продажи автомобилей определяется тремя верхними уровнями пирамиды. Однако не следует забывать о сделанных ранее выводах о важности базовых показателей качества и надёжности.

УДК 629.113

ПАРАДИГМА СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Д-р техн. наук **БЕЛОУСОВ Б.Н.**
МГТУ имени Н.Э. Баумана (499.263-60-65; 263-65-05)

Рассматриваются основные положения парадигмы (концепции) развития мировой автомобильной промышленности и задачи прикладной науки — теории автомобиля, вытекающие из главных тенденций развития отрасли. Материал статьи отражает задачи, поставленные в "Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года", утверждённой Распоряжением от 28 апреля 2018 г. № 831-р Правительства РФ.

Ключевые слова: *парадигма развития автомобильной промышленности, теория автомобиля, система автоматического управления автомобилем (САУД), автомобиль с "автономным" управлением, бортовая информационно-управляющая система (БИУС), интеллектуальная транспортная система (ИТС).*

Belousov B.N.

PARADIGM OF MODERN AUTOMOTIVE INDUSTRY

The article deals with the main provisions of the (concept) of the global automotive industry and the hall of applied science — the theory of the car, arising from the main trends in the development of the industry. The material of the article reflects the tasks set in the" Strategy of development of the automotive industry of the Russian Federation for the period up to 2025", approved by the Order of April 28, 2018 № 831-R of the Government of the Russian Federation.

Keywords: *paradigm of development of the automotive industry, the theory of the car, the system of automatic control of the car, the car with "Autonomous" management, onboard information and control system, intelligent transport system (ITS).*

Мировое развитие происходит сегодня по глобальной парадигме, отражающей современное представление о строение мира и основных законах, которые определяют его эволюцию. Парадигма — это рукотворная модель развития, построенная человечеством на основе его представления о Мире. Она не есть что-то застывшее, неизменное и отражающее абсолютную истину. Парадигма постоянно меняется, дополняется и развивается. Свою парадигму, свои концепции развития и совершенствования имеет и мировое автомобилестроение, как отрасль, определяющая и отражающая потребности современного общества.

Основой современной парадигмы развития авто- и тракторостроения является идея создания "автомобиля/трактора будущего". По этому поводу ещё в 2003 г. SAE провела бурные обсуждения общественно-политических факторов, определяющих конструкцию этого "автомобиля будущего". Главными ограничениями признаны постоянно ужесточающиеся законодательные требования по безопасности движения и экологической безопасности транспортных средств. Эти требования как **первый важный фактор** определяют направления развития транспортных средств.

Вторым важным фактором можно считать Национальные и/или городские программы разработки и внедрения интеллектуальных транспортных систем (ИТС), которые получили распространение в мировой практике на рубеже 1980—1990-х годов. По мнению М.Я. Блинкина, инициаторы их продвижения утверждали, что ИТС должны и способны значительно поднять уровень информированности об условиях движения, а также повысить безопасность, эффективность и надёжность транспортных систем за счёт применения современных информационно-коммуникационных технологий в системах дорожного движения и общественного транспорта. Однако лишь в начале 2010-х годов у участников этих программ, объединившихся в международную организацию, появляется понимание того, что конструкция транспортного средства в первую очередь должна соответствовать условиям автоматического управления и позволять решать "фундаментальные проблемы взаимоотношения города и транспорта". В октябре 2012 года на 19-м Всемирном Конгрессе в Вене, который собрал более 10 000 участников из 91 страны мира, была официально признана необходимость адаптации конструкции транспортных средств к автоматическому управлению (см. Венский манифест по ИТС).

Третьим важным фактором, вытекающим из действия двух перечисленных, можно назвать бурное проникновение микроэлектроники в конструкцию автомобиля. Насытив своими изделиями бытовую технику, предприятия по производству микроэлектроники начинают осваивать второй по объёму массового потребления населением, после бытовых приборов, продукт — автомобиль. Благодаря значительному снижению габаритных размеров, массы, потребляемой мощности, а также стоимости производства крупных партий электронных компонентов номенклатура областей применения автоэлектроники быстро расширяется. Новые разработки в США, Японии и других ведущих странах используются, в первую очередь, для совершенствования систем управления и автоматического контроля параметров средств вооружений, а во вторую очередь — для совершенствования транспортных средств. По мере насыщения рынка военных заказов, расширения производства и снижения стоимости электронных компонентов расширяются возможности их использования в системах управления автотранспортных средств гражданского и двойного назначения. Самые совершенные электронные компоненты должны использоваться в первую очередь в массовом производстве (несколько млн шт. в год), в худшем случае —

в крупносерийном — это автопром + бытовая техника. Например, компания "Техас Инструментс" свои суперновые двухъядерные микропроцессоры внедряет в разработки за 1—2 года до их появления, чтобы получить массовое производство.

Итак, в начале текущего века формулируется глобальная проблема автопрома — создание автомобиля/трактора будущего. Эта проблема имеет свои внешние и внутренние противоречия.

К внешним противоречиям относится необходимость выполнения оформленных законодательно требований к активной и экологической безопасности автомобиля как одному из самых массовых объектов после бытовых приборов, используемых обществом в настоящее время. Его способность соответствовать существующим и перспективным требованиям по активной и экологической безопасности, например по уровню вредных выбросов, — главное условие, определяющее все остальные потребительские свойства автомобиля и тем самым — конкурентоспособность. Ставятся задачи по снижению вредного воздействия тягово-транспортных средств (ТТС), т.е. автомобилей и тракторов на почво-грунты, дороги и окружающую инфраструктуру.

К внутренним противоречиям проблемы относится тот факт, что перед автомобилестроением стоят задачи, которые традиционными для них методами и техническими решениями они выполнить не могут. Нужны принципиально новые технические решения в конструкции транспортных средств, обеспечивающие выполнение текущих и перспективных запросов общества. Такие технические решения разработаны быть не могут, так как нет разработанных соответствующих научных положений, закономерностей и принципов прикладной науки — теории автомобиля.

В начале этого века за рубежом начинается настоящий бум по улучшению экологических и экономических показателей ДВС (каталитические нейтрализаторы и дизели нового поколения, новые типы топлив, включая биотопливо), созданию гибридных мехатронных систем (ДВС + электромотор + накопитель), повышению уровня безопасности, улучшению ходовых качеств (полный привод, электронные системы помощи вождению), "интеллектуализации" автомобиля в целом. Входит в оборот термин — автономное вождение автомобиля. В последнее время на конгрессах SAE всё чаще звучит: ***"ТТС будущего — это подвижный робот различного назначения"***.

В докладе Центра Автомобильных Исследований США (*Center for Automotive Research*), опубликованном в 2015 г., приводятся следующие данные. Зарубежная автомобильная промышленность тратит почти 100 млрд долларов в глобальном масштабе на R&D (*research and development*). Только в США — 18 млрд долл. в год, или в среднем 1200 долларов в расчёте на один автомобиль). Автомобилестроение обеспечивает 16 % общемирового финансирования НИОКР среди всех отраслей промышленности. В среднем 4 % от выручки зарубежный автопром тратит на R&D, что — на треть больше, чем в среднем страна в целом (США — 3 %). Для крупных автомобильных компаний R&D расходы находятся ещё на более высоком уровне — выше 5 %. В РФ, для сравнения, траты российских автопроизводителей, как правило, не превышают 1—1,5 %. Десять автомобильных компаний тратят на НИОКР в США около 80 % от общего объёма расходов на НИОКР станы (14 млрд долларов). Пять автопроизводителей — "Фольксваген", Тойота", GM, "Хонда" и "Даймлер" — находятся в числе 20 компаний-лидеров по расходам на НИОКР, а "Фольксваген" лидирует среди них с более чем 11 млрд долларов. Почти 60 тыс. человек только в США заняты в автомобильных исследованиях и разработках. Автомобильная промышленность в целом насчитывает большее число инженеров на 1000 рабочих мест, чем другие основные сектора экономики.

Согласно прошлогоднему исследованию ВШЭ Россия находится на 35-м месте в мире по уровню бюджетных трат на науку. В пятерку же лидеров входят Израиль (4,25 %), Южная Корея (4,23 %), Швейцария (3,42 %), Япония (3,29 %) и Швеция (3,28 %). Если же рассматривать ситуацию в денежном выражении, то Россия находится на десятом месте — $37,3 млрд, тогда как у Индии $50,3 млрд, а нам в затылок дышит Тайвань с $33,6 млрд. Даже Бразилия тратит на науку больше — $38,4 млрд (Максим Артемьев, *"Forbes Contributor"*).

При этом следует учесть, что сейчас развитием прикладной науки — теории автомобиля — практически никто у нас не занимается. Все действия учёных в этой области в лучшем случае сводятся к научно-техническому сопровождению ОКР. И это беда, а не вина прикладной науки в современной России.

Современный автомобиль имеет уже более чем 145 электрогидравлических приводов, 4716 сигналов, и 74 датчиков, включая радар, эхолот, камеры, акселерометры, температуры и даже датчики дождя. Система датчиков может контролировать периметр вокруг автомобиля и видеть в местах, которые не всегда видны с сиденья водителя. Эти датчики производят более 25 гигабайт данных в час, которые анализируются более чем на 70 бортовых компьютеров. Создаются и внедряются бортовые информационно-управляющие системы (БИУС), обеспечивающие взаимодействие, как между участниками дорожного движения, так и с объектами городской инфраструктуры. Создаются основы автоматизированной системы управления движением (САУД) в рамках ИТС.

Надёжное восприятие окружающей среды транспортного средства и дорожной ситуации является основополагающим для этих систем. Данные информационной среды для многих современных систем помощи водителю поступают от радара, камер, лидара, ультразвуковых датчиков. Лидерами в разработке различных датчиков, систем контроля и управления гражданского и военного применения являются военно-промышленные компании США и Японии. Интенсивные исследования и практические разработки в этой области ведутся также странами ЕС.

В настоящее время наиболее развитой и широко распространённой сетевой архитектурой автомобилей является контроллерная сеть *CAN* (*Controller Area Net-*

work), разработанная фирмой "Бош" более 20 лет назад как решение для применения в распределённых системах управления взамен дорогих и громоздких проволочных жгутов. Протокол (стандарт) сети *CAN* обеспечивает высокую скорость передачи данных (до 1 Мбит/с), высокую помехоустойчивость и способность обнаруживать и устранять любые возникающие ошибки. Сеть *CAN* представляет собой интеллектуальную систему, имеющую некоторую избыточность. Поэтому в тех случаях, когда не требуется универсальность и пропускная способность *CAN*, используется более дешевая, но и менее быстродействующая локальная сеть *LIN* (*Local Interconnect Network*) со скоростью передачи до 20 Кбит/с. Протокол *LIN* ориентирован на создание небольших автомобильных сетей, включающих ключи, интеллектуальные датчики и исполнительные механизмы.

Современная идеология построения автоэлектронных систем предполагает: широкое использование бортовой сети *CAN* (в первую очередь, для обслуживания наиболее ответственных блоков и устройств); наличие в составе микроконтроллеров большого объёма памяти типа *Flash* или *EEPROM* и *CAN*-интерфейсов; возможность работы с бортовой сетью 24 и 48 В.

Сеть *CAN* не является единственным сетевым решением для совокупности электронных систем управления автомобиля. В последнее время появились и развиваются и другие стандарты (протоколы), отвечающие высоким требованиям по отказоустойчивости: *FlexRay, TTP, MOST* и др. В скором времени будет достигнут принципиально новый уровень в данной области, который позволит создавать новые системы управления и автоэлектронику нового поколения.

Подобный бум внедрения мехатронного подхода к проектированию автомобиля обнажил целый ряд проблем. Например, отсутствие общепринятых и обоснованных процедур выбора основных параметров электромеханических устройств, как для гибридной, так и для электрической транспортной техники: коэффициентов редукции, числа передач, частот вращения, частот питания электрических машин, числа пар полюсов, выбора типа электроагрегатов и т.д. Отсутствует в целом концепция энергообеспечения ТС. Выявлено заметное отставание силовой электроники от уровня развития микроэлектроники. Нет методик корректного сопоставления разработанных систем и отсутствие критериев качества их проектирования. Отсутствует общепринятая терминология, что существенно затрудняет взаимопонимание специалистов — разработчиков электрических машин, электроприводов, гидроприводов, механических устройств, ИТ-специалистов и специалистов-автомобилистов. Возникла проблема кибербезопасности. Появилось чёткое понимание того, что энергоустановки на базе цикла Карно не имеют дальнейшей перспективы, поэтому начинается активный поиск альтернативных источников энергии. Кто из ведущих фирм первым достигнет чувствительного успеха в этом направлении, тот и будет иметь значительные преимущества в конкурентной борьбе.

(*Продолжение следует*)

УДК 62-235

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛА ПОВЫШЕННОГО ТРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ "ФОРМУЛА SAE" НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ "SOLIDWORKS SIMULATION"

Д-р техн. наук **КОНОПЛЕВ В.Н.,**
канд. техн. наук **АБУ-НИДЖИМ Р.Х., ДЬЯЧЕНКО М.В., ГУСЕЙНОВ Р.М.**
РУДН, Инженерная академия,
Департамент машиностроения и приборостроения
(konopl-v@mail.ru)

Применение самоблокирующихся дифференциалов в спортивных автомобилях вызвано необходимостью повышения устойчивости автомобиля на трассе при высоких скоростях, улучшения управляемости и сокращения времени прохождения поворотов. Для решения этих задач был проведён анализ различных конструкций дифференциалов, рассмотрены их преимущества и недостатки, была выбрана наиболее оптимальная схема дифференциала и разработана его конструкция для спортивного автомобиля "Формула-студент". Испытания проводились на специальных полигонах и непосредственно в период проведения европейских соревнований в Германии, Нидерландах, Венгрии и России.

Ключевые слова: *самоблокирующийся дифференциал, формула SAE, компоновочно-конструкторская схема дифференциала*

Konoplev V.N., Abu-Nidzhim R.H., Dyachenko M.V., Guseinov R.M.

IMPROVING THE DESIGN OF THE LIMITED SLIP DIFFERENTIAL FOR A "FORMULA SAE" VEHICLE BASED ON THE SOLIDWORKS SIMULATION PROGRAM

The use of self-locking differentials in sports cars due to the need to stabilize the car on the highway, better manageability and reduce the time cornering. And as is known to the finish line first come those cars that offer all the benefits. To achieve them, an analysis of various designs differentials, discusses their advantages and disadvantages, on the basis of which was chosen as the most optimal design based on the use of the vehicle and the development of the differential under the car "Formula Student". Differential tests were carried out at special places and directly at European competitions in Germany, the Netherlands, Hungary and Russia.

Keywords: *limited-slip differential, differential, Formula SAE, differential increasing friction.*

"Формула SAE" — это соревнование между техническими вузами, где студентам требуется за один год построить гоночный автомобиль и представить его судьям, которые являются конструкторами ведущих машиностроительных компаний. Автомобиль должен соответствовать регламенту "Formula Student Rules" и проходить по всем предоставленным требованиям.

Самоблокирующиеся дифференциалы в спортивных автомобилях позволяют существенно повысить устойчивость автомобиля на трассе и обеспечить луч-

шую управляемость, а также сократить время прохождения поворотов и при этом устранить возможность буксования из-за различной величины коэффициента сцепления под правым и левым ведущими колёсами. Конструкция дифференциала повышенного трения (LSD) позволяет устранять нежелательный эффект буксования с помощью фрикционных дисков или конусов, самоблокирующихся зубчатых передач либо многодисковых муфт в среде высоковязкой жидкости. Для решения задачи был проведён анализ различных конструкций дифференциалов, рассмотрены их преимущества и недостатки с учётом методик расчёта коэффициента блокировки (табл. 1). На основании проведённой аналитической работы выбрана наиболее рациональная кинематическая схема дифференциала для спортивного автомобиля полной массой 240 кг (табл. 2) и разработана его конструкция с применением 3D-моделирования. Данная конструкция дифференциала является вторым усовершенствуемым вариантом (рис. 1, 2), показавшим лучшие эксплуатационные характеристики и динамические показатели в спортивных соревнованиях сезона 2017 г.

Первый вариант конструкции дифференциала (см. рис. 1) был рассчитан на максимально передаваемый момент 800 Н · м (табл. 3), что не смогло обеспечить требуемого уровня тягово-динамических характеристик и эксплуатационных нагрузок. Поэтому для обеспечения более высоких динамических показателей спортивного автомобиля "формула-студент" 5-й модели была разработана компоновочно-конструкторская схема второго варианта дифференциала повышенного трения массой не более 3,5 кг, удовлетворяющего следующим требованиям: обеспечение наилучших разгонных характеристик, возможность крепления дифференциала к двигателю "Хонда CBR 600" со встроенной коробкой передач автомобиля; максимально передаваемый момент — более 800 Н · м; коэффициент блокировки $k_б$ = 0,21—0,70 [1].

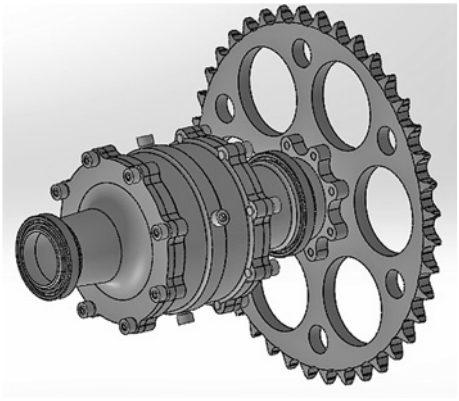


Рис. 1. Первая модель дифференциала

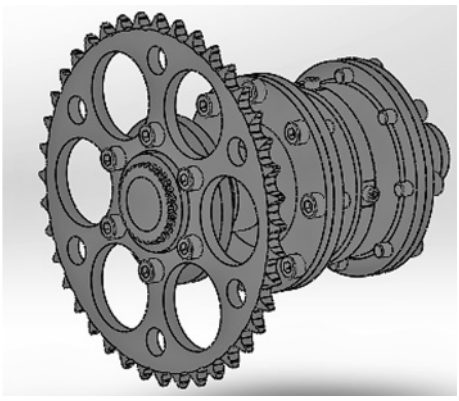


Рис. 2. Вторая модель дифференциала

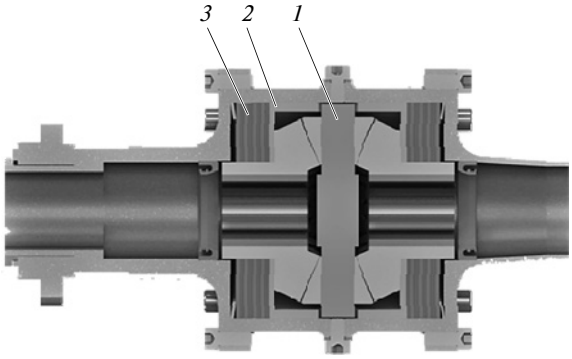


Рис. 3. Внутреннее строение дифференциала:
1 — крестовина; *2* — пружинные кольца; *3* — фрикционные диски

Принцип работы дифференциала повышенного трения

Принцип работы дифференциала (рис. 3) заключается в изменении коэффициента блокировки за счёт трения фрикционных дисков (3), которые зажаты пружинными кольцами (2). Чем больше передаваемый

Таблица 1

№	Формула	Примечание
1	$K_б = M_{от}/M_{заб}$	$M_{от}$ — момент на отстающем колесе; $M_{заб}$ — момент на забегающем колесе
2	$K_{бmax} = (\varphi_{max} + f)/(\varphi_{min} + f)$	φ_{max} — максимальный коэффициент сцепления колёс с дорогой; φ_{min} — минимальный коэффициент сцепления колёс с дорогой; f — коэффициент сопротивления качению
3	$M_2 = G_k\varphi_{min}r_k$	G_k — вес автомобиля, приходящийся на данное колесо, Н; r_k — радиус качения колёс, м
4	$M_1 = M_2K_б$	$K_б$ — коэффициент блокировки (0,21...0,7)
5	$K_б = \dfrac{M_{max} + \left(\dfrac{M_{max}}{2R\mathrm{tg}B} + \dfrac{M_{max}}{r^2nc}\right)uri}{M_{max} - \left(\dfrac{M_{max}}{2R\mathrm{tg}B} + \dfrac{M_{max}}{r^2nc}\right)uri}$	M_{max} — максимальный крутящий момент, действующий на корпус дифференциала, Н · м; r^2 — радиус приложения окружной силы, м; n_c — число сателлитов; $\alpha = 20^\circ$ — угол зацепления; $\delta = 26{,}5^\circ$ — половина угла начального конуса сателлита; u — коэффициент трения между фрикционными дисками; r — средний радиус фрикционных дисков, м; i — число пар трения; R — радиус до верхней точки оси сателлита, м

крутящий момент на колесо, тем больше раздвигаются прижимные кольца, воздействуя на фрикционные диски, которые создают высокое трение и тем самым увеличивают степень блокировки дифференциала.

Разработанная компоновочно-конструкторская схема второго варианта дифференциала была рассчитана на максимальный передаваемый момент 1200 Н · м (см. табл. 3). Элементы данного дифференциала выполнены из высокопрочного алюминия Д16Т ГОСТ 51834—2001 и В95Т ГОСТ 51834—2001 [2, 3]. Это существенно сказалось на стоимости изготовления. Основные его преимущества заключаются в малых размерах корпуса, выполненного специально для возможности его крепления непосредственно к двигателю автомобиля, а не к раме, что позволило снизить массу автомобиля за счёт исключения деталей его креплений. Кроме того, важным преимуществом новой компоновочно-конструкторской схемы дифференциала является возможность регулирования коэффициента блокировки $k_б$ = 0,21—0,7, блокирование при торможении, быстрый старт (жёсткое мгновенное включение) и курсовая устойчивость в заносах.

Виды настроек дифференциала повышенного трения

Конструкцией дифференциала предусмотрено три режима его работы, которые зависят от разреза на прижимных кольцах (рис. 4):

1. Режим: "2 way" — дифференциал блокируется как при ускорении, так и при торможении. Идеально подходит для дрифтинга.

Таблица 2

Параметры спортивного автомобиля "Формула — студент"	Значения
Мощность двигателя, кВт	48
Крутящий момент двигателя, Н · м	85
Масса автомобиля, кг	240
Длина, мм	1800
Ширина, мм	1400
Крутящий момент, действующий на корпус дифференциала, Н · м	1100
Шины (слики)	Hoosier 152,4 × 62,5 × 13
Максимальный коэффициент сцепления на сухом асфальте	1,4

Таблица 3

Параметр	Технические характеристики дифференциала	
	1-й вариант	2-й вариант
Максимальный передаваемый крутящий момент, Н · м	800	1200
Предварительная блокировка, Н · м	40—45	
Полная масса, кг	2	3,3
Габаритные размеры корпуса (без установленной звезды и ШРУСов), мм	180 × 100 × 100	203 × 115 × 115
Применяемое масло	Castrol SAF-XJ75W140 Gl5	

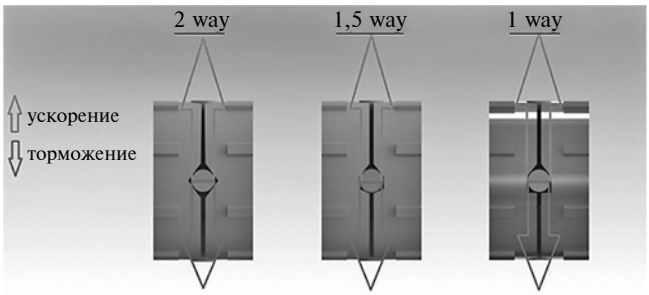


Рис. 4. Виды настроек дифференциала:
1 — режим "2 way" — работает при ускорении и при торможении; *2* — режим "1,5 way" — работает при ускорении, но при торможении в 2 раза слабее; *3* — режим "1 way" — работает только при ускорении

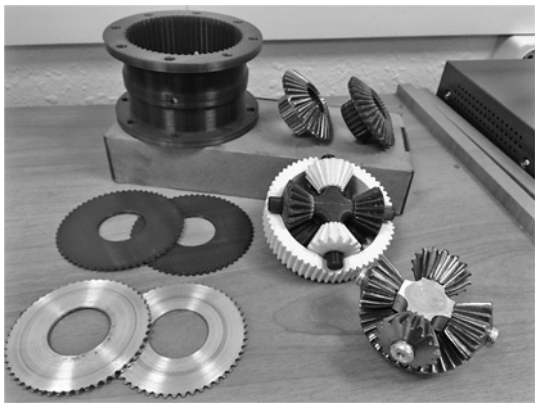


Рис. 5. 3D-модель дифференциала (корпусные детали и конические шестерни

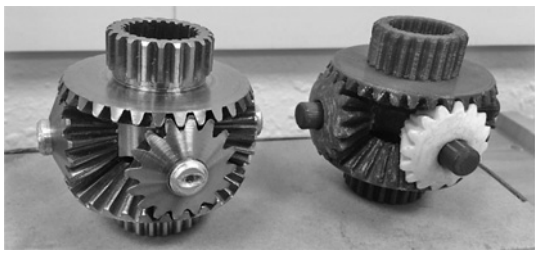


Рис. 6. 3D-модель дифференциала (полуосевые шестерни и сателлиты в сборе)

2. Режим: "1,5 way" — дифференциал блокируется при ускорении и при замедлении, но блокировка при замедлении имеет более "мягкий характер". Как правило, применяется для дорог общего пользования. Лучше всего подходит для новичков.

3. Режим: "1 way" — дифференциал блокируется только при ускорении. Данный вид разреза нажимных колец чаще всего применяется в кольцевых гонках.

Расчёты на прочность деталей дифференциала и испытания

В процессе разработки новой компоновочно-конструкторской схемы дифференциала была создана модель дифференциала на 3D-принтере (рис. 5, 6), что позволило исключить дефекты и ошибки в конструкции на ранней стадии проектирования. Детали были рассчитаны на запас прочности, напряжение и деформацию в программе "Solidworks Simulation". К моделям прикладывался крутящий момент 1200 Н · м. Основ-

ной упор был сделан на шлицевые соединения [4], так как в предыдущей модели имелись проблемы со шлицевым соединением на корпусе дифференциала. Удовлетворительным численным значением показателя запаса прочности для спортивных автомобилей является его значение не менее 1,2 [5, 6].

На рис. 7, 8 показана левая часть корпуса первой конструкции дифференциала. Данная модель была рассчитана на крутящий момент 800 Н · м и в результате при нагрузке в 1200 Н · м не выдержала возникавших при движении нагрузок. На графике видно, что запас прочности равен 0,38, что и привело к поломке детали. На рис. 9 изображена центральная часть корпуса первой модели дифференциала, который также был рассчитан на меньший крутящий момент. При приложении крутящего момента в 1200 Н · м расчёты

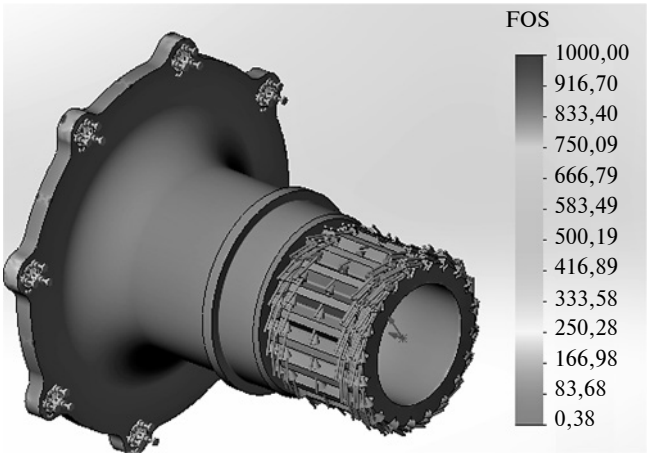


Рис. 7. Результаты расчётов левой части корпуса первой модели дифференциала (по коэффициенту запаса прочности)

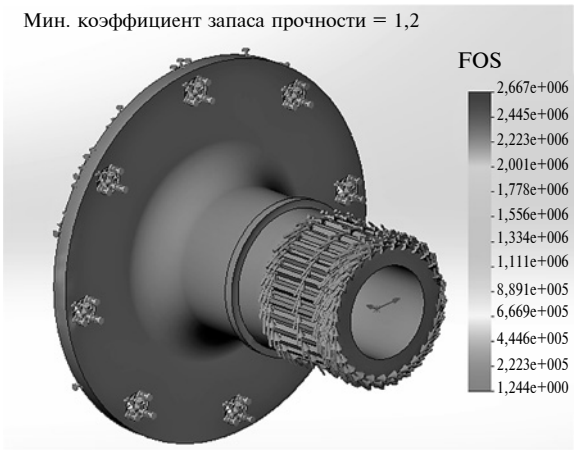


Рис. 10. Результаты расчётов левой части корпуса второй модели дифференциала (по коэффициенту запаса прочности)

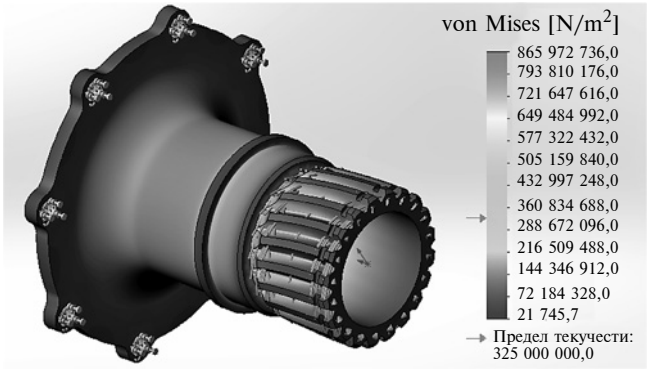


Рис. 8. Результаты расчётов левой части корпуса первой модели дифференциала (по пределу текучести)

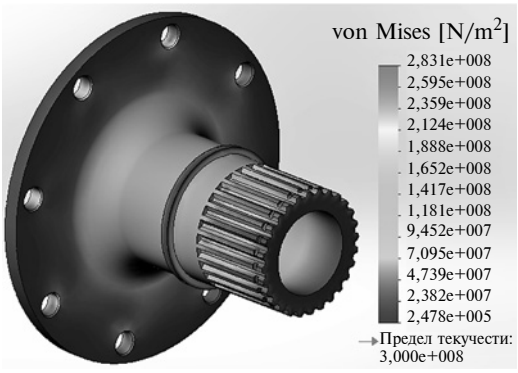


Рис. 11. Результаты расчётов левой части корпуса второй модели дифференциала (по пределу текучести)

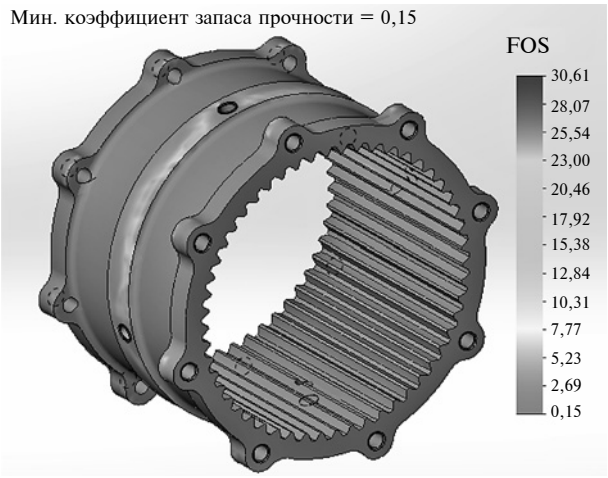


Рис. 9. Результаты расчётов центральной части корпуса первой модели дифференциала (по коэффициенту запаса прочности)

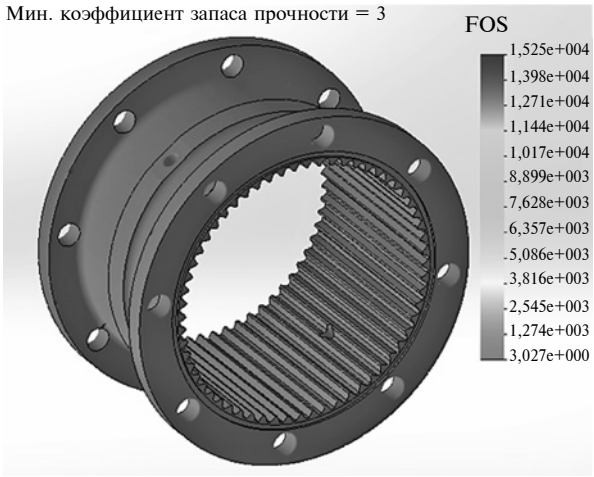


Рис. 12. Результаты расчётов центральной части корпуса второй модели дифференциала (по коэффициенту запаса прочности)

Таблица 4

Деталь	Расчётный запас прочности деталей корпуса дифференциала		
	1-й вариант	2-й вариант	Степень улучшения
Левая крышка	0,38	1,2	В 3 раза
Центральная крышка	0,15	3	В 20 раз

показали, что запас прочности равен 0,15. В результате изменений и доработок были достигнуты следующие результаты: левая часть корпуса (рис. 10, 11) показала запас прочности 1,2; центральная часть корпуса (рис. 12) показала запас прочности 3. В табл. 4 показаны результаты расчётов деталей корпуса дифференциала.

Испытания дифференциала проводились на специальных полигонах и непосредственно на соревнованиях *"Formula Student Germany 2017"*, "FSN2017" и "FSH17". Данная модель выдержала все эксплуатационные нагрузки на этапах Германии, Нидерландов, Венгрии и России. На Московском этапе команда получила лучший результат в ускорении, прохождении круга и гонки на выносливость, опередив семь российских команд. Дифференциал показал себя с наилучшей стороны, выдержав все нагрузки, возникавшие в период соревнований.

Таким образом, первый вариант компоновочно-конструкторской схемы дифференциала, рассчитанный на максимально передаваемый момент 800 Н · м, показал неудовлетворительные прочностные свойства. В результате проведенных работ с использованием 3D-принтера была проработана компоновка нового варианта дифференциала, а подбор материала деталей дифференциала (высокопрочный алюминий Д16Т и В95Т [7]) обеспечил достижение хороших расчётных результатов по запасу прочности при передаваемом крутящем моменте 1200 Н · м: левая наиболее нагруженная часть корпуса имела запас прочности 1,2 и центральная часть корпуса — 3.

Итоги участия 5-й модели спортивного автомобиля с разработанным дифференциалом непосредственно в соревнованиях *"Formula Student Germany 2017"*, "FSN2017" и "FSH17" на этапах Германии, Нидерландов, Венгрии и России подтвердили правильность принятых конструкторских решений и применений новейших технологий проектирования.

Литература

1. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А. Конструирование и расчёт автомобиля, 1984. 376 с.
2. Тихонов В.Н. Аналитическая химия алюминия. М.: Наука, 1971. 266 с.
3. ГОСТ 4784—97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые, 2000. 31 с.
4. ГОСТ 1139—80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски, 1982. 11 с.
5. Morselli R. Detailed and Reduced Models of Passive and Active Limited Slip Car Differentials." Mathematical and Computer Modeling of Dynamical Systems, August 2006. P. 347—362.
6. Вахламов В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета. 2006. 476 с.
7. Цвиккер У. Титан и его сплавы, 1979. 512 с.

УДК 625.71.032.3

КРИТИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ КАЧЕНИЯ ПРОЧНОЙ СЛАБОДЕФОРМИРУЕМОЙ ЛЁГКОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ

Д-р техн. наук **СВИЯЖЕНИНОВ Е.Д.**
Санкт-Петербургский ИПМаш РАН (8.905.227-64-65)

Определяется критическая скорость качения современных высокотехнологичных пневматических шин. Показывается, что независимо от наружного радиуса пневматической шины её критическая скорость всегда равна скорости звука, что весьма далеко выходит за пределы доступных скоростей современных автомобилей.

Ключевые слова: *вращающаяся нагрузка, резонанс, пневматическая шина, критическая скорость качения, собственные частоты и формы колебаний, вращающиеся резонансные волны, скорость звука.*

Sviyazheninov E.D.

CRITICAL ROLLING SPEED OF A STRONG LOW-DEFORMABLE LIGHTWEIGHT PNEUMATIC TIRE

The critical rolling speed of modern high-tech pneumatic tires is determined. It is shown that, regardless of the outer radius of the pneumatic tire, its critical speed is always equal to the speed of sound, which is quite far beyond the available speeds of modern cars.

Keywords: *rotating load, resonance, pneumatic tire, critical rolling speed, natural frequencies and forms of vibration, rotating resonant waves, sound speed.*

Благодаря прогрессу современных технологий с применением новых высокопрочных материалов сегодня отчётливо определилась тенденция использования лёгких и достаточно жёстких шин с полным выполнением требований прочности и демпфирования [1—3]. В этих условиях парциальные собственные частоты колебаний накачанной шины из-за инерционно-упругих характеристик её оболочки резко возрастают, и спектр собственных колебаний пневматической шины определяется, главным образом, акустическими колебаниями сжимаемого газа, закаченного в баллон. При таком высокотехнологическом развитии грозное некогда понятие критическая скорость качения пневматической шины сохранится лишь в качестве истории автотранспортной техники, подобно флаттеру крыла или шимми стойки шасси в авиации.

Напомним, что критическая скорость качения пневматической шины — это скорость её движения по идеально ровной поверхности, при которой под постоянной весовой нагрузкой возбуждаются резонансные вращающиеся волны в пневматической шине [4, 5]. Это обусловлено тем, что по отношению к катящейся пневматической шине постоянная пространственно-ориентированная вертикальная реакция опоры представляет собой вращающуюся нагрузку. Это адекватно

вращению радиальной нагрузки вокруг наружной поверхности "неподвижной" шины.

При движении автомобиля со скоростью v на пневматическую шину наружного радиуса R действует вращающаяся с угловой скоростью ω (формула 1 в таблице) сосредоточенная весовая сила P (рис. 1). Действие вращающейся нагрузки вызывает вращающуюся же акустическую волну сжатого воздуха пневматической шины. Сжимаемый газ, как и всякая инерционно-упругая система с распределёнными параметрами, обладает спектром собственных частот и форм колебаний [6]. Для их определения решается задача о свободных колебаниях сжимаемого предварительно сжатого газа в пневматической шине. Приведём результаты её решения [7].

Для универсальности дальнейшего анализа и использования результатов вводятся относительные безразмерные независимая и зависимая переменные. Безразмерным аргументом служит отношение внутреннего радиуса пневматической шины к наружному ρ, $0 < \rho < 1$, а искомой функцией — безразмерный комплекс $\omega R/c$, содержащий собственную частоту колебаний ω, куда множителями входят также R — наружный радиус шины и c — скорость звука газообразной среды, её заполняющей, с учётом созданного в ней давления. Введение относительной безразмерной частоты $\omega R/c$ унифицирует решение для любых радиусов пневматических шин и закачанных в них газообразных сред путём сокращения числа размерных переменных, и придаёт построенным номограммам характер универсальности.

В теории подобия, являющейся основой моделирования, безразмерные величины ρ и $\omega R/c$ называются критериями подобия, а именно: ρ — геометрический критерий подобия и $\omega R/c$ — физический критерий подобия, известный как число Струхаля [8]. Равенство всех однотипных критериев подобия для любых систем, подчиняющихся какому-либо определённому физическому явлению, — необходимое и достаточное условие физического подобия этих систем. Именно это и обусловливает универсальность номограмм собственных частот колебаний пневматических шин.

Безразмерные собственные частоты колебаний сжимаемого газа в пневматической шине $\omega R/c$, где c — скорость звука в её сжатой газообразной среде, как функции отношения внутреннего радиуса шины к наружному ρ, $0 < \rho < 1$, представлены на рис. 2, а последовательные низшие собственные формы колебаний, возбуждаемые на критических скоростях, для $\rho = 7$, — на рис 3.

№	Формула	Примечания
1	$\omega = v/R$	v — скорость автомобиля; R — наружный радиус шины
2	$A(r)\cos k\theta \cos\omega_k t$	r — радиальная; θ — угловая координаты; t — время; k — число узловых диаметров; ω_k — собственная частота колебаний
3	$A(r)\sin k\theta \sin\omega_k t$	—
4	$\omega_1 = c/R$	—

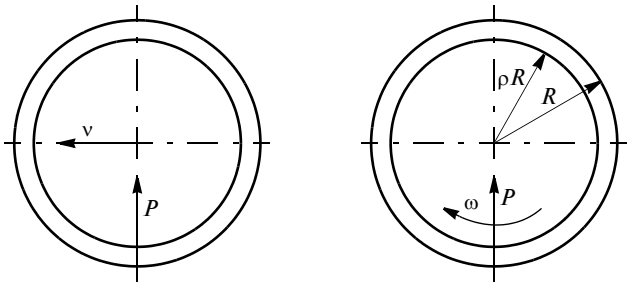


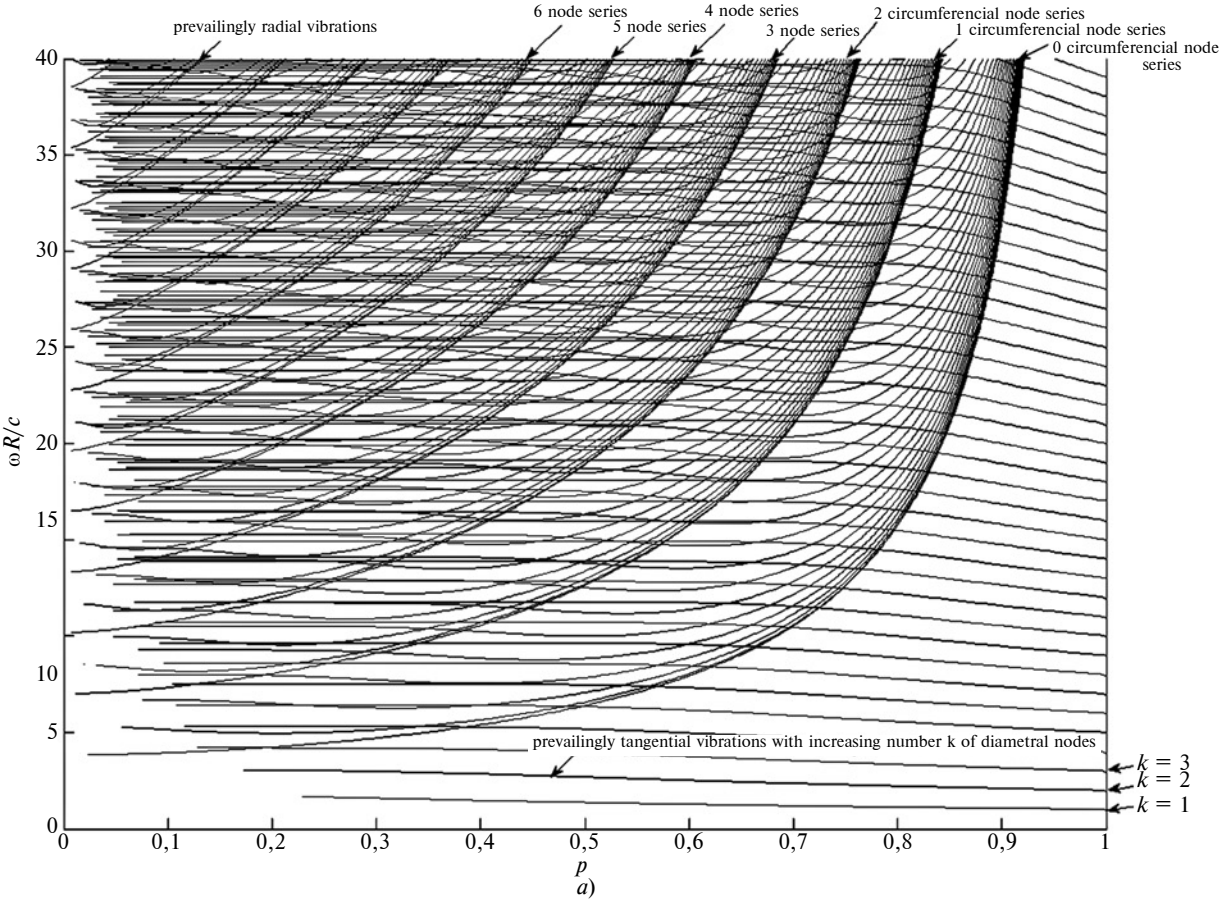
Рис. 1. Механизм возникновения вращающейся нагрузки на пневматическую шину при её качении

Всеобъемлющее представление о спектре собственных частот колебаний пневматической шины произвольной толщины $0 < \rho < 1$, вплоть до высокочастотных, даёт полная карта собственных частот (см. рис. 2, *а*). Из неё видно, что различаются два класса собственных колебаний — преимущественно тангенциальных и преимущественно радиальных, по преобладанию величин тангенциальных либо радиальных компонент векторов колебательных скоростей.

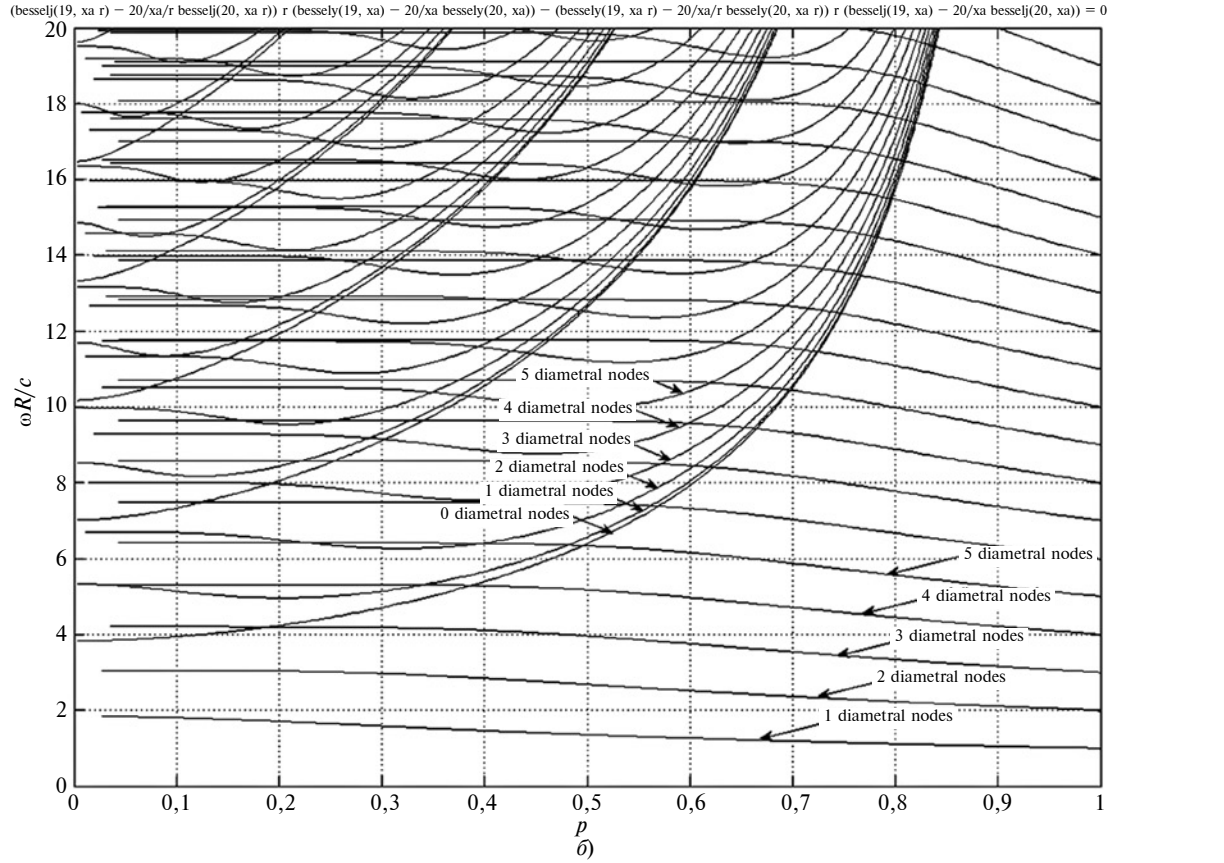
Первый класс образован регулярными слабо убывающими почти горизонтальными кривыми, при $\rho \to 1$ образующими строго гармоническую последовательность по собственным частотам: 1, 2, 3, ..., k, где k — натуральный ряд чисел. Это преимущественно тангенциальные колебания без узловых окружностей, с последовательно возрастающим числом k узловых диаметров. Второй класс образован преимущественно радиальными колебаниями. На полной карте он образует серии "спадающих кустовых семейств", каждое из которых справа ограничено асимптотическими кривыми. Каждая из этих асимптот отвечает осесимметричным колебаниям. Крайняя правая асимптота — колебания без узловых окружностей, следующая левее — с одной угловой окружностью и т. д. с добавлением ещё ровно одной узловой окружности при смещении по карте влево.

Для анализа состава семейств преимущественно радиальных колебаний необходимо обратиться к более крупномасштабной среднечастотной карте (рис. 2, *б*). Из неё видно, как слева от каждой асимптоты семейства к ней последовательно примыкают частотные кривые, отличающиеся последовательным добавлением очередного узлового диаметра.

И, наконец, наибольшее практическое значение исследуемой проблемы имеет низкочастотная карта собственных частот колебаний пневматической шины (рис. 2, *в*). Именно она показывает, что с увеличением скорости качения колеса v, а следовательно, согласно формуле 1, и угловой скорости ω вращающейся сосредоточенной нагрузки, эта сила в первую очередь возбуждает именно низкочастотные преимущественно тангенциальные собственные формы колебаний, располагающиеся на карте частот в нижней правой области, отвечающей реальным значениям относительных толщин шин ρ. При этом выполняется точное равенство для безразмерных собственных частот колебаний сжимаемого газа в пневматической шине при

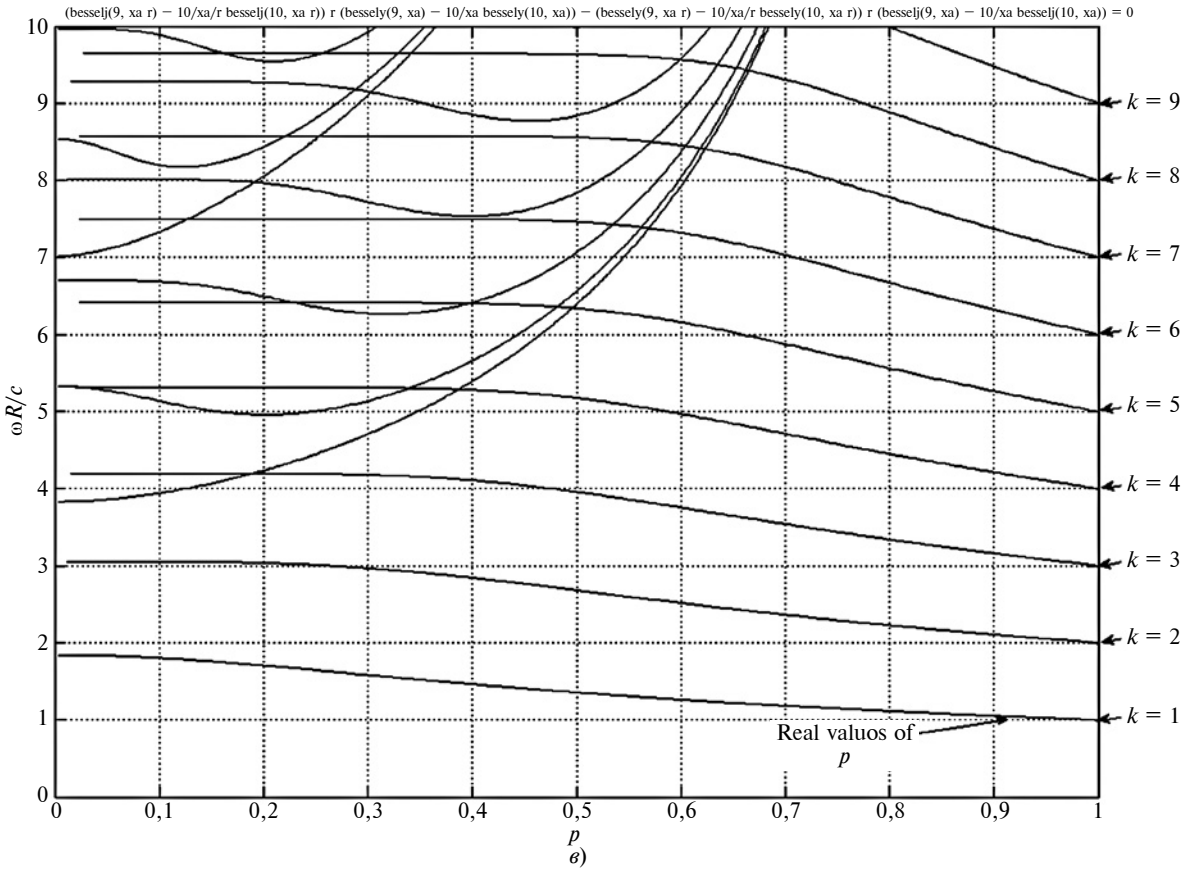


а)



б)

Рис. 2. Карты собственных частот колебаний пневматической шины:
а — полная; *б* — среднечастотная



в)

Рис. 2 (окончание). Карты собственных частот колебаний пневматической шины:
в — низкочастотная

$\rho \to 1$: $\omega_k R/c = k$, где k — натуральное число, номер собственной частоты колебаний шины в порядке возрастания её величины, имеющий физический смысл числа узловых диаметров собственной формы преимущественно тангенциальных колебаний (см. рис. 3).

Подводя итог обсуждению карт собственных частот и эпюр собственных форм колебаний пневматических шин, резюмируем, что в области больших значений ρ, отвечающих реальным размерам шин, располагаются низкочастотные преимущественно тангенциальные колебания с узловыми диаметрами, тогда как в областях малых ρ появляются и высокочастотные преимущественно радиальные акустические колебания с узловыми окружностями. Именно первые и представляют практический интерес.

Каждая собственная форма колебаний $A(r)\cos k\theta$ (рис. 3) является решением уравнения 2 свободных упругих колебаний и интерпретируется стоячей волной. Особенностью круговой геометрической формы пневматической шины является то, что все собственные частоты являются двукратно вырожденными, т.е. каждой собственной частоте колебаний ω_k, в дополнение к формуле 2, отвечает ещё одна собственная форма колебаний $A(r)\sin k\theta$, также интерпретируемая стоячей волной (формула 3).

Стоячие волны характеризуются тем, что их узловые диаметры неподвижны, что и видно из формул 2 и 3. Но поскольку исходное уравнение свободных упругих колебаний линейно, сумма и разность его решений также являются его решениями. Этими решениями соответственно будут:

$$A(r)(\cos k\theta\cos\omega_k t + \sin k\theta\sin\omega_k t) =$$
$$= A(r)\cos(k\theta - \omega_k t) = A(r)\cos k(\theta - \omega_k/kt),$$
$$A(r)(\cos k\theta\cos\omega_k t - \sin k\theta\sin\omega_k t) =$$
$$= A(r)\cos(k\theta + \omega_k t) = A(r)\cos k(\theta + \omega_k/kt).$$

Полученные выражения интерпретируются уже вращающимися волнами, являющимися частным случаем бегущих волн для тел с циклической симметрией. Они характеризуются тем, что их узловые диаметры вращаются с собственной угловой скоростью ω_k/k, причём во встречных направлениях. Первое выражение описывает вращение собственной волны в направлении возрастания угла θ, тогда как второе — в противоположном. Приходим к понятию вращающейся резонансной волны, возбуждаемой внешней вращающейся нагрузкой, угловая скорость которой ω приближается к собственной угловой скорости ω_k/k. Направление вращения вынужденной волны задаётся направлением вращения ω внешней нагрузки.

Итак, круговая форма геометрической области, занимаемой шиной, обеспечивает двойную кратность её собственных частот, т.е. каждой собственной частоте колебаний ω_k отвечают две собственные формы колебаний, сдвинутые по угловой координате на $\pi/2/k$. Суперпозиция их даёт вращающуюся собственную форму колебаний с собственной угловой скоростью вращения ω_k/k, которая и возбуждается внешней нагрузкой,

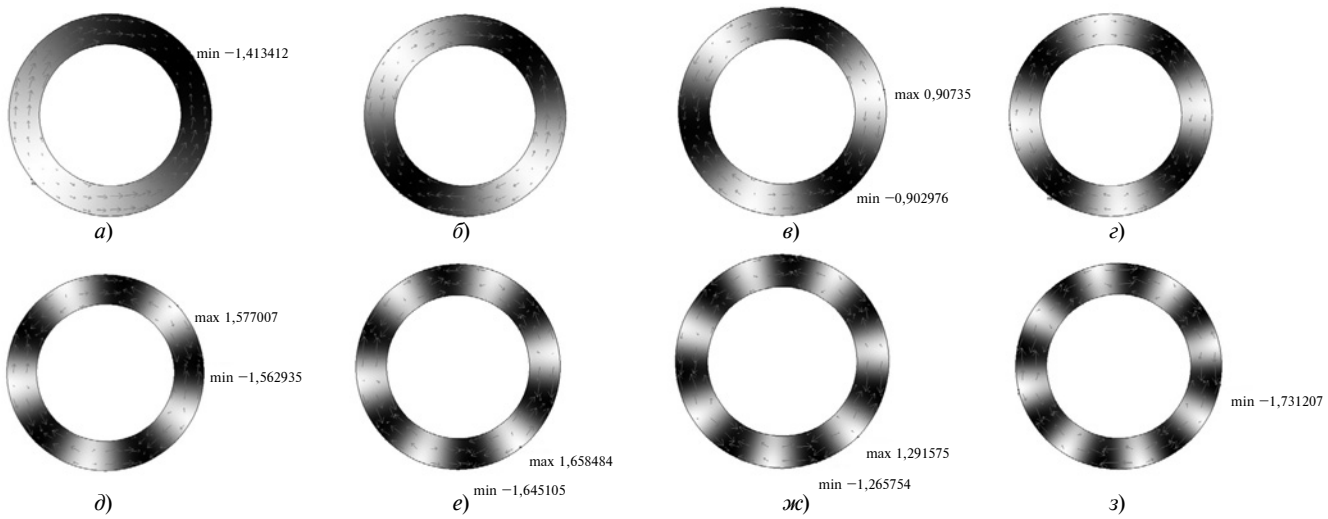


Рис. 3. Низшие собственные формы преимущественно тангенциальных колебаний пневматической шины, с последовательным увеличением числа узловых диаметров k:

а — k = 1; *б — k* = 2; *в — k* = 3; *г — k* = 4; *д — k* = 5; *е — k* = 6; *ж — k* = 7; *з — k* = 8

вращающейся с такой же угловой скоростью ω на критической частоте качения пневматической шины.

Применительно к поставленной исходной задаче следует определить скорость качения *v* пневматической шины, при которой угловая скорость вращения внешней нагрузки ω по формуле 1 будет приближаться к низшей собственной угловой скорости ω_1, создавая резонансную вращающуюся волну. Из карты собственных частот колебаний пневматической шины (рис. 2, *в*) очевидно, что для реальных толщин пневматических шин, характеризуемых $\rho \to 1$, их низшая безразмерная частота собственных колебаний $\omega_1 R/c$ удовлетворяет равенству: $\omega_1 R/c = 1$, откуда вытекает формула 4. Условие возникновения резонанса: $\omega = \omega_1$ с учётом формул 1 и 4 даёт весьма знаменательный по простоте и универсальности окончательный результат: $v = c$. Это означает, что независимо от наружного радиуса *R* пневматической шины её критическая скорость *v* всегда равна скорости звука *c* закаченного в неё газа. Скорость звука *c* в воздухе очень слабо растёт с давлением [9], в отличие от температуры, поэтому величина *c* в пределах технической точности для давлений от 1 до 10 атм — приблизительно одна и та же и составляет *c* = 343 м/с = 1235 км/ч при температуре 20 °С, что весьма далеко выходит за скоростные технические характеристики современной автомобильной техники. Это повторяет историю решённой ранее проблемы флаттера крыла в авиации, явление которого было просто выведено на несуществующие режимы полёта с запредельными скоростями. Отметим лишь, что рекордные реактивные автомобили, преодолевающие звуковой барьер, останутся, как и прежде, оснащёнными цельнометаллическими колесами.

Итак, скорость звука *c*, играющая "магическую" ключевую роль в аэродинамике, опять проявила себя, теперь уже как критическая скорость качения прочной слабодеформируемой лёгкой пневматической шины.

На наружную поверхность пневматической шины с угловой скоростью ω действует вращающаяся нагрузка $P(\theta - \omega t)$, амплитуда которой, с учётом малости пятна контакта, близка к сосредоточенной силе (рис. 4, *а*). Разложение этой нагрузки в ряд Фурье имеет вид:

$$P(\theta - \omega t) = a_0 + a_1\cos(\theta - \omega t) + a_2\cos 2(\theta - \omega t) + a_k\cos k(\theta - \omega t),$$

где a_k — постоянные коэффициенты, образующие убывающую последовательность. Отсюда видно, что гармонический состав вращающейся сосредоточенной силы образуют вращающиеся с угловой скоростью вращения этой силы ω косинусоидальные волны с натуральной последовательностью узловых диаметров *k*, где *k* = 0, 1, 2, 3... — целые числа (рис. 4, *б—д*). Все гармоники этого разложения как функции угловой координаты являются косинусоидами, имеющими *k* узловых диаметров. Поэтому при вращении их всех с одинаковой угловой скоростью ω частота колебаний на волне каждой из них увеличивается пропорционально *k* и составляет *k*ω. Амплитуды же вращающихся волн a_k убывают с ростом *k* достаточно медленно (рис. 5), причём тем медленней, чем меньше пятно контакта шины с основанием, когда нагрузка на поверхность шины всё более стремится к идеально сосредоточенной.

Следовательно, при приближении угловой скорости вращения сосредоточенной силы ω к низшей собственной угловой скорости вращающейся волны ω_1 с одним узловым диаметром, кроме этого основного резонанса будут "автоматически" возбуждаться и резонансы по собственным вращающимся волнам с большими числами узловых диаметров, *k* > 1, собственные угловые скорости которых ω_k/k при $\rho \to 1$ также равны ω_1 (рис. 2, *в*). Но в силу большего числа узлов *k* частота возбуждаемых колебаний в их волне будет соответственно *k*ω. Существенную роль на резонансе играет диссипация механической энергии, которая растёт с частотой колебаний [6]. Влияние внутреннего трения весьма существенно подавляет эти многоузловые резонансные вращающиеся волны, в тем большей степени, чем выше число *k* [6].

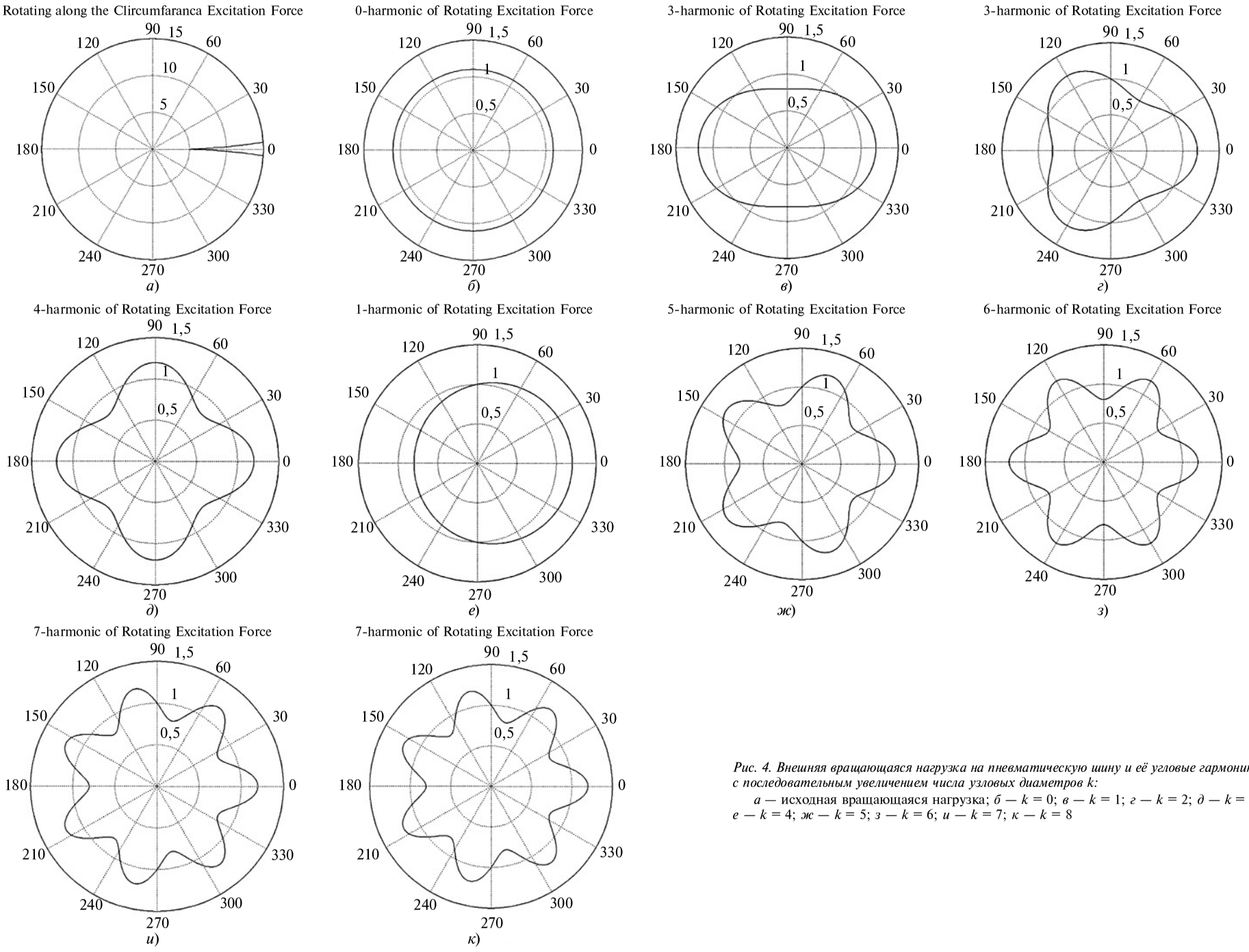


Рис. 4. Внешняя вращающаяся нагрузка на пневматическую шину и её угловые гармоники с последовательным увеличением числа узловых диаметров k:

а — исходная вращающаяся нагрузка; *б* — $k = 0$; *в* — $k = 1$; *г* — $k = 2$; *д* — $k = 3$; *е* — $k = 4$; *ж* — $k = 5$; *з* — $k = 6$; *и* — $k = 7$; *к* — $k = 8$

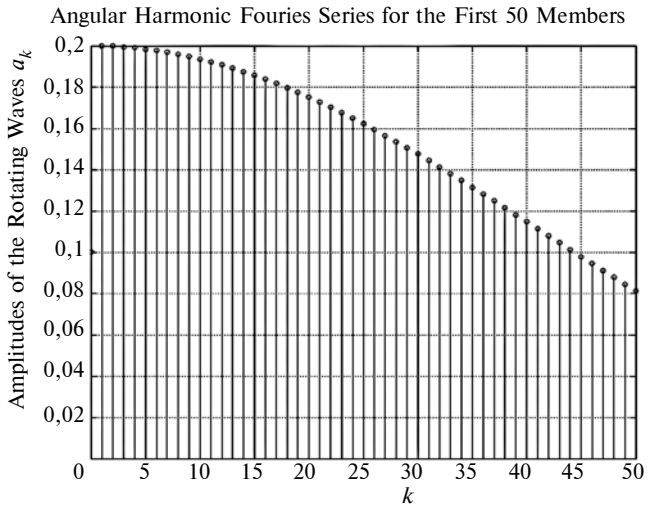


Рис. 5. Амплитуды разложения вращающейся сосредоточенной силы в ряд по угловым гармоникам как функции чисел k их узловых диаметров

Предупреждение: нештатное снижение критической скорости качения пневматической шины может случиться при её слабой накачке вследствие неправильной эксплуатации или постепенного травления воздуха при повреждении. В этом случае возможен резонанс шины, обусловленный инерционно-упругими свойствами самой оболочки. Малозаметные повреждения шины опасны и тем, что они развиваются во времени и могут приводить, например, к высокочастотным локальным изгибным деформациям металлического корда, сопровождающимися тепловыделениями. А высокие температуры шины, достигающие 120 °С, — это "смерть шины", приводящая к её разрушению. Разумеется, обязательно выполнение нормативных требований по эксплуатации пневматических шин, особенно в части индексов скорости и грузоподъёмности [10].

Литература

1. Балабин И.В. Колесо: обретение пневматической шины и начало автомобильной эры // Автомобильная промышленность. — 2015. — № 1. — С. 37—39.
2. Балабин И.В. Внутреннее давление воздуха в шине как силовой фактор, определяющий несущую способность автомобильного колеса / И.В. Балабин, В.А. Макаров, А.А. Писанец // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. — 2012. — № 3. — С. 63—67.
3. Балабин И.В. Автомобильные и тракторные колёса и шины. Москва, МГТУ "МАМИ", 2012. — 919 с.
4. Пономарев С.Д., Бидерман В.Л. и др. Расчёты на прочность в машиностроении. Т. 3. М., Машгиз, 1959.
5. Бидерман В.Л., Бухин Б.Л. Расчёт критической скорости пневматической шины. Изв. АН СССР, ОНТ. — Механика и машиностроение, 1961, № 1.
6. Свияженинов Е.Д. Спектральные методы решения задач о колебаниях диссипативных механических систем с распределёнными параметрами. СПб.: Изд-во ИПМаш РАН, 1993. — 65 с.
7. Sviyazheninov E.D. Resonant Cyclic Energy Flow Sysmems // Proceedings of International Conference on Structural Control, 2008, St.Petersburg, Russia. P. 410—414.
8. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1987. — 432 с.
9. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957. — 726 с.
10. Автомобильный справочник BOSH. М.: Изд-во "За рулём", 2012. — 1280 с.

На страницах «АП» в 2017—2018 гг. состоялась интересная дискуссия вокруг нового уравнения движения автомобиля, предложенного Г.И. Мамити. Оппоненты, разумеется, подвергли новшество жесткой критике, воздерживаясь однако от излишних эмоций и не переходя на личности. При этом по многим вопросам теории автомобиля возникли споры и между ними, что для настоящих учёных совершенно естественно. В результате в журнале появились новые интересные материалы, в том числе по новым смежным темам. Редакция благодарит всех участников дискуссии, показавшей: несмотря на сложные времена, отечественная автомобильная наука не умерла, не впала в летаргический сон или маразм, а по-прежнему жива и активна.

УДК 629.113

НОВАЯ ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук **МАМИТИ Г.И.**

Горский ГАУ (8672.53-28-84)

Уравнение движения автомобиля является основным из всех уравнений, определяющих закономерности его движения. Существующая теория базируется на общепринятом уравнении, в котором автомобиль, как твёрдое тело, рассматривается в виде материальной точки, совершающей плоское движение в пространстве. Основоположники теории автомобиля, наоборот, считали его твёрдым телом с соответствующей геометрией и разрабатывали её во взаимосвязи с земными условиями движения. Новое уравнение движения, полученное для автомобиля, как осязаемого твёрдого тела впервые учитывает высоты центров масс, парусности, контакта ведущего колеса с дорогой, которые являются точками приложения действующих на автомобиль сил. Это уравнение, подтверждённое теоретически, экспериментально и практикой эксплуатации, является основой новой теории движения автомобиля, устраняя парадокс существующей теории.

Ключевые слова: *новая теория, уравнение движения автомобиля, твёрдое тело, материальная точка, реальное тело, высоты точек приложения действующих на автомобиль сил, подтверждено теоретически, экспериментально и практикой эксплуатации, парадокс.*

Mamiti G.I.

NEW THEORY OF MOVEMENT OF THE VEHICLE

The equation of motion of the car is the main of all the equations that determine the laws of its motion. The existing theory is based on the generally accepted equation, in which the car, as a solid body, is considered as a material point performing a flat motion in space. The founders of the theory of the car on the contrary considered it a solid body with the appropriate geometry and developed it in conjunction with the earth's traffic conditions. The new equation of motion, obtained for the car as a tangible solid, for the first time takes into account the height of the centers of mass, sail, contact of the driving wheel with the road, which are the points of application of forces acting on the car. This equation, confirmed theoretically, experimentally, and operation practice, is the basis of a new theory of car movement, eliminating the paradox of the existing theory.

Keywords: *the new theory, the equation of motion of the car, solid, material point, real body, the height of the points of application of forces acting on the car, is confirmed theoretically, experimentally and by the practice of operation, paradox.*

Основополагающие допущения в теории и расчёте автомобиля

Любая теория начинается с обоснованных допущений, определений и приёмов, без которых невозможно решение проблем, ради которых создана. В теории движения и расчёте автомобиля приняты следующие допущения и основные понятия [1—8 и др.]: уравнением движения называют уравнение прямолинейного движения автомобиля как твёрдого тела с одной степенью свободы под действием продольных сил, направленных параллельно дороге в вертикальной плоскости (борты автомобиля совмещены), которое является основным из всех уравнений, определяющих закономерности движения автомобиля; в центре масс приложены силы тяжести, инерции и сопротивления подъёму автомобиля; в центре парусности приложена равнодействующая сил сопротивления воздуха; в контакте ведущего колеса с дорогой создаётся сила тяги, представляющая собой окружную (касательную, тангенциальную) реакцию дороги на ведущее колесо; силы и моменты, действующие на один элемент автомобиля, приводятся к другому его элементу (силы сопротивления качению колёс создают на оси ведущего колеса пропорциональный радиусу момент сопротивления качению, который при расчёте фрикционного сцепления на трогание с места, приводится к первичному валу коробки передач с учётом передаточного отношения и коэффициента полезного действия, как момент сопротивления движению автомобиля; поступательно движущаяся масса автомобиля заменяется эквивалентным ей по кинетической энергии условным маховиком и т. д.).

Эти допущения объяснимы. Основоположники теории автомобиля считали основным уравнение прямолинейного движения и это положение незыблемо. Высшие показатели ускоренного, равномерного и замедленного движения достигаются именно при прямолинейном движении автомобиля и определяются во время дорожных испытаний на горизонтальном участке дороги: приёмистость, максимальная скорость, минимальный тормозной путь.

Автомобиль, представляющий собой сложную механическую систему, считают твёрдым телом с одной степенью свободы, если изучается тяговая и тормозная динамика, и многомассовой колебательной системой, обладающей многими степенями свободы, если рассматривается плавность хода.

Рассмотрение автомобиля как твёрдого тела с одной степенью свободы продуктивно, так как значительно упрощает вывод уравнения движения без ощутимого ущерба для точности, поэтому используется авторами учебников.

Общепринятое уравнение движения автомобиля

Общепринятое уравнение прямолинейного движения автомобиля получают по-разному: из уравнения изменения кинетической энергии системы, из уравнения Лагранжа 2-го рода либо простым проецированием на прямую линию действующих на автомобиль сил. Для двухосного автомобиля его записывают в виде формулы 1, приведённой в табл. 1.

Уравнение 1 общепринято в отечественной и зарубежной литературе, хотя никакого отношения к движению автомобиля не имеет, так как представляет собой сумму сил, действующих по одной прямой в пространстве. То есть это уравнение плоского движения материальной точки, каковой, разумеется, не представлял автомобиль никто из основоположников теории его движения. Они создали теорию качения эластичного колеса, выполнив большой объём теоретических и экспериментальных исследований, рассматривая автомобиль в тесной взаимосвязи с земными условиями движения.

Парадокс существующей теории автомобиля

Парадокс заключается именно в том, что теория базируется на общепринятом уравнении движения автомобиля как твёрдого тела, представляемого в виде материальной точки, тогда как она разрабатывалась для реального твёрдого тела с присущими ему от при-

№	Формула	Примечания
1	$P - mj\delta - fG - P_w = 0$	P — сила тяги при равномерном движении; mj — сила инерции поступательно движущихся масс; m, j — масса и ускорение; δ — коэффициент учёта вращающихся масс; $mj\delta$ — приведённая сила инерции; f — коэффициент сопротивления качению; G — сила тяжести; fG — сила сопротивления качению; P_w — сила сопротивления воздуха
2	$P_f = M_f/r = Ga'/r = fG$	$f = a'/r$ — коэффициент сопротивления качению; ω — угловая скорость
3	$P_w + P_w(h_w - r)/r = P_w h_w/r$	—
4	$P - [P_w + P_w(h_w - r)/r] - fG = 0$	—
5	$P - P_w h_w/r - fG = 0$	—
6	$P - mj\delta_в - f_в G - P_w(h_w - r)/r - P_w = 0$	$\delta_в = h/r$ — коэффициент учёта вращающихся масс; $f_в = f\cos\alpha = f$ (так как $\alpha = 0$)
7	$P - mj\delta_в - f_в G - P_w h_w/r = 0$	
8	$T_1 + T_2 = \varphi_x Z_1 + \varphi_x Z_2 = \varphi_x(Z_1 + Z_2) = \varphi_x G$	φ_x — коэффициент продольного сцепления шин с дорогой
9	$mjh/r - \varphi_x mg - P_w h_w/r = 0$	—
10	$mjh/r - \varphi_x mg = 0$	—
11	$S_w = -V_0 t_0 + j t_0^2/2 + V_0 t_1/2 + V^2/2j$	V_0 — скорость начала торможения, м/с; t_0 — время, за которое колодки переместятся до соприкосновения с диском или барабаном, с; t_1 — время, за которое замедление возрастает до установившегося значения j, с; t_2 — время торможения с установившимся замедлением, определяемое с помощью уравнения (10), с

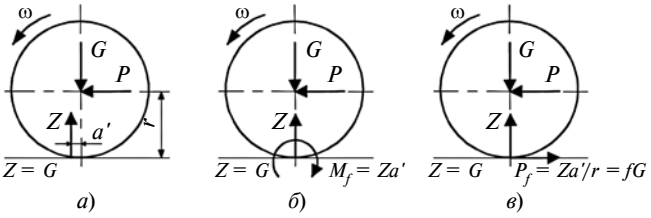


Рис. 1. Действительная силовая (а) и эквивалентные ей (б, в) расчётные схемы равномерно катящегося ведомого эластичного колеса

роды свойствами, неразрывно связанного с окружающей средой.

Теория автомобиля начинается с изучения сил, действующих на колесо, исследования увода эластичного колеса и сопутствующих ему явлений, чего нет у материальной точки. Ясно, что автомобиль и впредь будет рассматриваться разработчиками как осязаемое твёрдое тело, находящееся под действием плоской системы сил, точки приложения которых в действительности расположены на разных высотах, а не сосредоточены в одной материальной точке, как в общепринятом уравнении движения.

Анализируя внимательно общепринятое уравнение движения автомобиля, любой исследователь, соблюдая принятые допущения теории и расчёта автомобиля, установит, что оно ошибочно, так как не учтены высоты точек приложения действующих на автомобиль сил.

Получено новое уравнение движения автомобиля [9], отвечающее имеющимся реалиям, в котором впервые учтены высоты расположения присущих каждому твёрдому телу, в рассматриваемом случае автомобилю, от природы центров масс, парусности, контакта ведущего колеса с дорогой, являющихся точками приложения действующих на автомобиль сил.

Так как это уравнение является основным из всех уравнений, определяющих закономерности движения автомобиля, то с его получением можно считать, что создана новая теория движения автомобиля.

Ущербность теории, основанной на общепринятом уравнении, движения автомобиля, наглядна — по ней никакой роли не играют центры масс, парусности, контакта ведущих колёс с дорогой, и тем самым высоты точек приложения действующих сил, что противоречит основному понятию механики — ***сила***.

И это закономерно, если считать автомобиль материальной точкой, где всё слилось, всё совпало, всё виртуально, без привязки к окружающей среде.

Изложим вывод нового уравнения (прямолинейного) движения автомобиля [9]. Автомобиль имеет центры масс, парусности и контакта ведущего колеса с дорогой. В центре масс приложены силы тяжести, инерции и сопротивления подъёму. В центре парусности приложена сила сопротивления воздуха. В контакте ведущего колеса с дорогой создаётся нормальная реакция дороги и соответствующая ей сила тяги, представляющая собой окружную (касательную, тангенциальную) реакцию дороги на ведущее колесо.

Все продольные силы приложены на разных высотах. Приводим их к движущей силе тяги при помощи теоремы Вариньона для плоской системы сил и получаем уравнение движения автомобиля. Оно отвечает определению силы как физической величины, характеризующей взаимодействие тел, которая определяется точкой приложения, направлением и своей величиной.

Необходимо отметить, что теорема Вариньона давно безымянно используется в теории качения эластичного колеса. К примеру, рассмотрим равномерно катящееся колесо, к оси которого приложена сила тяжести G, толкающая сила P и нормальная реакция дороги Z, смещённая от оси вперед по ходу движения на расстояние a' (рис. 1). Вследствие переноса нормальной реакции Z (рис. 1, *а*) на расстояние a' (рис. 1, *б*) возникает момент сопротивления качению $M_f = Za' = Ga'$ [9]. Если разделить этот момент на радиус колеса, получим силу сопротивления качению P_f (формула 2 в таблице).

Наибольшее противодействие движению автомобиля с высокой скоростью оказывает сила сопротивления воздуха, которая многократно превышает силу сопротивления качению. Приведём силу P_w сопротивления воздуха, приложенную к корпусу машины на высоте h_w, проходящую через центр парусности, к оси вращения ведущих колёс и их контакту с дорогой (рис. 2) [9].

Движение автомобиля осуществляется при помощи ведущих колёс и их оси, к которому подводится тяговый момент. Силу, приложенную к корпусу машины, в данном случае P_w (рис. 2, *а*), можно по теореме Вариньона для плоской системы сил привести в любую точку, но в рассматриваемом случае имеет смысл привести её к оси вращения ведущих колёс, которая является центром моментов. Расчётной схеме (рис. 2, *а*) эквивалентна схема (рис. 2, *б*), так как две противоположно направленные по одной линии силы одинаковой величины взаимно уничтожаются. Далее схема

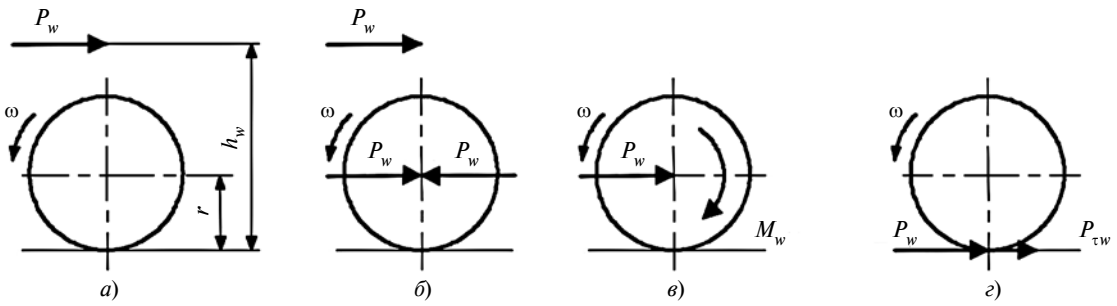


Рис. 2. Приведение силы P_w сопротивления воздуха (а) к оси вращения ведущих колёс (б, в) и их контакту (г) с дорогой

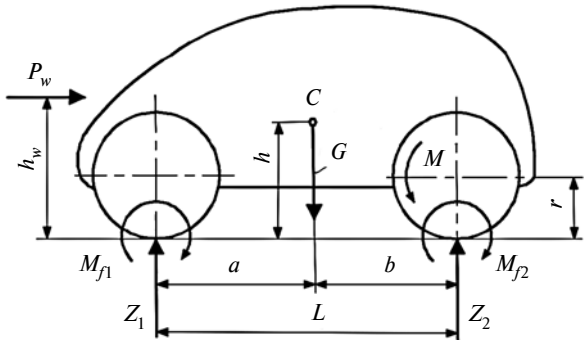


Рис. 3. Силы и моменты, действующие на заднеприводный автомобиль при равномерном движении

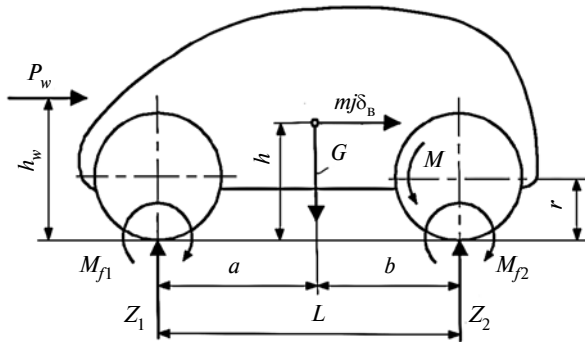


Рис. 4. Силы и моменты, действующие на заднеприводный автомобиль при разгоне

(рис. 2, *б*) эквивалентна схеме (рис. 2, *в*), в которой в результате переноса силы P_w к оси колеса образовался момент, равный $M_w = P_w(h_w - r)$.

Сила, возникающая в точке контакта ведущих колёс с дорогой (рис. 2, *г*), состоит из двух составляющих — силы P_w и реакции опорной поверхности на воздействие момента M_w, равной $P_{\tau м} = M_w/r = P_w(h_w - r)/r$. Тогда общее сопротивление от силовых факторов, связанных с преодолением сопротивления воздуха будет выражено формулой 3.

Вычитая из силы P тяги, силы сопротивления 2 и 3, получим уравнение равномерного движения автомобиля, в том числе и с максимальной скоростью (рис. 3), описываемое формулой 4, а также формулой 5. Они равнозначны, но первое уравнение позволяет исследовать влияние высоты h_w приложения силы и радиуса r ведущего колеса на динамику автомобиля, в целях определения их оптимальных значений для проектируемых автомобилей, в том числе гоночных.

Уравнения 4 и 5 получены одно из другого. Каждое из них можно найти в отдельности. Если за центр моментов принять ось ведущего колеса, получим уравнение 4, если за центр моментов принять центр контакта ведущего колеса с дорогой, то уравнение 5.

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

Уравнения 4 и 5 для ускоренного движения при разгоне запишутся с учётом возникающей силы инерции [9] (рис. 4) в виде формул 6 и 7 соответственно.

При торможении с выключенным сцеплением приведённая сила $mj\delta_в$ инерции становится движущей, в пятнах контакта колёс с дорогой возникают тормозные силы T_1 и T_2, не превышающие силы сцепления шин с дорогой. В случае экстренного торможения сумма $T_1 + T_2$ достигает наивысшего значения, которое не может быть меньше силы сцепления шин автомобиля с дорогой.

Для обеспечения наибольшей эффективности торможения результирующие касательных сил T_1 и T_2 не должны превышать сил сцепления передних и задних колёс с дорогой. В противном случае колёса блокируются и автомобиль идёт юзом, становится неуправляемым с одновременным ухудшением эффективности торможения. В случае недостаточной эффективности тормозов или служебного торможения, к сумме $T_1 + T_2$ добавляется сила fG сопротивления качению колёс и тогда $T_1 + T_2 = (\varphi_x + f)G$.

На основе уравнения 7, с учётом формулы 8 и равенства $G = mg$ получим уравнение движения автомобиля при экстренном торможении (рис. 5) — формулу 9, которое без учёта силы сопротивления воздуха ($P_w = 0$) примет вид формулы 10.

Новое уравнение равномерного движения (формула 5) позволит определить реальную мощность сопротивлений движению, и тем самым, требуемую мощность двигателя, необходимую для их преодоления с максимальной скоростью, а также исследовать влияние высот h, h_w центров масс и парусности на максимальные скорости автомобиля. Это уравнение позволяет решить главную задачу тягового расчёта — определить мощность сопротивлений движению и тем самым требуемую мощность двигателя автомобиля для достижения максимальной скорости V_{max} на горизонтальном участке дороги [9] $N_{ev} = [(f_v G + P_w h_w/r)V_{max}]/\eta$.

Новое уравнение ускоренного движения автомобиля при разгоне (формула 6) позволяет определить влияние высот центров парусности, масс и радиуса ведущих колёс на скорость движения автомобиля [10].

Новое уравнение движения автомобиля при торможении (формула 9) позволяет учесть влияние силы сопротивления воздуха на величину тормозного пути.

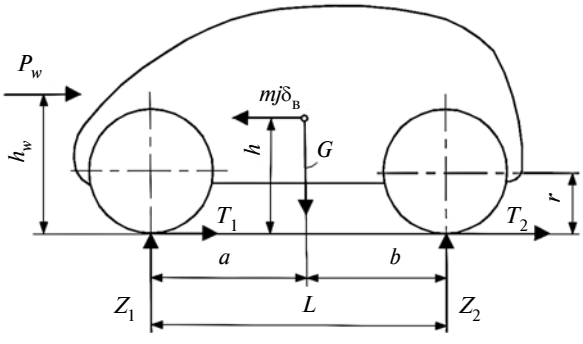


Рис. 5. Силы, действующие на двухосный автомобиль при торможении

Более того, впервые в мировой практике получено аналитическое уравнение для прогнозирования тормозного пути S_w с учётом влияния сопротивления воздуха (формула 11). Составленная на его основе номограмма для прогнозирования на стадии проектирования ожидаемого пути торможения позволит также при проведении автотехнической экспертизы определить, с какой скорости началось экстренное торможение, и была ли техническая возможность предотвратить дорожно-транспортное происшествие.

К сожалению, многие коллеги оказались не готовы к восприятию такого подхода, проявив непонимание основ механики и нежелание вникнуть в наши аргументы. Так, автор критического материала [11] уже в аннотации указывает: *"В качестве исходной посылки в этой статье принято, что крутящие моменты, действующие на корпус колёсной машины, передаются на её ведущие колёса"*. Но во всех наших работах, в том числе и в статье [9], рассматриваются продольные силы, действующие на автомобиль, а не приписываемые нам оппонентами "крутящие моменты". Вывод нового уравнения движения в ней буквально "разжёван". Но чтобы его понять, нужно действительно знать разработки основоположников теории автомобиля и иметь представление о теореме Вариньона для плоской системы сил. Отстаивать же "общепринятое" (ошибочное) уравнение движения автомобиля бессмысленно: действующие на автомобиль силы не проходят через одну точку, что очевидно для всех, за редким исключением [11, 12].

Литература

1. Чудаков Е.А. Избранные труды. Том 1. Теория автомобиля. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. 464 с.
2. Зимелев Г.В. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 1959. 240 с.
3. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 1963. 240 с.
4. Антонов А.С., Кононович Ю.А., Магидович Е.И., Прозоров В.С. Армейские автомобили. Теория. — М.: Воениздат, 1970. 527 с.
5. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория. — Минск: Вышэйшая школа, 1986. 208 с.
6. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. 237 с.
7. Jante A.(Янте А. Механика движения автомобиля. Пер. с нем. — М.: Машгиз, 1958. — 263 с.).
8. Taborek J. (Таборек Я. Механика автомобиля. Пер. с англ. — М.: Машгиз, 1960. — 207 с.).
9. Мамити Г.И. Прорыв в науке? Пусть ответит непредвзятый читатель // Автомобильная промышленность, 2017, № 7. С. 21—30.
10. Мамити Г.И. Влияние на скорость движения автомобиля радиуса колёс и высот расположения центров парусности и масс // Автомобильная промышленность, 2018, № 2. С. 15—17.
11. Пожидаев С.П. Торжество науки над здравым смыслом // Автомобильная промышленность, 2018, № 4. С. 20—25.
12. Мамити Г.И. Новое уравнение движения колёсной машины и возражения его противников // Автомобильная промышленность, 2018, № 4. С. 25—28.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 629.3.083.6

МОБИЛЬНАЯ ШИНОМОНТАЖНАЯ МАСТЕРСКАЯ

Канд. техн. наук **ТАРАСЕНКО П.Н.**

Белорусский национальный ТУ (petr_nikolaevich@tut.by)

Предложена мобильная шиномонтажная мастерская, включающая: базовое шасси МАЗ-631705-261, съёмный кузов-контейнер, оснащённый современным оборудованием, а также манипуляторную установку, предназначенную для приведения в действие устройств вывешивания колеса автомобиля с повреждённой шиной, отвёртывания гаек крепления колеса и загрузки его в мастерскую. Оптимизация технологического процесса демонтажа повреждённой шины автомобиля показала, что предложенная мобильная шиномонтажная мастерская требует значительно меньших затрат времени для его проведения в сравнении с существующими аналогами.

***Ключевые слова**: подвижная мастерская, шиномонтажный участок, кузов-контейнер, оборудование, оптимизация, технологический процесс.*

Tarasenko P.N.

MOBILE TIRE FITTING WORKSHOP

Predlozhena mobil'naya shinomontazhnaya masterskaya, vklyuchayushchaya: bazovoye shassi MAZ-631705-261, s"yemnyy kuzov-konteyner, osnashchennyy sovremennym oborudovaniyem, a takzhe manipulya-tornuyu ustanovku, prednaznachennuyu dlya privedeniya v deystviye ustroystv vyveshivaniya kolesa avto-mobilya s povrezhdennoy shinoy, otvertyvaniya gayek krepleniya kolesa i zagruzki yego v masterskuyu. Optimizatsiya tekhnologicheskogo protsessa demontazha povrezhdennoy shiny avtomobilya poka-zala, chto predlozhennaya mobil'naya shinomontazhnaya masterskaya trebuyet znachitel'no men'shikh za-trat vremeni dlya yego provedeniya v sravnenii s sushchestvuyushchimi analogami.

***Keywords:** podvizhnaya masterskaya, shinomontazhnyy uchastok, kuzov-konteyner, oborudovaniye, optimizatsiya, tekhnologicheskiy protsess.*

Значительная часть военной автомобильной техники, выходящей из строя при ведении боевых действий, требует замены или ремонта шин. Как показывают результаты расчётов, приведённые в работе [1, 2], в наступательном бою механизированной бригаде в течение суток требуется замена 17—20 комплектов автошин, а в обороне — 10—12.

Анализ оборудования и инструмента, применяемого в подвижных ремонтных мастерских МТО-АТ-М1, ПАРМ-1М1 и ПАРМ-3М1 для замены и ремонта автомобильных камер и шин, свидетельствует о том, что оно имеет невысокие технические характеристики, требует значительных затрат физического труда водителей и ремонтников, морально устарело и не отвечает требованиям времени [3—6].

Для ремонта автомобильных шин ВАТ в полевых условиях в России создан мобильный шиномонтажный участок ПТОР производства ООО

"Уралкомплектстрой", содержащий транспортное средство с кузовом-контейнером (рис. 1), внутри которого размещается [7]: стенд шиномонтажный "Хофман Монтри 3300 GP"; балансировочный станок "Троммельберг CB 1920B"; домкрат подкатной; ванна для проверки камер; стул и верстак слесарный (на нём установлен вулканизатор, настольно-сверлильный и заточной станки, а также закреплена документация); пост для накачивания шин КС-115; шкаф с набором инструмента.

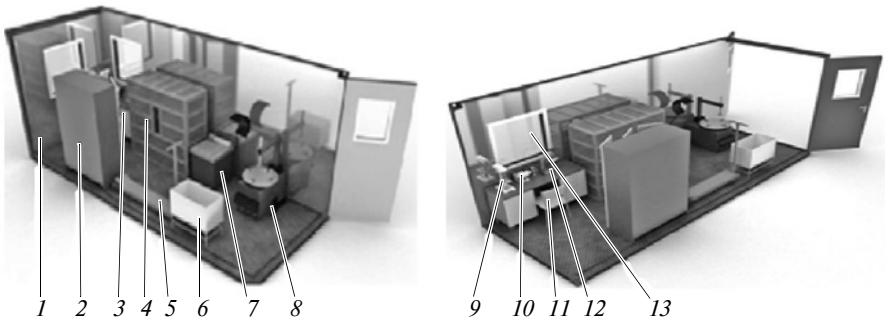


Рис. 1. Мобильный шиномонтажный участок ПТОР:

1 — кузов-контейнер; *2* — шкаф с набором инструмента; *3* — верстак слесарный; *4* — пост для накачивания шин КС-115; *5* — домкрат подкатной; *6* — ванна для проверки камер; *7* — балансировочный станок Trommelberg CB 1920B; *8* — стенд шиномонтажный Hofmann Monty 3300 GP; *9* — настольно-сверлильный станок; *10* — заточной станок; *11* — стул; *12* — вулканизатор; *13* — документация

Основные недостатки данного мобильного шиномонтажного участка ПТОР: отсутствие собственного источника питания в мастерской, что не позволяет использовать его автономно в отрыве от источников электроэнергии; вывешивание повреждённого колеса подкатной тележкой, предназначенной для использования на бетонированной или асфальтированной площадке, в полевых условиях (бездорожья) будет затруднено; обеспечение шиномонтажным стендом Hofmann Monty 3300 GP монтажа и демонтажа шины колеса с максимальным диаметром 1000 мм, а балансировочным станком Trommelberg CB 1920B — шин с внешним диаметром 900 мм, что не позволит производить шиномонтажные работы автомобилей КамАЗ-4310, "Урал-4320", МАЗ-6317 и др.; отвёртывание гаек повреждённого колеса торцовым ключом и загрузка его в кузов-контейнер без подъёмно-транспортного оборудования, что требует значительных затрат времени и физических сил личного состава мастерской.

Для устранения вышеперечисленных недостатков, расширения технологических возможностей мобильного шиномонтажного участка и улучшения условий работы личного состава нами предложено создать мобильную шиномонтажную мастерскую на базе продукции отечественных предприятий.

При комплектовании мобильной шиномонтажной мастерской техническими средствами (оборудованием, приспособлениями и инструментом) в первую очередь учитывали необходимость его для замены, балансировки и ремонта покрышек и камер автомобильной техники, вышедших из строя в результате боевых и эксплуатационных повреждений в полевых условиях, а также выполнения следующих ограничений [8]. Так, общее энергопотребление техническими средствами не должно превышать мощности, вырабатываемой бензиновой генераторной установкой Gesan G 15 TFH key, размещаемой в кузове-контейнере: $\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}d_{ij} \le k_1 A_0$. Суммарная площадь, занимаемая техническими средствами, не должна, разумеется, превышать площади кузова-контейнера: $\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} s_{ij}d_{ij} \le k_2 S_0$. Общая масса технических средств и съёмного кузова-контейнера не должна превышать грузоподъёмности базового автомобиля МАЗ-631705-261: $\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} g_{ij}d_{ij} \le G_0$. На каждом i-м посту может быть использовано только одно j-е средство $\sum_{j=1}^{n} d_{ij} = 1$, $i = 1, 2, ..., m$, где m — число постов, на которые необходимо выбрать технические средства; n — количество отдельных средств на каждый пост; $a_{ij} = 1$, $i = 1, 2, ..., m$, $j = 1, 2, ..., n$ — потребляемая мощность j-го средства при эксплуатации на i-м посту; $s_{ij} = 1$, $i = 1, 2, ..., m$, $j = 1, 2, ..., n$ — площадь j-го средства для i-го поста; $g_{ij} = 1$, $i = 1, 2, ..., m$, $j = 1, 2, ..., n$ — масса j-го средства для i-го поста; A_0 — допустимое энергопотребление совокупности оборудования машины технической помощи; k_1 — коэффициент спроса, учитывающий неодновременность работы потребителей электроэнергии, в расчётах принимаем $k = 0{,}5—0{,}75$ [9]; s_0 — максимальный имеющийся объём кузова-фургона для технических средств машины технической помощи; k_2 — коэффициент плотности расстановки оборудования в кузовах-фургонах мастерских, в расчётах принимаем $k_2 = 1{,}5—2{,}0$ [9]; G_0 — максимальная установленная масса для технических средств машины технической помощи; $d_{ij} = 1$, $i = 1, 2, ..., m$, $j = 1, 2, ..., n$ — булева переменная, принимающая значение 1, если j-е средство используется на i-м посту, и 0 — в обратном случае.

В качестве составляющих элементов создаваемой мобильной шиномонтажной мастерской на основе проведённого в работах [1, 2, 10] анализа предлагается использовать базовое шасси автомобиля МАЗ-631705-261, на которое установить легкосъёмный кузов-контейнер ООО "Мидивисана" габаритными размерами 6058 × 2440 × 2170 мм [6]. Мастерскую оснастить новым технологическим оборудованием, приспособлениями и инструментами [1, 2, 10] в следующем составе: бензиновая генераторная установка "Гесан G 15 TFH key", шиномонтажный стенд Ш-515Е [11], балансировочный станок СБМП-200 [12], манипуляторная установка "Твига Флекс" [13] (в проёме открываемой дополнительной двери с правой стороны кузова-контейнера), насосная станция с гидроприводом серии НГР-2,8А63-1 для привода манипуляторной установ-

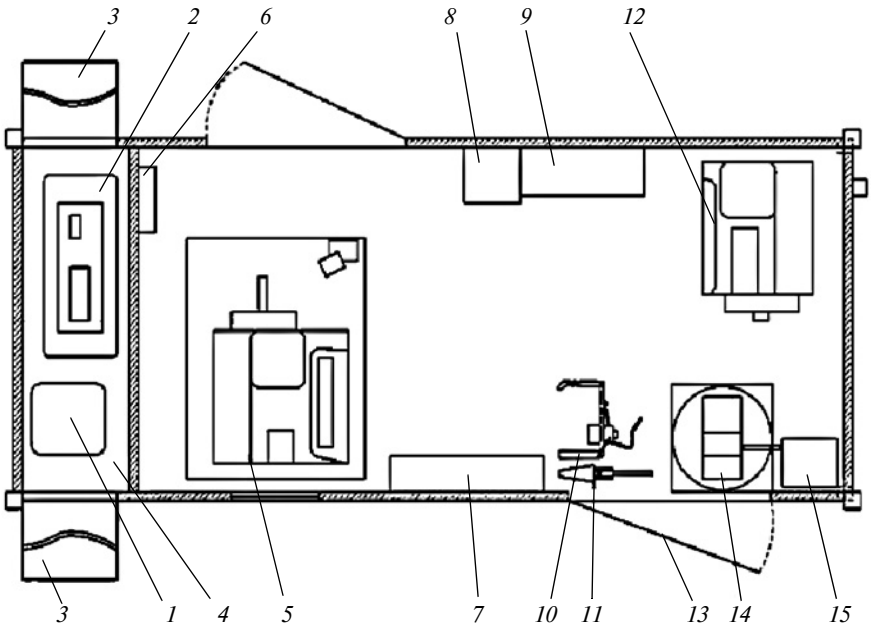


Рис. 2. Схема размещения оборудования в кузове-контейнере:

1 — бензиновая генераторная установка Gesan G 15 TFH key; *2* — компрессор Remeza СБ4/С-24.GM244; *3* — откидывающиеся люки; *4* — энергетический отсек; *5* — шиномонтажный стенд Ш-515Е; *6* — электрообогревательное устройство; *7* — пост накачивания грузовых колёс КС-115; *8* — вулканизатор Trommelberg NV 004; *9* — верстак; *10* — устройство для загрузки (выгрузки) колеса; *11* — устройство для вывешивания автомобиля с домкратом; *12* — стенд для балансировки колёс СБМП-200; *13* — боковая дверь; *14* — манипуляторная установка TwigaFlex; *15* — насосная станция гидропривода серии НГР-2,8А63-1

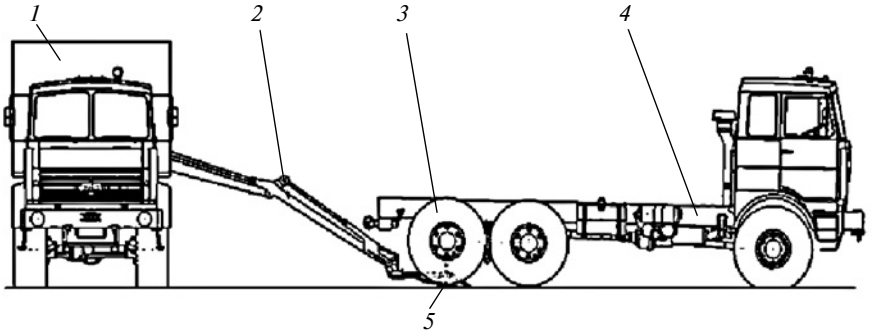


Рис. 3. Схема вывешивания колеса повреждённого автомобиля:

1 — мастерская; *2* — манипуляторная установка; *3* — повреждённое колесо; *4* — повреждённый автомобиль; *5* — устройство для вывешивания автомобиля с домкратом

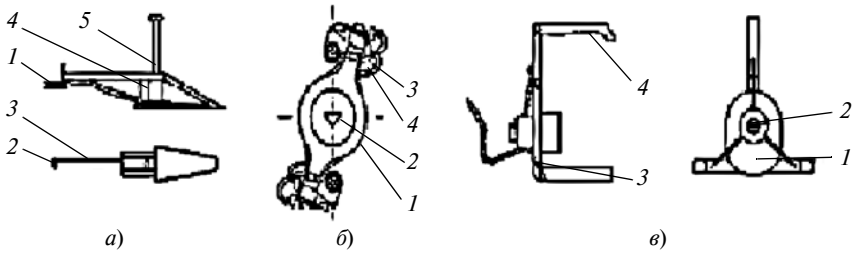


Рис. 4. Сменные устройства:

а — вывешивания повреждённого колеса: *1* — шланг с рабочей жидкостью; *2* — быстроразъёмное клинообразное соединение; *3* — направляющая ось; *4* — гидравлический домкрат; *5* — клинообразное основание; *б* — отвертывания (завертывания) гаек колеса: *1* — основание; *2* — быстроразъёмное клинообразное соединение; *3* — шланг с рабочей жидкостью; *4* — гидравлический гайковёрт; *в* — загрузки (выгрузки) колеса: *1* — основание; *2* — быстроразъёмное клинообразное соединение; *3* — шланг с рабочей жидкостью; *4* — захваты

ки, гидравлического домкрата и гайковерта [10, 14], вулканизатор "Троммельберг NV 004" [15], пост накачивания грузовых колёс КС-115 [16], компрессор для накачки шин "Ремза СБ4/С-24.GM244" [17], инструмент и материалы для ремонта шин и камер.

Оборудование, инструмент и имущество в кузове-контейнере, разделённом на энергетический и рабочий отсеки, предлагается разместить с учётом обеспечения удобного доступа к ним и работы личного состава на рабочих местах (рис. 2). В энергетическом отсеке, отделённом от рабочего шума изоляционной перегородкой, размещается: бензиновая генераторная и компрессор. В рабочем отсеке кузова-контейнера располагается всё остальное технологическое оборудование шиномонтажной мастерской.

При необходимости мобильная шиномонтажная мастерская выезжает на место нахождения автотранспортных средств, нуждающихся в ремонте. Перед началом работ её устанавливают на расстоянии 2,5—3 м от колеса автомобиля с повреждённой шиной (рис. 3) напротив открываемой дополнительной боковой двери кузова-контейнера [10]. Ослабляют торцовым ключом гайки крепления повреждённого колеса. Приводят в рабочее положение манипуляторную установку и соединяют её механизмом фиксации с устройством вывешивания колеса (рис. 4, *а*), а также шланг гидравлического домкрата со шлангом подвода масла высокого давления к сменному исполнительному механизму от манипуляторной установки. Затем с помощью манипулятора устанавливают клинообразное основание с гидравлическим домкратом (устройства для вывешивания колеса) под картер моста колеса автомобиля с повреждённой шиной и с помощью насосной станции с гидроприводом приводят в действие гидравлический домкрат, вывешивающий колесо с повреждённой шиной автомобиля.

Далее отсоединяют от манипуляторной установки устройства для вывешивания колеса и подсоединяют вместо него устройства для отвёртывания гаек (рис. 4, *б*) и отвёр-

тывают гайки крепления колеса автомобиля с повреждённой шиной. После этого отсоединяют от манипуляторной установки устройства для отвёртывания гаек и подсоединяют приспособление крепления повреждённого колеса (рис. 4, *в*), с помощью которого загружают снятое колесо в кузов-контейнер (рис. 5) и устанавливают его на шиномонтажный стенд... Установка колеса на автомобиль после замены или ремонта повреждённой шины производится в обратном порядке.

В целях поиска наилучшего технологического решения демонтажа повреждённой шины с автомобиля проведена оптимизация технологического процесса, в основу которого может быть положена идея нейросетевого моделирования [18]. В ходе отимизации, как известно, из числа возможных типов и видов технологических операций, образующих процесс, находят такую их последовательность, которая обеспечивает необходимые производительность и качество с наименьшими затратами [19]. Идея нейросетевого моделирования заключается в том, что каждую операцию технологического процесса представляют как слой нейронной сети. Входные переменные X_i — это выбранный вид выполнения операции (вручную, с применением приспособлений или разработанного оборудования). Выходные переменные Y_i^1 характеризуют выполнение данного типа операции и переход к следующему. Кружками в слоях обозначены различные типы операций, каждый из которых может быть выполнен с применением различных видов оборудования, приспособлений или вручную. Оптимальный выбор вида операций процесса моделируем искусственным нейроном (процессором), схема которого представлена на рис. 6.

Модель искусственного нейрона определяется двумя уравнениями:

$$Y_i^{(k)}(t) = f(S_i^{(k)}(t)) \text{ и}$$

$$S_i^{(k)}(t) = \sum_{j=0}^{N_{k-1}} W_{ij}^{(k)}(t) \cdot x_j^{(k)}(t).$$

Изменение параметров функции $W_{ij}^{(k)}$ определяется моделями вы-

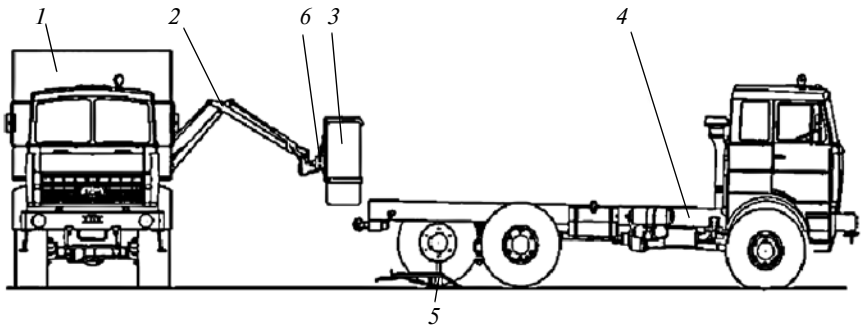


Рис. 5. Схема загрузки (выгрузки) повреждённого колеса в мастерскую:

1 — мастерская; *2* — манипуляторная установка; *3* — повреждённое колесо; *4* — повреждённый автомобиль; *5* — устройство для вывешивания автомобиля с домкратом; *6* — устройство для загрузки и выгрузки колеса в мастерскую

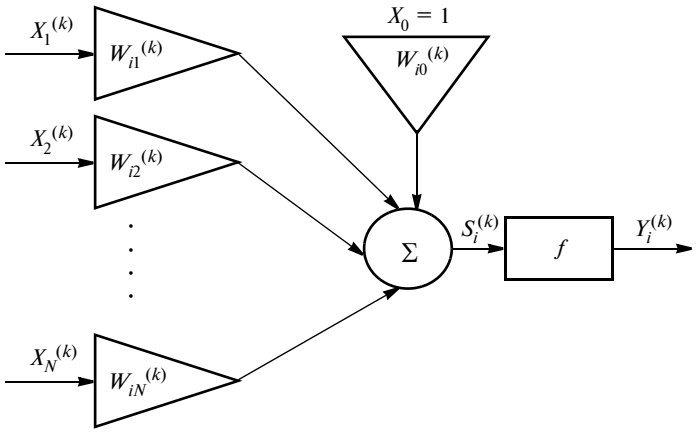


Рис. 6. Схема искусственного нейрона (процессора)

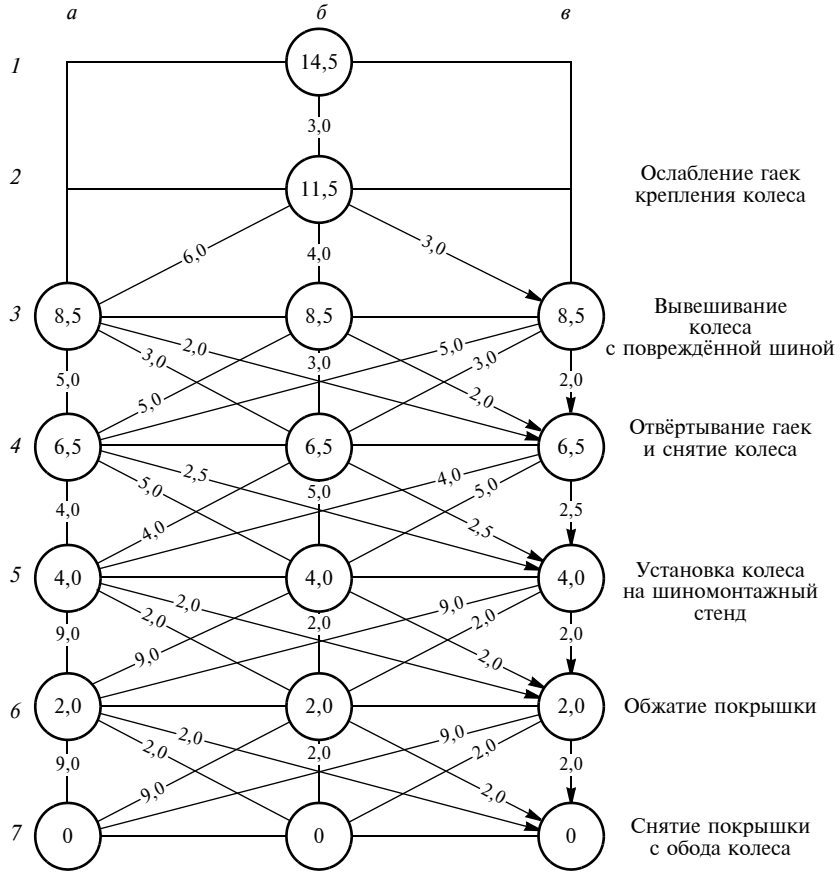


Рис. 7. Граф вариантов ТП демонтажа повреждённой шины с автомобиля

Операции		Координаты вершин	Затраты, мин
Тип	Вид		
Ослабление гаек крепления колеса	Вручную — торцовым ключом	2б	3,0
Вывешивание колеса с повреждённой шиной	Вручную — гидравлическим домкратом	3а	6,0
	Подкатной тележкой	3б	4,0
	Разработанным устройством для вывешивания колеса автомобиля	3в	3,0
Отвёртывание гаек и снятие колеса	Вручную — торцовым ключом	4а	5,0
	Электрогайковёртом	4б	3,0
	Разработанным устройством для отворачивания гаек колеса автомобиля	4в	2,0
Установка колеса на шиномонтажный стенд	Вручную в палатку на ручной шиномонтажный стенд	6а	4
	Вручную в мастерскую на шиномонтажный стенд	6б	5
	Разработанным устройством для загрузки колеса в мастерскую на шиномонтажный стенд	6в	2,5
Обжатие покрышки	Ручным шиномонтажным стендом	7а	9
	На шиномонтажном стенде Hofmann Monty 3300 GP	7б	2
	На шиномонтажном стенде Ш 515Е	7в	2
Снятие покрышки с обода колеса	Ручным шиномонтажным стендом	8а	9
	На шиномонтажном стенде Hofmann Monty 3300 GP	8б	2
	На шиномонтажном стенде Ш 515Е	8в	2

бора вида операции, приспособлений и последовательного изменения весовых коэффициентов. Здесь время t удобно рассматривать как целочисленную величину, определяющую длительность совершения операции.

Согласно концепции слоистой нейронной сети каждый слой содержит процессоры (нейроны), функционирующие по принципу пороговой логики, а именно, когда сумма воздействий на нейрон достигает пороговой величины, он передаёт сигнал с данного уровня на следующий. Применительно к рассматриваемой проблеме будем этот процесс связывать с процессом выполнения предыдущего вида операции и переходом к последующей.

В моделях искусственных нейронных сетей достижение некоторого состояния происходит за счёт изменения параметров W_{ij} сети (весовых коэффициентов). Системы такого типа, как правило, описываются дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами и называются адаптивными.

Морфологическая матрица и соответствующий граф вариантов технологического процесса с затратами на подготовку и выполнение операций демонтажа повреждённой шины с автомобиля [20, 21] приведены в таблице и на рис. 7. Анализ трёх методов технологического процесса демонтажа повреждённой шины с колеса автомобиля показал, что затраты времени на его проведение составляют при использовании оборудования и инструмента: поста вулканизационных работ ПАРМ-3М1 — 36 мин; мобильного шиномонтажного участка ПТОР производства ООО "УРАЛКОМПЛЕКТСТРОЙ" — 19 мин; предложенной мобильной шиномонтажной мастерской — 14,5 мин.

Как видим, разработанная мобильная шиномонтажная мастерская более производительна, требует меньших затрат времени и рабочей силы для проведения шиномонтажных работ в сравнении с существующими аналогами, а также улучшает условия работы личного состава. Возможности мастерской соответствуют перспективе развития военной техники и повышения требований к системе технического обслуживания и ремонта.

Литература

1. Тарасенко П.Н. Мобильный шиномонтажный комплекс / П.Н. Тарасенко, Н.Г. Кушнер // Обеспечение пограничной безопасности и охрана Государственной границы Республики Беларусь: теория и практика: материалы 3-й науч.-практ. конф., Минск, 22 мая 2013 г.: в 3 ч. / ГУО "Ин-т пограничной службы Республики Беларусь", редкол.: В.Ф. Качуринский [и др.]. — Минск, 2013. — Ч. 2. — С. 56—57.
2. Тарасенко П.Н., Миронов Д.Н. Мобильный шиномонтажный комплекс / Сборник научных работ УО "Военная академия Республики Беларусь". № 26. 2014. — С. 116—123.
3. Руководство по унифицированным мастерским технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей и гусеничных машин (МТО-АТ, МТО-4ОС, МТО-АТГ). — М.: Воениздат, 1984. — 200 с.
4. Ремонтно-слесарная мастерская МРС-АТ-М1. Руководство. — М.: Воениздат, 1985. — 245 с.
5. Подвижная автомобильная ремонтная мастерская ПАРМ-3М1. Руководство. — М.: Воениздат, 1986. — 200 с.
6. Разработка тактико-технических требований к подвижной ремонтной мастерской автомобильной техники на базе МАЗ-6317: отчёт о НИР (Шифр "ПАРМ-МАЗ") / Бел. нац. техн. ун-т; рук. темы П.Н. Тарасенко. — Минск, 2011. — 169 с. — Рег. № 2.52.11.
7. Мобильный шиномонтажный участок КРОН [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.konteiner-kron.ru//ka... — Дата доступа: 19.08.2012.

8. Аникеев Ю.И., Долгович А.В., Хандошко С.Н. Выбор и обоснование технических средств для оснащения унифицированной мастерской по ремонту ракетно-артиллерийского вооружения. Вестник военной академии Республики Беларусь № 4, 2014. — С. 111—118.
9. Тарасенко П.Н. Проектирование подвижных ремонтных подразделений: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-37 01 06 "Техническая эксплуатация автомобилей" направления 1-37 01 06-02 "Военная автомобильная техника" / П.Н. Тарасенко. — Минск: БНТУ, 2014. — 106 с.
10. Мобильный шиномонтажный комплекс для ремонта и обслуживания автотранспортных средств: пат. № 9938 Респ. Беларусь, МПК B 60P 3/14 (2006.01) / П.Н. Тарасенко, Н.А. Кушнер; заявитель: Бел. нац. техн. ун-т. — № u 20130554 заявл.: 2013.07.01; опубл. 2014.02.28 // Официальный бюллетень ВЫНАХОДСТВЫ, КАРЫСНЫЯ МАДЭЛІ, ПРАМЫСЛОВЫЯ ЎЗОРЫ / Нац. центр интел. собственности. — 2014. — № 1, с. 168—169.
11. Шиномонтажные стенды Ш-515Е (станки Ш-515Е для шиномонтажа). Инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.1avtorem.ru. — Дата доступа: 17.05.2009.
12. Балансировочный станок для грузовых авто СБМП-200 Trucker [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.master-instrument.ru. — Дата доступа: 26.04.2009.
13. Навесная косилка Twiga Flex (Spearhead) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.selhozpostavka.com.ua. — Дата доступа: 10.04.2012.
14. Инстэл. Поставки промышленного гидравлического, абразив струйного, грузоподъёмного, криогенного и фланцевого оборудования. Сервисное обслуживание [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.instel.by. — Дата доступа: 17.09.2007.
15. Вулканизатор напольный — Trommelberg NV 004 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.trommelberg.pro. — Дата доступа: 12.10.2011.
16. Пост накачивания грузовых колёс КС-115 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.teh-avto.ru. — Дата доступа: 27.05.2009.
17. Инструкция по эксплуатации компрессора Remeza СБ 4 /С -24.GM192... [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.mycompressor.by. — Дата доступа: 14.04.2013.
18. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: учеб. пособие / Н.Г. Ярушкина. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 320 с.
19. Савич А.С. Технология и оборудование ремонта автомобилей: учеб. пособие / А.С. Савич, В.П. Иванов, В.К. Ярошевич. — Минск: Адук. і вых., 2009. — 464 с.
20. РД 03112178-1023-99. Сборник норм времени на техническое обслуживание [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.norm-load.ru. — Дата доступа: 02.01.2011.
21. Отраслевые укрупненные нормы времени на капитальный и средний ремонт автомобильной техники в подвижных ремонтных подразделениях 694-009-85НВ. — М.: Воениздат, 1986. — 240 с.

УДК 629.021

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ПНЕВМОАППАРАТОВ С УНИВЕРСАЛЬНОЙ МАНЖЕТОЙ

Кандидаты техн. наук **НУЖДИН Р.В., КУРОЧКИН С.В.; ДОРОФЕЕВ В.А.**
Владимирский ГУ имени А.Г. и Н.Г. Столетовых
(bob_14_94@mail.ru)

Проведён анализ конструкции и рабочего процесса универсальной манжеты, проанализированы особенности её применения, а также рассмотрена проблематика ремонта пневмоаппаратов, содержащих в конструкции универсальную манжету.

Ключевые слова: *пневматический привод, универсальная манжета, ремонт автомобиля, рабочие процессы пневмоаппаратов, производство запасных частей.*

Nuzhdin R.V., Kurochkin S.V., Dorofeev V.A. PECULIARITIES OF OPERATION AND REPAIR OF PNEUMO AIRPUTERS WITH UNIVERSAL MOUNT

The article analyzes the design and working process of the universal cuff, analyzes the features of its application, and also examines the problems of repairing pneumatic devices containing a universal cuff in the design.

Keywords: *pneumatic drive, universal cuff, car repair, pneumatic operation processes, spare parts production.*

В современном автомобилестроении процесс унификации компонентов получил достаточно широкое распространение начиная от мелких одиночных деталей и заканчивая агрегатами автомобилей. Концепцией унификации пользуются и ведущие производители пневмооборудования автомобилей, что прослеживается в конструкциях современных пневмоаппаратов и номенклатуре применяемых в них деталей.

Наиболее яркий пример такой унификации при производстве — применение в клапанах различного назначения универсальной манжеты. Причём применяется данная деталь в пневмоаппаратах различных производителей [3, 8] (табл. 1), а устанавливаются они как на автомобили и прицепы зарубежного производства, так и на многие отечественные (табл. 2) [1, 2].

Рассмотрим устройство и принцип действия универсальной манжеты (рис. 1). Конструктивно манжета состоит из металлического каркаса *2*, резиновой уплотняющей поверхности *1* и трёх равноудалённых соединительных каналов *3*, расположенных на одном диаметре относительно вертикальной оси манжеты.

На рис. 2 представлен вариант использования универсальной манжеты в ускорительном клапане. Здесь она устанавливается на отдельном сменном пластиковом направляющем корпусе, основу которого составляют цилиндры *6* и *7*. Отличительной особенностью такой установки манжеты является не только базирование перемещения манжеты, но и принцип её самоуплотнения (рис. 3). В расторможенном состоянии при наличии постоянного давления в полости "I"

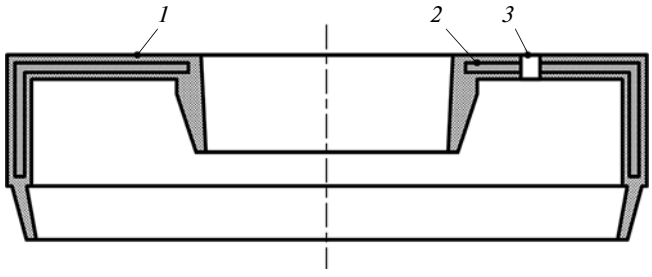


Рис. 1. Универсальная манжета

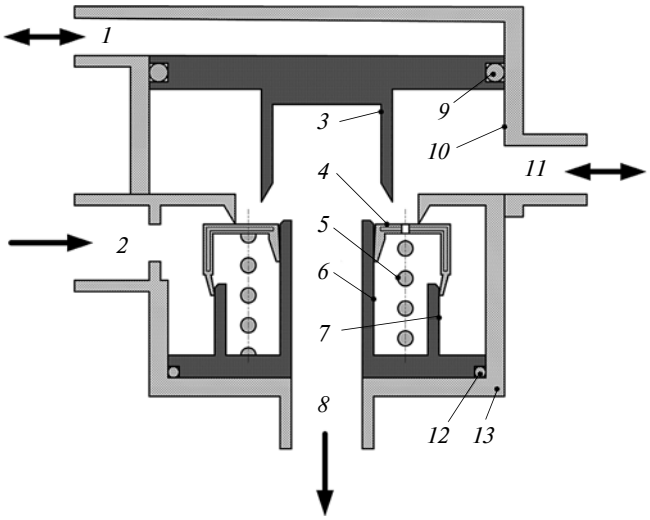


Рис. 2. Ускорительный клапан (в расторможенном состоянии):
1 — управляющий вход/выход; *2* — вход от ресивера; *3* — управляющий поршень; *4* — универсальная манжета; *5* — пружина универсальной манжеты; *6* — внутренний направляющий цилиндр; *7* — наружный направляющий цилиндр; *8* — атмосферный выход; *9* — уплотнение управляющего поршня; *10* — верхняя часть корпуса клапана; *11* — выход давления к исполнительному устройству; *12* — уплотнение направляющего корпуса; *13* — нижняя часть корпуса клапана

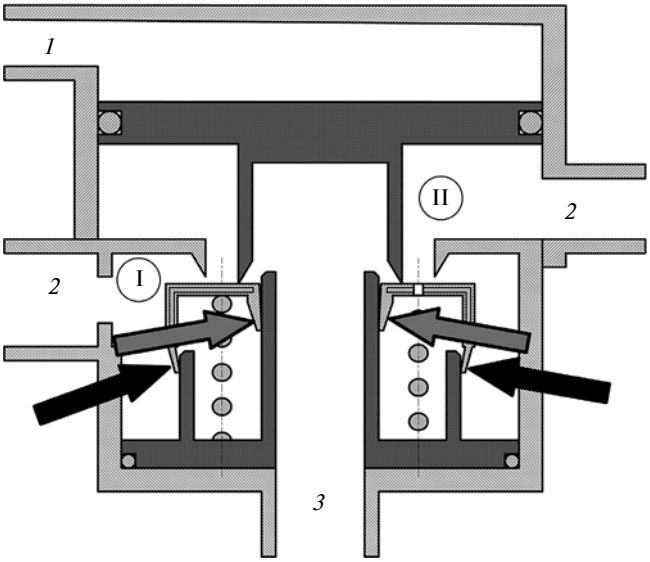


Рис. 3. Герметизация универсальной манжеты в режиме торможения

(рис. 3) под его действием наружная кромка манжеты прижимается к наружному цилиндру направляющего корпуса (чёрные стрелки на рисунке) и верхняя часть манжеты прижимается к кромке нижней части корпуса, предотвращая тем самым утечку воздуха. В режиме торможения, кроме вышеуказанного процесса, под действием давления, появившегося в полости "II", проходящего через соединительные каналы, к внутреннему цилиндру направляющего корпуса прижимается внутренняя кромка манжеты (серые стрелки), верхняя поверхность манжеты прижимается к кромке управляющего поршня.

Как видно из описания работы ускорительнго клапана, эта деталь обеспечивает герметизацию четырёх рабочих поверхностей при различных рабочих процессах, а также является самоустанавливающейся, что не требует наличия в пневмоаппарате дополнительных направляющих деталей. Таким образом, достигнуто сокращение номенклатуры применяемых в конструкции деталей, как и трудоёмкость ремонта пневмоаппарата.

Но, несмотря на ощутимые достоинства применения в клапанах универсальной манжеты, при ремонте подобных пневмоаппаратов возникают некоторые трудности. Для ремонта таких устройств (за исключением некоторых пневмоаппаратов с электрическим

Таблица 1

№	Наименование пневмоаппарата	Производитель	Номер по каталогу
1	Ускорительный клапан	"Вабко", "Кнор-Бремзе"	973 006 001 0, 0481026306, 973 011 050 0, AC574AY, AC577A
2	Ограничитель давления	"Вабко"	475 020 011 0
3	Регулятор тормозных сил	"Вабко"	475 721 008 0, 475 723 000 0, 475 720 002 0
4	Клапан защиты от перегрузки	"Вабко"	973 011 200 0
5	Ускорительный клапан АБС VCS II	"Вабко"	400 500 070 0
6	Ускорительный клапан АБС	"Вабко", "Кнор-Бремзе"	400 600 464 0, 472 195 031 0, II32614, II40868F
7	Двойной ускорительный клапан АБС	"Вабко", "Кнор-Бремзе"	400 600 465 0, 472 195 041 0, II30522, K004236, II36413
8	Ускорительный клапан электронно-пневматической тормозной системы (EBS)	"Вабко"	480 207 001 0
9	Кран управления тормозами прицепа EBS	"Вабко"	480 204 002 0
10	3/2 ускорительный клапан EBS	"Вабко"	480 205 001 0
11	Пропорциональный ускорительный клапан EBS	"Вабко"	480 202 005 0
12	Центральный тормозной модуль	"Вабко"	480 020 001 0
13	Модулятор EBS прицепа (различных версий)	"Вабко", "Кнор-Бремзе"	480 102 010 0, II39782, 480 102 030 0, 480 102 064 0
14	Модулятор EBS ведущей оси	"Вабко"	480 104 002 0, 480 105 006 0
15	Кран управления тормозами прицепа	"Кнор-Бремзе"	AS3000A, AS3100A
16	Одноканальный модулятор EBS	"Кнор-Бремзе"	0486203023

и/или электронным управлением) производителями предусмотрены ремонтные комплекты, содержащие универсальные манжеты и набор резиновых колец необходимых диаметров и толщин, в соответствии с типом ремонтируемого клапана. Цены на такие комплекты имеют широкий разброс. В табл. 3 приведён анализ цен на ускорительный клапан 9730110000 производства фирмы "Вабко" и ремонтных комплектов к нему различных производителей по состоянию на 28.02.2018 г. (по данным сайта "http://intertruck.ru"). При этом замена ускорительного клапана будет стоить 50 р. (поз. 441), а ремонт — 530 руб. (поз. 443) [5].

Что касается качества запасных частей, то наиболее дешёвые ремонтные комплекты, как и следовало ожидать, не обладают надлежащим качеством. В частности, при испытании ускорительного клапана "Вабко" 9730110010 с установленным новым ремонтным комплектом 2423-С (MAY) было установлено, что универсальная манжета не обеспечивала герметичность клапана, вследствие чего в режиме торможения наблюдалась утечка воздуха из атмосферного выхода.

Ускорительную манжету, как и ремонтные комплекты, созданные на её основе, сегодня не производят в России, поэтому при ремонте автомобилей (как импортных, так и отечественного производства) автотехобслуживание полностью зависит от импорта запасных частей и от цен, устанавливаемых зарубежными производителями. Для решения проблемы необходима организация производства ремонтных комплектов для пневмоаппаратов автомобилей, и в том числе универсальных манжет, по цене порядка 10 % от стоимости ремонтируемого пневмоаппарата, т.е. в одной ценовой категории с неоригинальными ремонтными комплектами (например, производства MAY, EBS и т.п.), но отличающихся более высоким качеством.

Таблица 2

№	Наименование пневмоаппарата	Производитель и номер по каталогу	Марка (модель) АТС
1	Ускорительный клапан	"Вабко" 973 011 000 0	"Волжанин" (5270, 627006, 527006)
2	Клапан защиты от перегрузки	"Вабко" 973 011 203 0	"Волжанин" (5270, 627006, 527006)
3	Пневматический регулятор тормозных сил	"Вабко" 475 720 001 0 "Вабко" 475 720 002 0 "Вабко" 475 721 001 0	КамАЗ
4	Комплект АБС	"Вабко" 400 500 070 0	"Новтрак", "Тонар", "Бецема", "Автотрейлер", КамАЗ, ПАЗ (32053, 4234-11)
5	Модулятор EBS прицепа	"Вабко" 480 102 014 0	"Новтрак", "Тонар", "Бецема", "Автотрейлер", КамАЗ
6	Ускорительный клапан	"Вабко" 480 205 101 0	"Волжанин" (527006)
7	Пропорциональный ускорительный клапан EBS	"Вабко" 480 202 004 0	"Волжанин" (527006)
8	Модулятор EBS прицепа	"Вабко" 480 102 063 0	"Тонар"

Таблица 3

№	Наименование	Производитель	Номер по каталогу	Розничная цена, руб.	Соотношение с ценой взаимозаменяемого клапана, %
1	Ускорительный клапан автомобиля КамАЗ	"Вабко" (Бельгия, [7])	9730110000	10 672	235
2	Ускорительный клапан (по взаимозаменяемости)	"Вабко" (Бельгия, [7])	9730110010	4542	100
3	Ремонтный комплект для ускорительного клапана	"Вабко" (Бельгия, [7])	9730110002	1364	30
		EBS (Великобритания, [6])	EKWA.57.5	651	14,3
		MAY (Турция, [4])	2423-С	374	8,2

Литература

1. Каталог запасных частей для отечественного транспорта "ВАБКО": [Электронный ресурс]. Город Екатеринбург, ГК "Автотехснаб" 2009—2011. URL: http://www.avtotex.ru/documents/Katalog%20"Вабко".pdf. (Дата обращения: 28.02.2018)
2. Каталог запасных частей полуприцепов "Тонар": [Электронный ресурс]. ООО МЗ "Тонар" 1991—2017. URL: https://www.tonar.info/upload/iblock/4b1/4b1d757a9169d2160ba0b38ae2ca80f9.pdf. (Дата обращения: 28.02.2018)
3. Каталог продукции "ВАБКО": [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, ООО "Грузавто" 2008—2018. URL: http://gruzavto.ru/files/files/katalogi_postov/"Вабко"/wb_katalog_produktsii.pdf. (Дата обращения: 28.02.2018)
4. О компании MAY: [Электронный ресурс]. Город Челябинск, Компания "Комтранс" 2002—2018. URL: http://comtt.ru/MAY.html. (Дата обращения: 28.02.2018)
5. Подробные цены на все виды ремонта КАМАЗ: [Электронный ресурс]. Город Владимир, ООО "Вираж" 1992—2018. URL: https://virag33.ru/remont-kamaz/. (Дата обращения: 28.02.2018)
6. Фирма EBS (Великобритания): [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург "E-Tape"2011—2018. URL: https://www.e-tape.ru/info/producers.html?prd=261106/. (Дата обращения: 28.02.2018)
7. COPYRIGHT AND TERMS OF USE: [Электронный ресурс]. Brussels Belgium, "ВАБКО" Europe BVBA 2018. URL: http://www."Вабко"-auto.com/footer/legal/legal/copyrightterms-of-use/. (Дата обращения: 28.02.2018)
8. "Кнор-Бремзе" product catalogue: [Электронный ресурс]. München Deutschland, "Кнор-Бремзе" AG 2018. URL: http://www."Кнор-Бремзе"cvs.com/ru/downloads_2/downloaddocumentation/download-documentation_1.jsp. (Дата обращения: 28.02.2018)

УДК 656.071

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПЕРСОНАЛА ВЕДОМСТВЕННОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

ПОДЗОРОВ А.В.
ФСИН РФ

Изложенная разработка направлена на решение актуальной задачи ведомственных автотранспортных структур, поскольку от правильного и научно обоснованного нормирования потребности в административно-управленческом персонале зависит качество выполнения функций, возлагаемых на автотранспортные службы (в частности — в Федеральной службе исполнения наказаний) и обоснованность расхода бюджетных средств, направляемых на финансирование этих служб.

Ключевые слова: *автотранспортное средство, ведомство, инженерно-технические работники, нормирование, персонал, управление, функция.*

Podzorov A.V.

RATIONALIZATION OF NUMBER OF MOTOR TRANSPORTATION PERSONNEL OF THE DEPARTMENT MOTOR TRANSPORT

The development stated in the article is directed to the solution of a current problem of departmental motor transport structures as the quality of performance of the functions assigned to motor transport services depends on the correct and evidence-base regulation of necessity in administrative personnel (in particular — in the Federal Penitentiary Service), and validity of expenditure of the budgetary funds allocated for financing of their services.

Keywords: *motor transport, department, engineering employee, regulation, personnel, administration, function.*

Для определения численности инженерно-технических работников в организациях автомобильного транспорта ещё с 70 годов прошлого века существует нормативный правовой акт [1], разработанный для предприятий автомобильного транспорта общего пользования. Подобные нормативы для ведомственного автотранспорта не разрабатывались, использовались нормативы того же документа, но с учётом специфики и предназначения ведомственной структуры. Как ни странно, данный документ до сих пор является единственным в своём роде, несмотря на то, что давно устарел: за прошедшие без малого полвека в него ни разу не вносились изменения, в отличие от остальных актов, регламентирующих транспортную деятельность. Теперь определение по данным нормативам численности ИТР для предприятий не только ведомственного автотранспорта, но и общего пользования стало проблемой.

Рассмотрим использование функций управления и нормативы численности ИТР на примере ведомственной структуры — Федеральной службы исполнения наказаний РФ. В целях проведения исследования была собрана информация с тринадцати территориальных органов ФСИН. Это: x_1 — число автомобилей, ед.; x_2 — коэффициент выпуска автомобилей на линию; x_3 — среднесписочная численность работников организации, чел.; x_4 — время в наряде одного автомобиля, чел.; x_5 — нормативная численность рабочих по ремонту автомобилей, чел. [2].

Согласно полученной информации произведены расчёты и проведено сравнение с полученными результатами на примере методических расчётов автотранспорта общего пользования [2] и одного из известных методов прикладной математики, наиболее подходящего для проведения данного исследования.

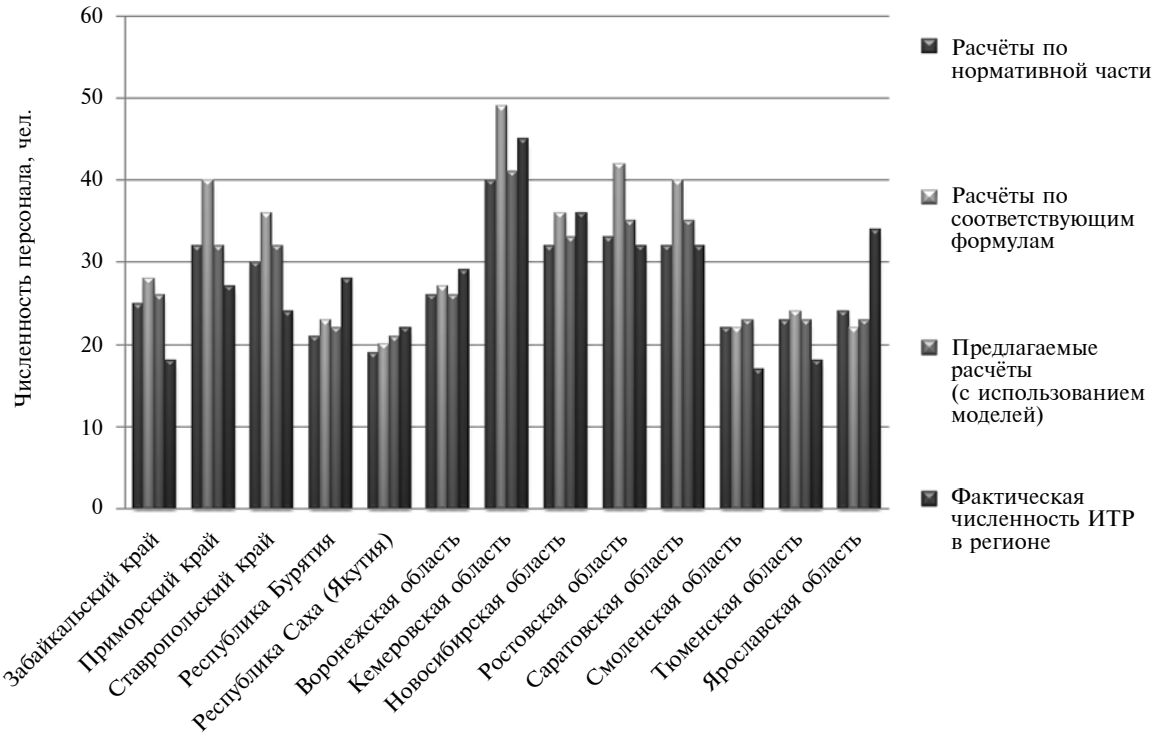
В существующей методике расчёт численности ИТР по функциям управления предусматривается двумя способами. По первому способу производится расчёт по соответствующим формулам функций управления. Второй способ менее трудоёмок: расчёт численности персонала по отдельным функциям управления ИТР достигается за счёт определения двух соотношений чисел указанных в нормативной части по показателям $x_1 - x_5$ (по таблице).

В прикладной математике используется достаточно много различных методов решения подобных задач в зависимости от условий и исходных значений. В данном исследовании применён один из методов оптимизации [3] на примере метода деформируемого многогранника, разработанный Нелдером и Мидом в 1965 г., который немного более сложен по сравнению с прямым поиском симплекса, предложенным Спендлеем, Хекстом и Химсвортом в 1962 г.

Суть метода деформируемого многогранника заключается в нахождении минимума или максимума целевой функции при каких-либо заданных ограничениях, который более подробно описан в работах [4—6 и др.].

Рассмотренный метод применяется не только в прикладной математике, но и в статистических и вычислительных программах, к примеру в *"Python"* с использованием для неё прикладных пакетов. Стандартная последовательность действия программы на языке *"Python"* заключается в следующем. В начале в программу для проведения предварительного расчёта вводятся показатели x_1—x_5 по тринадцати территориальным органам ФСИН. Потом показатели обрабатываются программой и переводятся в определённый формат с расширением, который называется байт-код.

№	Показатель	Формула
1	Общее руководство	$H_ч = 0{,}2621\, x_1^{0{,}0930}\, x_3^{0{,}2763}$
2	Технико-экономическое планирование	$H_ч = 0{,}1673\, x_1^{0{,}1592}\, x_3^{0{,}3024} + 6{,}7358$
3	Организация труда и заработной платы	$H_ч = 0{,}0407\, x_3^{0{,}6290} + 1{,}3049$
4	Бухгалтерский учёт и финансовая деятельность	$H_ч = 0{,}0530\, x_3^{0{,}6627} + 1{,}9979$
5	Материально-техническое снабжение	$H_ч = 0{,}0030\, x_1^{0{,}7670}\, x_4^{0{,}9915}$
6	Комплектование и подготовка кадров	$H_ч = 0{,}0218\, x_3^{0{,}7429} + 0{,}3441$
7	Делопроизводство и хозяйственное обслуживание	$H_ч = 0{,}0974\, x_1^{0{,}4547} + 0{,}3301$
8	Эксплуатационная служба	$H_ч = 0{,}1041\, x_1^{0{,}8557}\, x_2^{0{,}2331} - 0{,}0510$
9	Производственно-техническая служба	$H_ч = 0{,}1264\, x_1^{0{,}5620}\, x_5^{0{,}2691}$



Далее системой проводится перебор показателей, после чего выводятся полученные результаты. Данная операция может несколько раз повторяться, пока не будет достигнут желаемый результат. Подробное описание решения вычислительной программы *"Python"* представлено в работах [7, 8].

Полученные результаты с использованием данной программы позволили получить модели для потребности автотранспортного персонала в ФСИН РФ по отдельным функциям управления ИТР, которые приняли вид формул, приведённых в таблице.

Далее сравним полученные модели с методическим указанием для предприятий автотранспорта общего пользования, для чего необходимо суммировать полученные нормативы численности ИТР по функциям управления. Итоговые результаты наглядно представлены на рисунке.

Исследования показали следующее.

Во-первых, в территориальных органах ФСИН РФ в Забайкальском, Приморском и Ставропольском краях, Ростовской, Смоленской и Тюменских областях фактическая численность ИТР значительно ниже полученных расчётов. В случае выполнения подведомственным учреждением территориального органа ФСИН нормального транспортного обеспечения за счёт правильного применения организационных и управленческих решений фактическую численность ИТР можно не увеличивать.

Во-вторых, в регионах Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Воронежская и Ярославская области численность ИТР завышена по сравнению с полученными результатами. Для приведения оптимизированной численности сотрудников допускается уменьшение (увеличение) численности ИТР по отдельным функциям управления с разрешения руководящего состава.

В-третьих, полученные с помощью программы "Python" результаты являются расчётными и могут корректироваться к реальным обстоятельствам либо в зависимости от выполнения возложенных функций и задач на ведомство.

В-четвёртых, использование данных моделей в учреждениях и территориальных органах ФСИН позволит оптимизировать численность ИТР и работу автотранспортного персонала за счёт приведения к норме загруженности, а также сократить расходы на сотрудников, отвечающих за транспортное обеспечение.

В-пятых, полученные модели на примере ФСИН РФ целесообразно использовать в управлениях, АТО, отделах и службах других ведомственных структур России, что в дальнейшем позволит улучшить управленческие решения и рационализировать численность персонала предприятий ведомственного автотранспорта.

Литература

1. Письмо Минавтотранса РСФСР от 11 августа 1975 № 304-ц, Минфина РСФСР от 19 августа 1975 № 10/671 "О типовых структурах и нормативах численности инженерно-технических работников и служащих автотранспортных предприятий".
2. Нормативы численности инженерно-технических работников и служащих автотранспортных объединений и предприятий / НИИтруда, М., 1980. — 39 с.
3. Елгин А.П. Обоснование метода оптимизации технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей / А.П. Елгин, Р.З. Кисматулин, Р.В. Малкова // Креативные подходы в образовательной, научной и производственной деятельности: материалы 64-й научно-техн. конф. ГОУ "СибАДИ" в рамках юбилейного международного конгресса, посвящённого 80-летию академии / СибАДИ. — Омск: СибАДИ, 2010. — С. 20—24.
4. Математический синтез оптических наноструктур / К.П. Ловецкий [и др.]. — М.: РУДН, 2008. — 145 с.
5. David M. Himmelblau Applied nonlinear programming. 1972. — P. 498.
6. Brian D. Bunday, Basic Optimization Methods, Edvard Arnold (1984).
7. Lutz M., Learning Python (4th ed.). 2009. — P. 1216.
8. Mark Summerfield, Programming in Python 3 (Second Edition): a complete introduction to the Python language 2010. — P. 630.

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 629.369.027.71

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ СНЕГОХОДОВ*

Кандидаты техн. наук **ДЬЯКОВ А.С., ПОЗДЕЕВ А.В.;**
д-р техн. наук **НОВИКОВ В.В.; ГОЛЯТКИН И.А.**
МГТУ имени Н.Э. Баумана, Волгоградский ГТУ
(diakov57@list.ru)

Представлены тенденции развития снегоходов на основе анализа параметров и конструктивных элементов модельного ряда 2018 года. Рассмотрены модели ведущих производителей Финляндии, США и Канады.

Ключевые слова: *снегоход, платформа, гусеничный движитель, стрижневая гусеница, система привода, вариатор, подвеска, регулируемые амортизаторы, стартер, резонаторы.*

Dyakov A.S., Pozdeev A.V., Novikov V.V., Golyatkin I.A.
MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT FOREIGN SNOWMOBILES

The article presents trends in the development of snowmobiles based on the analysis of parameters and design elements of the 2018 model line. The models of leading manufacturers of Finland, America and Canada are considered.

Keywords: *snowmobile, platform, caterpillar propulsion, shear caterpillar, drive system, variator, suspension, adjustable shock absorbers, starter, resonators.*

Признанные лидеры среди производителей снегоходов сегодня — фирмы "Линкс" (Финляндия), "Арктик Кэт" (США) и BRP (Канада). Рассмотрим особенности их моделей разных классов и попытаемся проследить тенденции развития конструкций.

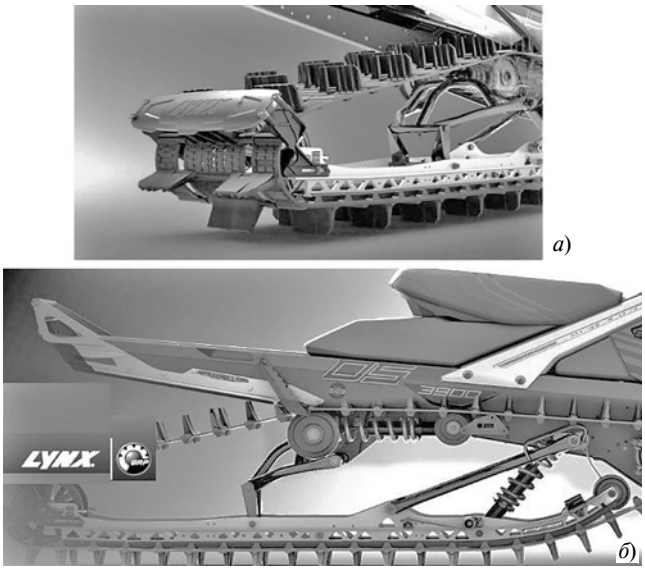
Компания "Линкс" в 2017 году отметила свой 50-летний юбилей, и по этому поводу представительство фирмы представило информацию о двух новинках.

Первая новинка — горный снегоход *"Линкс Бундокер DS"* (рис. 1) [1]. Он оснащён новым мощным двигателем "Ротакс 850 E-TEC", который станет основой целого ряда снегоходов горного и спортивного типов серий "Бундокер DS", "Экстрим RE" и "Рейв". Данный двигатель благодаря большому числу инжекторов и прочим технологическим новинкам развивает мощность 165 л. с. (121 кВт) при 7900 мин$^{-1}$.

Новые снегоходы построены на той же платформе "Радиен", что и модель "Ски-Ду *G*4". На моделях горного типа "Линкс Бундокер DS" длина тоннеля составляет чуть меньше длины гусеницы, которая получила дополнительную защиту на задних катках (рис. 2, *а*). Эта защита сделана таким образом, что весь поток снега с грунтозацепов направляется на радиатор, что обеспечивает более эффективную работу системы охлаждения. Укороченный тоннель способствует лучшей маневренности снегохода при езде по сильно заснеженным местам и при разворотах. Усовершенствованная задняя подвеска PPS2 DS сделана так, что её рычаги не собирают, а очень легко скидывают снег (рис. 2, *б*). При этом общая масса деталей задней подвески уменьшилась на 2,4 кг.

Передняя подвеска LFS обеспечивает движение снегохода без отрыва от снежной поверхности даже по самым большим неровностям (рис. 3). При этом она также стала легче — на 0,3 кг. На снегоходах установлен усовершенствованный вариатор "пиДрайв", не требующий обслуживания. Он полностью смонтирован на подшипниках и стал легче на 1,3 кг. Стартер снегоходов тоже модернизировали: появился новый электропривод. Стрижневая основа гусеницы имеет ширину 310 мм, а полная её ширина составляет 410 мм. Это обеспечивает максимальную управляемость даже при боковом наклоне техники. Кроме этого, снегоходы теперь имеют и более высокую проходимость.

Рис. 1. Горный снегоход "Линкс Бундокер DS"



а) *б*)

Рис. 2. Задняя подвеска PPS2 DS гусеницы горного снегохода "Линкс Бундокер DS"

* Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э. Баумана при финансовой поддержке Минобрнауки России по Соглашению № 14.577.21.0272 (Уникальный идентификатор работ: RFMEFI57717X0272)

Рис. 3. Передняя подвеска LFS снегохода "Линкс Бундокер DS"

Рис. 4. Утилитарный снегоход "69 Линкс Рейнджер 900 ACE"

Вторая новинка "Линкс" — абсолютно новая модель утилитарный снегоход "69 Рейнджер 900 ACE" (рис. 4) [2]. Этот снегоход имеет трёхцилиндровый двигатель с электросистемой. Ручка газа — электронная. Компоновка — одноместная, но за дополнительную плату можно приобрести дополнительное сиденье либо кофр. Передняя подвеска стала ещё более мягкой. Повышенная мягкость обеспечивается новыми амортизаторами газового типа HPG-36.

Компания "Арктик Кэт" в 2018 году начала выпуск шести новинок, среди которых три новых снегохода, а также новые двигатель, система привода, регулируемые амортизаторы.

Первая новинка — модель подросткового снегохода ZR 200, которая стала своего рода "мостиком" между детским ZR 120 и взрослой техникой (рис. 5) [3].

ZR 200 укомплектован 200-кубовым 4-тактным мотором "Ямаха" мощностью 9 л. с. (6,6 кВт), работающим в паре с новым автоматически регулируемым вариатором. Среди особенностей новинки также отметим удлинённое шасси, гидравлические дисковые тормоза, более высокие сиденья, удлинённую гусеницу "Кобра" (93 дюйма) и 8,5-литровый топливный бак. Очень важно, что в отличие от ZR120, эта модель позволяет, не отставая, двигаться в колонне с большими снегоходами.

Вторая новинка — горный снегоход "Арктик Кэт M8000 СноуПро " (рис. 6) [4]. Прототипом этой модели послужил снегоход "Маунтинг Сэт", который в 2017 году был самым лёгким снегоходом М-серии. По сравнению с ним новая модель легче на 4,5...7 кг (в зависимости от модификации). Это удалось сделать за счёт изменения следующих основных узлов: суженные на 75 мм кузовные панели (минус 0,45 кг); полый ведомый вал (минус 1,5 кг); алюминиевый ведущий вал (минус 1 кг); топливный бак (минус 2,25 кг); облегчённая тормозная система (минус 0,45 кг).

Теперь горные снегоходы серии М весят столько же, сколько и представители серии "Саммит" от фирмы BRP и всего на несколько килограмм тяжелее снегоходов RMK фирмы "Поларис", но при этом они выполнены более прочными и выдерживают удары при жёстких приземлениях и контакте с деревьями. Кроме того, есть ещё целый ряд новшеств, которые на вес не повлияли, но улучшили динамику и удобство управления снегоходом: карданный вал смещён на 25 мм вниз и на 19 мм назад, что сделало возможным использовать гусеницы с трёхдюймовым грунтозацепом, а также восьмизубой звёздочки (в результате повышена устойчивость и улучшена динамика восхождения по заснеженным склонам); подножки стали на 25 мм уже, что улучшило маневренность, а изменённая форма подножек позволяет водителю сдвинуть ноги на 50 мм вперёд. Горный снегоход "M8000 СноуПро" оснащается новым двухтактным двухцилиндровым 800-кубовым 160-сильным (118-киловатным) двигателем серии "8000" и выпускается в двух модификациях: со 153-дюймовой и 162-дюймовой гусеницами.

Третья новинка — спортивный снегоход "ZR8000 СноуПро" (рис. 7) [5]. Эта модель — с тем же двигателем, но с гусеницей длиной 129 либо 137 дюймов.

Четвёртая новинка — упомянутый выше двигатель (рис. 8), на котором нужно остановиться подробнее. Выпускается он на одном из заводов компании вместе с квадроциклами и мотовездеходами. Агрегат пришёл на смену старому 794-кубовому двигателю "Судзуки" и создан с использованием технологии *C-TEC*2 (*Clean Technology* 2-*Stroke*). Мотор получил двухуровневую систему впрыска топлива *DSI*, особенность которой состоит в том, что на низких оборотах топливо впрыскивается прямо в камеру сгорания. С повышением же оборотов топливно-масляная смесь будет подаваться в зону картера через специальные порты. Такая система позволит повысить эффективность

Рис. 5. Подростковый снегоход ZR 200

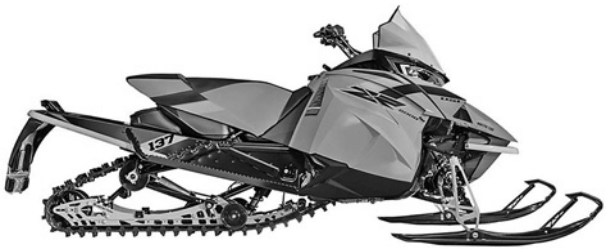


Рис. 6. Горный снегоход "Арктик Кэт M8000 СноуПро"

Рис. 7. Спортивный снегоход "Арктик Кэт ZR8000 СноуПро"

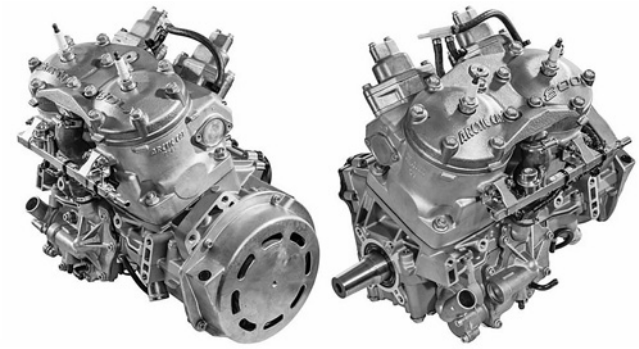


Рис. 8. Новый двигатель "Арктик Кэт" серии 8000

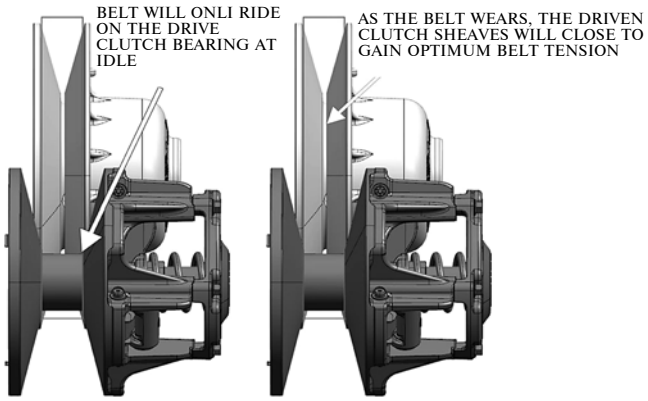


Рис. 9. Новая система привода "Тим Рапид Респонс II Адапт"

Рис. 10. Регулируемые амортизаторы "Фокс QSL"

мотора, а также улучшить смазку ключевых элементов двигателя. По сравнению с предшественником новый мотор обеспечивает: 36 %-й прирост крутящего момента на частотах менее 5000 мин$^{-1}$; 18 %-й прирост в среднем диапазоне (5000...6000 мин$^{-1}$); 30 %-е снижение расхода масла на частотах ниже 7000 мин$^{-1}$. Кроме того, инженеры "Арктик Кэт" обещают более плавную и тихую работу своего двигателя по сравнению с мотором "Судзуки".

Пятая новинка, как уже говорилось, это система привода "Тим Рапид Респонс II Адапт" (рис. 9). Впервые она появилась на снегоходах серии 9000 2017-го модельного года. Теперь же эта конструкция применяется практически на всех моделях. Она не требует регулировки ремня в результате его износа, она это делает автоматически. Кроме того, новый вариатор обеспечивает более плавный старт и меньший износ ремня. Система привода с приставкой "Адапт" устанавливается на снегоходы 2018-го модельного года серий 6000/7000/8000/9000 за исключением модели "Биркэт 7000 ХТ".

Наконец, шестая новинка — регулируемые амортизаторы "Фокс QSL" (рис. 10), которые разработаны для задней подвески снегоходов "Маунтин Кэт" и "Кинг Кэт". По сути, их можно назвать горной версией популярной подвески "Фокс QS3". Новые амортизаторы имеют три режима работы на сжатие "лайт", "медиум" и "локд". Соответственно в первом режиме сопротивление сжатию будет наименьшим, а в режиме "локд" амортизатор будет заблокирован. Функция блокировки предотвращает избыточное проседание задней части снегохода, например, при езде по глубокому снегу. Помимо амортизаторов QSL, для моделей "Маунтин Кэт" также доступны передние амортизаторы "Фокс QS3" в исполнении "Флот".

Компания BRP в модельном ряду снегоходов "Ски-Ду" 2018 г. представила несколько новинок, которые выходят

Рис. 11. Снегоход MXZ на платформе "Ски-Ду Рев Джен4"

Рис. 12. Платформа "Рев Джен4"

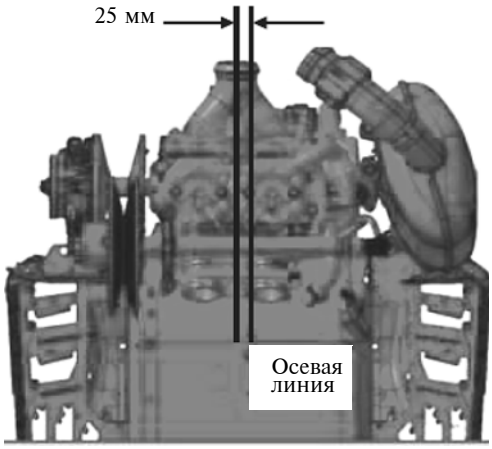


Рис. 13. Центровка силовой установки на платформе "Рев Джен4"

Рис. 14. Обновлённая геометрия передней подвески RAS 3 на платформе "Рев Джен4"

Рис. 15. Гусеница для снегоходов на платформе "Рев Джен4"

на новой платформе "Рев Джен4" с двигателем "Ротакс 850 E-тек" [6]. Четвёртое поколение платформы "Ски-Ду Рев" теперь представлено почти на половине всех моделей, включая самые мощные комплектации X-RS снегоходов MXZ и "Ренегейд" (рис. 11) [7]. Эти две модели также наследуют множество черт от гоночных снегоходов, включая ультраэнергоёмкие амортизаторы и усилители рамы.

Особенности конструкции и технологии изготовления платформы "Рев Джен4" (рис. 12): пирамидальная конструкция рамы; передняя часть рамы изготовлена методом литья под давлением с применением вакуума, что по сравнению с предшественником обеспечивает повышение прочности и облегчение на 0,6 кг; тоннель имеет коническую форму, задняя его часть выполнена открытой, что не позволяет снегу и льду скапливаться, тем самым предотвращается застревание снегохода, снижается его вес и сопротивление при движении; обновлённый радиатор.

Другие особенности, которые обеспечивает платформа "Рев Джен4": улучшена центровка масс в поперечной плоскости, за счёт смещения двигателя ближе к оси (эксцентриситет всего 25 мм), применения более узкого на 40 мм двигателя и более узкой на 105 мм всей силовой установки (рис. 13); применение передней подвески RAS 3 с новой геометрией, которая по сравнению с RAS 2 увеличивает ход на 20 мм и легче на 0,3 кг (рис. 14). Благодаря лучшей центровке и применению новой геометрии передней подвески достигнуто уменьшение сил инерции на 20 % и распределение нагрузки на лыжи в соотношении 50/50. Кроме того, платформа "Рев Джен4" позволила улучшить эргономику снегоходов: благодаря более компактному корпусу и наклонному тоннелю точка опоры для ног смещена вперёд на 68 мм и опора является открытой, как опция предлагается фиксатор ноги; сиденье конической формы облегчает управление полустоя.

Для удобства эксплуатации в горах на моделях "X" устанавливаются алюминиевые подножки "Профиль", изготавливаемые методом экструзии и обеспечивающие надёжное сцепление с ботинками и предотвращают застревание задней части, не позволяющие скапливаться снегу на их поверхности. Для моделей "SP" алюминиевые подножки изготовлены штамповкой и имеют крупные отверстия для отвода снега, выполненные методом перфорации. Специальные возможности для эксплуатации в горах: динамически формованные передние панели "Паудер" на 100 мм уже и имеют соответственно малую величину лобового сопротивления; облегчённая на 4,5 кг гусеница "ПаудерМакс Лайт" для улучшения сцепления с поверхностью имеет увеличенное до 89 мм расстояние между грунтозацепами, которые выполнены изогнутыми и равнопрочными по высоте (рис. 15).

В результате по сравнению с предшественником масса снегохода на платформе "Рев Джен4" уменьшилась на 11,5 кг. Прочие изменения платформы коснулись картера цепной коробки, приборной панели, перчаточного ящика, поддона и положения аккумуляторной батареи. Для регулировки натяжения цепи теперь достаточно открыть боковую панель и воспользоваться отвёрткой. Замена масла в картере коробки передач производится с помощью легкодоступной сливной пробки. Картер цепной коробки передач моделей "Саммит" изготавливается из магниевого сплава,

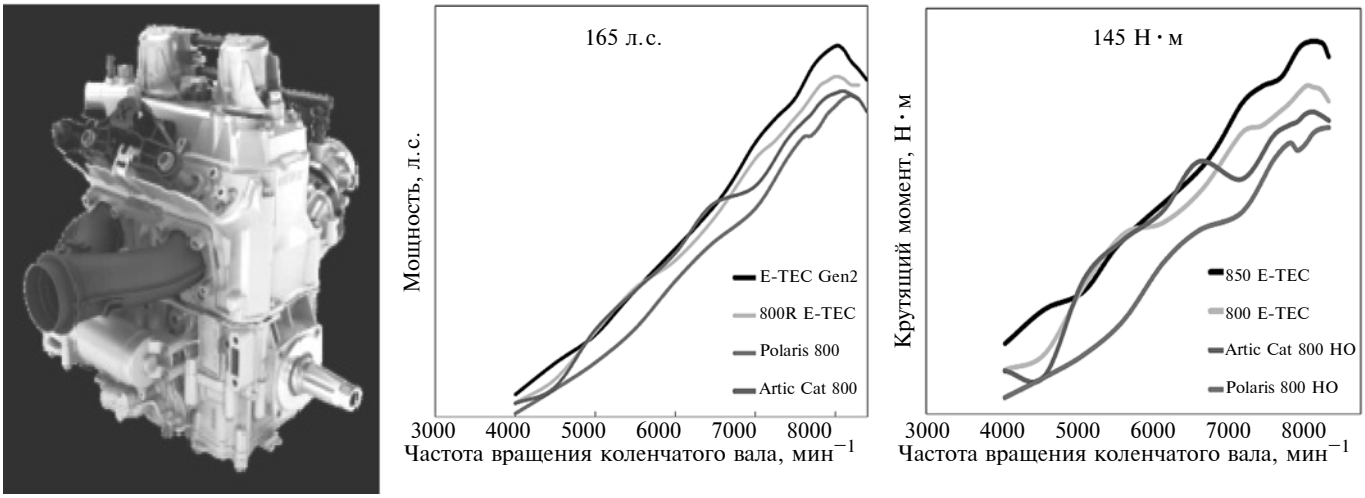


Рис. 16. Двигатель "Ротакс 850 E-тек" и его характеристики для платформы "Рев Джен4"

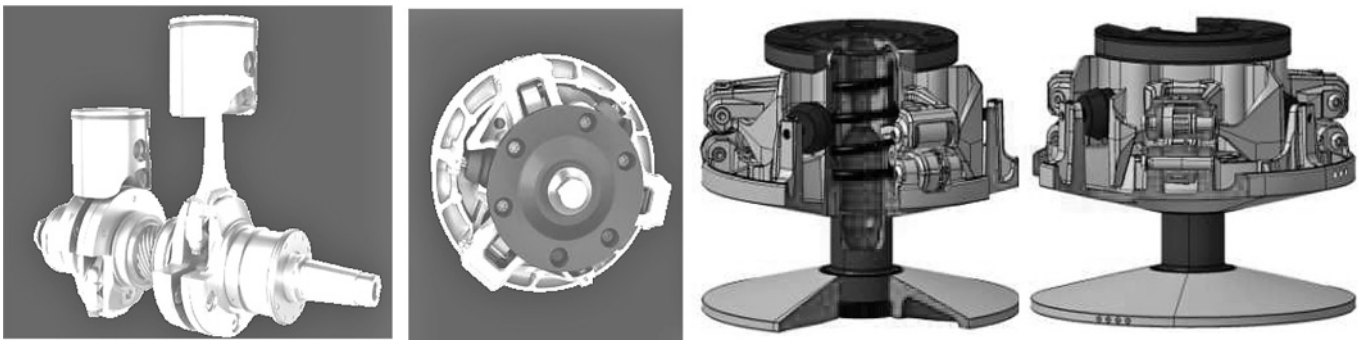


Рис. 17. Конструктивные особенности двигателя "Ротакс 850 Е-тек"

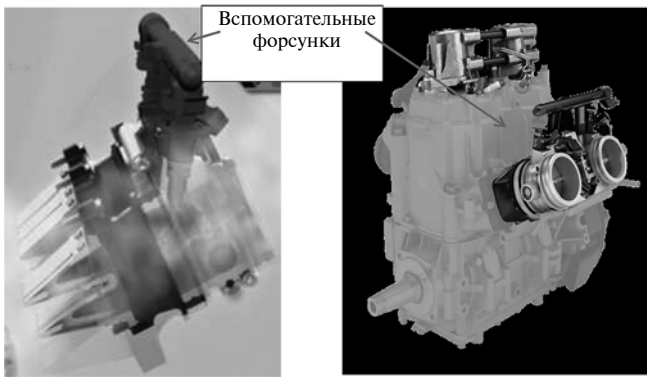


Рис. 18. Вспомогательные форсунки и корпус дроссельной заслонки двигателя "Ротакс 850 Е-тек"

благодаря чему достигается снижение его массы на 1,5 кг по сравнению с моделями MXZ и "Ренегейд". Для уменьшения массы и сохранения прочности нижняя шестерня в картере выполнена биметаллической.

Приборная панель содержит небольшой ЖК-дисплей с крупными цифрами и обеспечивает простое считывание показаний, а также снижает общую массу снегохода. Перчаточный ящик объёмом 4 л имеет новое гидроизоляционное уплотнение и подготовлен для монтажа розетки 12 В либо порта *USB*, не затрудняет доступ к расширительному бачку и масляному баку. Конструкция поддона обеспечивает малое удельное давление на поверхность, а аккумуляторная батарея перенесена в заднюю часть сиденья для сохранения узкого профиля корпуса спереди.

Главной особенностью платформы "Рев Джен4" является применение нового 2-цилиндрового 2-тактного двигателя "Ротакс 850 Е-тек" (рис. 16, 17) [8]. Этот двигатель имеет увеличенный на 50 см^3 рабочий объём, что по сравнению с двигателем "800R" дополнительно увеличивает его мощность на 10 л. с. (7,4 кВт), а по сравнению с конкурирующими моделями — на 15 л. с. (11 кВт). При этом мощность достигает 165 л. с. (121 кВт), а пиковый крутящий момент — 145 Н · м, что по сравнению с конкурирующими моделями на низких оборотах выше на 15 %. Основные особенности двигателя "Ротакс 850 Е-тек": составной коленчатый вал новой конструкции *"eR.A.V.E."*, уменьшающий силы инерции на 15 %; система передачи крутящего момента с двумя роликами; конструкция с антифрикционными элементами; подшипники вместо втулок.

Особенности обновлённой системы питания "Е-тек" (рис. 18): снижение массы на 0,45 кг; более точная работа размещённых в блоке цилиндров электродинамических форсунок; дроссельная заслонка расположена на 35 % ближе к цилиндру, что повысило оперативность отклика на управляющие воздействия; система на 10 % легче (даже с дополнительными форсунками); трёхкратное увеличение скорости работы электронно-управляемых выпускных клапанов, которые могут принимать одно из трёх положений.

В результате перечисленных выше изменений отклик двигателя повысился на 30 %. При этом надёжность работы двигателя "Ротакс 850 Е-тек" также возросла за счёт следующих улучшений (рис. 19): составной кованный коленчатый вал (состоит из двух элементов); — непосредственная смазка шатунных шеек по каналам в шатуне; алюминиевые цилиндры со стальным плазменным покрытием обеспечивают лучшую сопротивляемость микродвижениям и давлению; кованые алюминиевые поршни со стальной вставкой под чугунное поршневое кольцо. Так как вставка и напыление цилиндра изготовлены из стали, они обладают одинаковым коэффициентом теплового расширения. В результате этих конструктивных изменений расход масла снизился на 40 % (1 л на 300 км), и теперь одной заправки масляного бака хватает на 1450 км.

Система пуска двигателя "Ротакс 850 Е-тек" состоит из магнето и электрического стартера (рис. 20). Герметичный электродвигатель стартера расположен на картере двигателя и взаимодействует через редуктор с венцовым зубчатым колесом, которое совмещено с маховиком. Поэтому нет необходимости устанавливать его на шкив вариатора для уменьшения инерции. Эта конструкция позаимствована у четырёхтактных мотоциклетных двигателей. Магнето обеспечивает ток 25 А — на частоте холостого хода и 30 А — на рабочих оборотах (у двигателя "800R" эти показатели равны 14 и 25 А).

Система впуска двигателя имеет высокое расположение и увеличенный размер впускных окон. Резонатор впуска разделён на 11 отсеков для улучшения характеристик воздушного потока и акустических характеристик (рис. 21), что обеспечивает меньшее шумовое излучение и уменьшение на 8,5 % сопротивления воздуха по сравнению с двигателем "800R Е-тек". Резонаторы системы выпуска показаны на рис. 22.

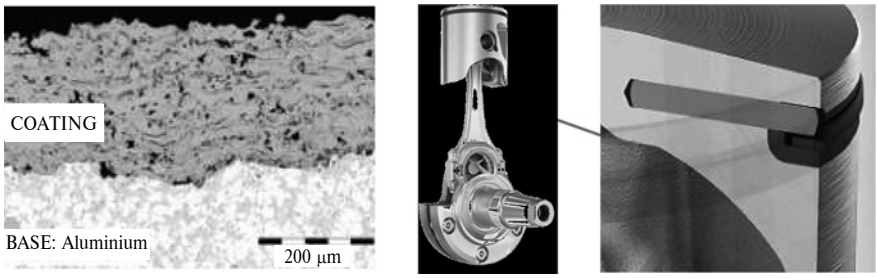


Рис. 19. Плазменное покрытие цилиндров, система смазки шатунных шеек и вставка под поршневое кольцо двигателя "Ротакс 850 Е-тек"

В дополнение к этим новшествам компания BRP представила систему запуска двигателя "Шот", которая объединяет в себе технологии "Е-тек" и концепцию динамического стартера с помощью магнето и конденсатора (рис. 23, 24). Первоначальный запуск снегохода осуществляется с ручного стартера, после 20 минут работы двигателя конденсатор накапливает достаточный заряд и в дальнейшем для запуска двигателя система использует магнето и кнопку *"shot"* (рис. 24). Весит вся система всего 0,9 кг, в то время как обычный электрический стартер тяжелее более чем на 9 кг.

Как видим, в 2018 году ведущие финские, американские и канадские производители "Линкс", "Арктик Кэт" и BRP выпустили целый ряд новинок снегоходов, в которых реализованы последние достижения науки и техники. Исхо-

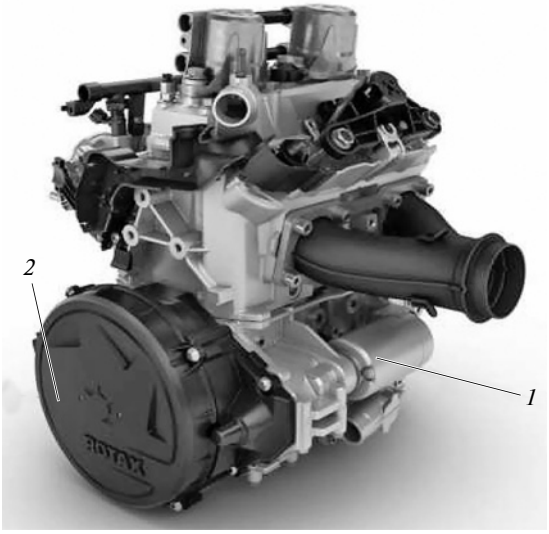


Рис. 20. Система пуска двигателя "Ротакс 850 Е-тек":
1 — электрический стартер; *2* — магнето

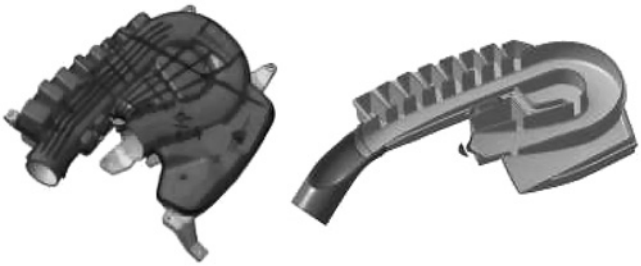


Рис. 21. Резонаторы впуска воздуха двигателя "Ротакс 850 Е-тек"

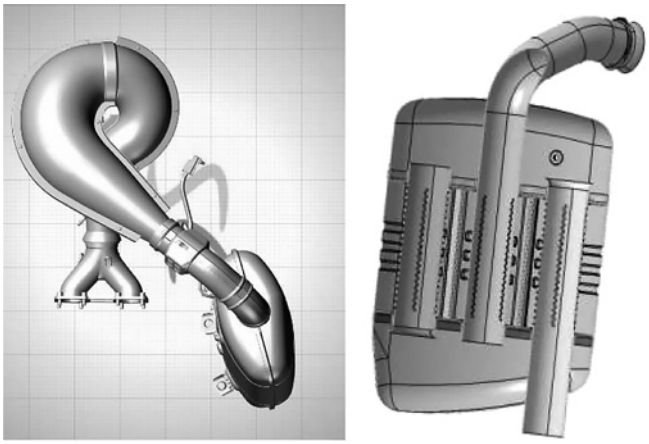


Рис. 22. Резонаторы выпуска воздуха двигателя "Ротакс 850 Е-тек"

Рис. 23. Система запуска двигателя "Шот"

Рис. 24. Кнопка "shot" и конденсатор системы запуска двигателя

да из анализа конструктивных особенностей новых зарубежных снегоходов, можно заключить, что их разработка и совершенствование идёт по следующим основным направлениям: максимально возможное снижение массы всех основных узлов и платформы снегохода за счёт применения более рациональных конструкций и лёгких сплавов; повышение мощности, экономичности и надёжности моторов за счёт снижения инерционности и трения подвижных элементов, улучшения условий смазки, повышения точности работы топливной системы, снижения потерь в воздушных коллекторах; повышение надёжности работы трансмиссии за счёт применения автоматической системы регулировки натяжения ремня в результате его износа; улучшение управляемости, устойчивости и плавности движения за счёт лучшей центровки силовой установки, применения регулируемых амортизаторов и новой геометрии передней подвески, обеспечивающей большие хода и распределение нагрузки на лыжи в соотношении 50/50; улучшение эргономики посадки и управления снегоходом, снижение шумового излучения, применения конденсаторной системы запуска мотора.

Источники информации:

1. Снегоход "Линкс Бундокер DS 3900 850 Е-тек". — Режим доступа: http://formula7r.ru/snegohody/2018-radien-boondocker-ds/
2. Снегоход "Линкс 2018 69 Рейнджер 900 ACE". — Режим доступа: http://formula7r.ru/snegohody/2018-69-ranger-900-ace/
3. Помогаторы: обзор универсальных и утилитарных снегоходов [Электронный ресурс]. — URL: http://5koleso.ru/articles/moto/pomogatory-obzor-universalnyh-i-utilitarnyh-snegohodov
4. Снегоходы "Арктик Кэт M8000". — Режим доступа: http://arctic-cat.net/snegohody-arctic-cat-m8000/
5. Обзор "Арктик Кэт ZR 8000 RR" [Электронный ресурс]. — URL: http://quadro-club.ru/test-drives/obzor-i-test-drayv-arctic-cat-zr-8000-rr/
6. Что ждать от следующей зимы? "Ски-Ду" и "Линкс" 2019 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.x-road.ru/news/19028/
7. Профессиональная... игрушка. "Ски-Ду MXZ Ренегейд Бэккантри X 800R Е-тек" [Электронный ресурс]. — URL: https://auto.mail.ru/article/50099-professionalnaya_igrushka_ski-doo_mxz_renegade_backcountry_x_800r_e-tec/
8. Новый двигатель "Ротакс 850 Е-тек" 2017, более мощный и отзывчивый [Электронный ресурс]. — URL: https://www.categoria.ru/articles/13069/

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Панюков Д.И., Васильев М.М. — Воспринимаемая потребителями ценность качества продукции автомобильной промышленности 1

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Белоусов Б.Н. — Парадигма современного автомобилестроения 8

Коноплев В.Н., Абу-Ниджим Р.Х, Дьяченко М.В., Гусейнов Р.М. — Совершенствование конструкции дифференциала повышенного трения для автомобиля "Формула SAE" на основе программы *"Solidworks Simulation"* 10

Свияженинов Е.Д. — Критическая скорость качения прочной слабодеформируемой лёгкой пневматической шины 14

Мамити Г.И. — Новая теория движения автомобиля 20

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Тарасенко П.Н. — Мобильная шиномонтажная мастерская 24

Нуждин Р.В., Курочкин С.В., Дорофеев В.А. — Особенности эксплуатации и ремонта пневмоаппаратов с универсальной манжетой 29

Подзоров А.В. — Рационализация численности автотранспортного персонала ведомственного автомобильного транспорта 32

ИНФОРМАЦИЯ

Дьяков А.С., Поздеев А.В., Новиков В.В., Голяткин И.А. — Основные направления развития зарубежных снегоходов 34

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

Р Е Д А К Ц И О Н Н А Я К О Л Л Е Г И Я:

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 Болорусско-Российского университета (Могилёв)*
Харитончик С.В. — *д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)*

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 09.11.2018. Подписано в печать 27.12.2018.
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.