ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 4 • апрель • 2010

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658

СЦЕНАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Канд. техн. наук И.В. ЕГОРОВ

Российский университет кооперации (8.495.615-74-48)

На конкретных примерах показано преимущество и особенности сценарного планирования по сравнению с традиционным. Предложен ряд исследовательских сценариев, которые воспринимаются и определяются с помощью некоторых предположений о текущей и будущих тенденциях.

Ключевые слова: *инвестиционное решение, сценарий, сценарий будущего, прогноз, планирование, стратегия, доходы, расходы, риск.*

Egorov I.V.

SCENARIO PLANNING FOR AUTOMOBILE PRODUCERS IN THE CONTEXT OF MAKING DECISIONS ON INVESTMENTS

On specific examples shows the advantage and peculiarity of scenario planning as compared with traditional planning. He few research scenarios that can be apprehended and determined on the base of assumptions of some current and future trends are offered.

Keywords: *investment decision, scenario, scenario future, forecast, planning, strategy, revenue, expenses, risk.*

Во время финансового кризиса в экономике выживание и успех любого предприятия больше, чем когда-либо зависит от правильности принимаемых решений, в том числе инвестиционных. Поэтому именно последние, являясь одной из наиболее важных деловых инициатив, должны приниматься и осуществляться наиболее вдумчиво и ответственно, поскольку инвестиции связывают финансовые ресурсы на относительно большой период времени [1].

Это очевидно. Но как определить, правильно ли принятое решение? Ведь на предприятиях автомобильной промышленности средства инвестируются в машины, недвижимость, научно-исследовательские, проектно-конструкторские работы, технологии и т. п. То есть инвестиционный процесс представляет собой сложную, распределенную во времени и пространстве совокупность действий и их результатов, информационно связанных между собой. Причем чаще всего данный процесс направлен на создание или развитие уже существующих технических мегакомплексов машин и средств обеспечения (зданий, помещений и т. п.) Что, повторяем, требует больших финансовых и временны́х затрат. Следовательно, любое ошибочное решение может оказаться непоправимым.

Чтобы этого не случилось, инвестиционный проект должен включать не только технические требования и описания, но и экономический анализ. Причем он может служить основой инвестиций лишь в том случае, когда затраты, необходимые для реализации предусмотренного им объекта, не переходят границ, оговоренных выбранными критериями.

Рассмотрим, как реализуются эти исходные посылки. И возьмем только ту часть инвестиций, которая позволяет представить вложенные средства и полученную от них прибыль в стоимостном выражении.

Любое инвестиционное решение, очевидно, принимается в зависимости от соотношения предельной выгоды предполагаемых вложений и предельных же издержек, связанных с ними [2]. И предприятия вкладывают капиталы только в проекты, в которых ожидаемая норма прибыли превышает, что тоже вполне понятно, банковскую процентную ставку. Поэтому основными факторами, определяющими расходы на инвестиции, являются ожидаемые доходы (и, соответственно, прибыль), а также процентная ставка.

Исходя из этих соображений, предположим, для примера, что автозавод собирается купить новую сборочную линию (конвейер) стоимостью 1000 млн руб. И что срок ее службы один год. Цель такой покупки — увеличить объем выпускаемой продукции и доход от ее реализации.

Допустим также, что ожидаемый чистый доход (за вычетом таких операционных расходов, как затраты на электроэнергию, материалы, рабочую силу, не-

которые виды налогов и т. д.), приносимый этой линией, составит 1100 млн руб. То есть после вычета операционных расходов оставшийся ожидаемый чистый доход достаточен, чтобы покрыть затраты на приобретение сборочной линии и принести прибыль в размере 100 млн руб. Следовательно, ожидаемая норма прибыли от линии — 10 %.

Это без учета издержек, связанных с инвестициями, — процентной ставки (цены, которую предприятие должно заплатить, чтобы взять в долг капитал, необходимый для приобретения линии). А она довольно велика. Например, если ее величина составляет 8 %, то за взятые в долг на приобретение линии 1 000 млн руб. придется заплатить 80 млн руб. Значит, если инвестиции сработают так, как ожидалось, то предприятие за счет линии в итоге получит дополнительную прибыль, равную 20 млн руб.

Отсюда можно сформулировать вывод: если ожидаемая норма прибыли (в нашем случае 10 %) превышает величину процентной ставки (8 %), инвестирование будет рентабельным; но если процентная ставка превышает ожидаемую норму прибыли, инвестирование будет нерентабельным, поэтому от него следует отказаться.

Такой подход применим и в том случае, если предприятие не прибегает к заимствованию, а финансирует инвестиции за счет внутренних средств, которые он выделил из полученных ранее прибылей: и здесь роль процентной ставки как цены инвестирования в реальный капитал не меняется. Изымая средства из сбережений и вкладывая их, скажем, в ту же линию, предприятие несет альтернативные издержки, потому что лишается процентного дохода, который оно могло бы получить, ссудив эти средства кому-нибудь. Поэтому издержки, связанные с процентными платежами, всегда следует сопоставлять с ожидаемой нормой прибыли.

Нельзя не учитывать и то, что инвестиции могут и не окупаться так, как предполагалось. Из-за того, например, что в процессе принятия инвестиционного решения не были учтены риски или факторы, имеющие внестоимостной характер (экологические, социальные и т. п.).

При планировании инвестиций учитываются не только приведенные выше соображения, но и все возможные конкретные обстоятельства планирования — прогнозирование, проектирование, изготовление и эксплуатация продукции. Такой учет углубляет подход к решению инвестиционной задачи, уменьшает риски, позволяет выбрать оптимальный вариант использования ресурсов, необходимых для реализации инвестиционного проекта.

Что это именно так, можно показать на примере ВАЗа.

Его положение в автомобильной промышленности России в настоящее время, как известно, довольно нестабильно. Исследования рынка легковых автомобилей показывают, что потребители становятся более чувствительными к цене и менее лояльными к моделям автомобилей ВАЗ. В результате доля последних на рынке и объемы их продаж уменьшаются, что ведет к необходимости периодической остановки производств, сокращению рабочей недели и т. д. Например, доля ВАЗа в общем выпуске легковых автомобилей российского производства в 2005 г. составляла 67,1 %, в 2006 г. — 65 %, в 2007 г. снизилась до 57,5 %, а в 2008 г. — уменьшилась еще на 6 %, т. е. до 51,5 %.

Причин такого положения много. Но наиболее важные из них, по мнению специалистов, — низкие темпы внедрения новых технологий, невысокая способность к обновлению с помощью методов менеджмента, а главное, — слабая реакция на запросы потребителей, что оттолкнуло от ВАЗа даже самых верных его клиентов в пользу конкурентов.

Плохую службу сослужило и исторически сложившееся его доминирование на отечественном рынке легковых автомобилей: на протяжении нескольких десятков лет ВАЗ владел большей долей этого рынка, и уверенный в своей популярности у потребителя имел возможность требовать и получать различные уступки от торговых посредников. То есть свою популярность у конечных потребителей автозавод использовал как средство, которое позволяло ему задавать «правила игры», соответствующие его интересам.

Но постепенно автомобильный рынок России становился все более открытым и отношения между ВАЗом и торговыми посредниками ухудшились, потому что потребитель стал прохладнее относиться к его моделям автомобилей. И дилеры использовали данное обстоятельство для снижения контроля, которым он обладал в отрасли.

В такой обстановке руководство ВАЗа должно было бы осознать необходимость изменения отношений с покупателями его продукции, но не сделало: сработала инерция мышления руководства. В результате автозавод сейчас имеет то, что имеет.

Но выход из создавшегося положения все-таки есть. Он — в использовании сценарного планирования производства автомобилей, которое, в отличие от обычного планирования, когда прогнозируется только один наиболее вероятный исход, предлагает ряд вариантов развития событий.

Инструмент такого планирования дает теория систем [1, 2], содержащая концептуальную основу построения методологии, позволяющую описывать систему планирования производства продукции и ее проблемы в терминах взаимосвязанной иерархии. Кроме того, методология предлагает средства упорядочения приоритетов в процессе планирования продукции, распределения ресурсов и измерения интенсивности взаимодействия элементов, описывающих структуру системы иерархии, а также учитывает роль человека в сложных организационных системах и примиряет устремления людей, чьи интересы затрагивают поведение системы.

Сценарное планирование можно применять как средство анализа реальных вариантов в контексте принятия инвестиционных решений, что ведет к появлению разных решений. Вот тому пример.

Допустим, что автозавод решил предложить рынку новую модель автомобиля, цена которой 100 тыс. руб. Каким будет спрос на нее, неизвестно. Однако раз-

личные сценарии макроэкономических и конкурентных факторов предсказывают, что он составит от 20 до 140 тыс. ед.

Имея эти исходные данные, легко подсчитать, во что обойдется организация производства новой модели.

Так, для создания необходимых производственных мощностей нужно подготовить место, на что потребуется 100 млн руб.; сборочное производство, если его построить сразу, обойдется в 600 млн руб., а если позже, когда станут известны объемы продаж, — в 660 млн руб.

Таким образом, у автозавода имеются три возможные стратегии: отказаться от производства новой модели; подготовить место и сразу же построить сборочный цех; подготовить место, но решение о строительстве цеха принять тогда, когда станет известен спрос.

Традиционное планирование начинают с прогнозирования спроса. Определяют его как среднее арифметическое двух приведенных выше цифр, т е. в 80 тыс. ед. И уже только по нему оцениваются варианты стратегий. Причем первая из перечисленных стратегией, очевидно, не обсуждается, поскольку речь идет о выпуске новой модели. Что же касается второй и третьей, то для них результаты расчета получаются довольно близкими: доход от продаж — 800 млн руб., плата за подготовку места под строительство сборочного производства — 600 млн руб., строительство сборочного цеха — 600 и 660 млн руб. Следовательно, вторая стратегия дает прибыль 100 млн руб., третья — 40 млн руб. Какой отдать предпочтение — понятно.

Сценарное планирование рассчитано на более, так сказать, осторожного составителя плана, позволяя ему проанализировать чувствительность экономических результатов стратегий при разных прогнозах спроса. Например, такой анализ покажет, что вторая стратегия будет выгодной, если спрос на новую модель превысит 70 тыс., а первая (отказаться от производства автомобиля, т. е. сохранить статус-кво, или ничего не предпринимать) окажется самой простой и выгодной, если спрос будет ниже этой точки самоокупаемости.

Теперь можно подумать о последствиях каждой из стратегий. Первая («ничего не предпринимать») всегда приводит к нулевым прибылям; вторая и третья при определенных условиях прибыль дают. Так, если следовать третьей стратегии, то 100 млн руб. на подготовку места относятся к невозвратным издержкам. В результате, цех должен быть построен, пока доходы превышают расходы на строительство (660 млн руб.), т. е. спрос превышает 660 млн руб. Если же спрос ниже 660 млн руб., цех не строится, а прибыль равна 100 тыс. руб. Если же выбрать вторую стратегию, прибыль всегда равна 500 млн руб. (600 млн − 100 млн руб.). Значит, третья стратегия («готовь место и жди») становится более привлекательной. Потому что, хотя прибыль несколько ниже при высоком спросе, потери при низком спросе ограничиваются 100 млн руб. Так что откладывая решение о строительстве, можно избежать расходов на это строительство, если спрос низкий, но можно получить и прибыль (правда, незначительную), если спрос высокий.

Сценарное планирование подчеркивает ценность таких «ситуационных решений». Если все эти сценарии одинаково вероятны, средняя прибыль по сценарию «готовь место и жди» составляет 140 млн руб. — на 40 % больше, чем по сценарию «готовь место и строй немедленно». И это решение, неприемлемое ни при каком сценарии, является оптимальным (с точки зрения средней прибыли) в условиях неопределенности.

Занимающиеся сценарным планированием специалисты сталкиваются с тремя проблемами. Первая из них состоит в разработке обоснованных сценариев. Для этого требуется экспертный анализ факторов, влияющих на результаты. Вторая заключается в определении степени вероятности сценариев. Третья требует найти критерии выбора стратегий.

Большинство людей и организаций не склонны рисковать. Они в определенных ситуациях дорожат возможностью получать доход даже ниже среднего по отрасли уровня. Стратегии же, приносящие более высокий доход, часто характеризуются большей степенью риска. Поэтому при сценарном планировании часто проводят анализ доходов при различных уровнях риска — примерно так же, как в финансовом планировании.

Чем же объясняется повышенный интерес к сценарному планированию в наше время? Экономический кризис, политическая нестабильность и новые опасности делают более вероятными сценарии резких колебаний цен на товарном рынке. Финансовые ситуации заставляют организации пересматривать считавшиеся точными сведения о поставщиках и потребителях. При этом они сталкиваются с гораздо большими рисками, чем раньше.

Стратегическая ориентация бизнеса на сценарное планирование — дело не новое. Однако формализованная его концепция и методология относительно новы и стали широко используемым и полезным инструментом современного менеджмента. Потому что в отличие от традиционного подхода к планированию, основанного на прогнозировании одного наиболее вероятного исхода, сценарное предлагает ряд вариантов развития событий (сценариев). Оно заставляет думать о разных возможностях, вместо того чтобы строить планы на основе единственного прогноза. В современной быстро изменяющейся конкурентной среде сценарное планирование как инструмент управления необходимо, чтобы справиться с рисками, связанными с принятием управленческих, в том числе инвестиционных решений.

Как показывает практика, планирование инвестиций, в основном, ориентируется на прошлые достижения, но стремится при этом определить и контролировать развитие предприятия в будущем. Поэтому его надежность зависит от точности фактических показателей прошлого, но оно не должно быть сосредоточено только на «воскрешении» прошлого или на подготовке к предсказанному прошлым будущего. Потому что будущее любой организации больше зависит от результатов ее деятельности в настоящем, чем от любого момента в ее прошлом. Следовательно, планирование

должно состоять из проектирования желаемого будущего и изыскания путей его приближения и включать следующие этапы: формирование «совокупности проблем»; разработку глобальных амбициозных целей (видения, миссии) на заданный (10—30 лет и более лет) период, а также определение конкретных, детализированных целей на год, три, пять лет; определение и выбор средств достижения этих целей, включая и стратегии; планирование ресурсов, необходимых для применения выбранных средств; проектирование реализации этих средств и контроль за их реализацией и результативностью.

Все перечисленные этапы по-своему важны. Но главный из них — «совокупность проблем», которой должна противостоять организация: это ее будущее при условии, что поведение как ее самой, так и ее окружения, не изменяется сколь-нибудь значительно. «Совокупность проблем» — система проблем и благоприятных возможностей, представляющая собой не просто сумму своих частей, а продукт их взаимодействия. То есть каждая проблема — совокупность факторов, мешающих предприятию воспользоваться всеми своими потенциальными возможностями, и благоприятной возможности, которой предприятие могло бы воспользоваться. Причем практика показывает, что формулирование «системы проблем» лучше всего делать в форме сценария будущего, который экстраполирует поведение предприятия и его окружения в прошлом и настоящем.

Этап «Цель» состоит в том, чтобы определить, когда и как система разрушится, если не будет никаких вмешательств. Причем последние можно планировать сейчас, а не ждать, пока система выйдет из состояния кризиса. И хотя случайные (реакция на конкретные обстоятельства) вмешательства в условиях кризиса редко обеспечивают эффективные решения проблем, планируемые с большой вероятностью окажутся созидательными и результативными. Более того, сценарии, приведенные выше, могут быть использованы для творческих предложений, которые, как правило, не рассматриваются даже при планировании, предшествующем состоянию кризиса.

Далее. Поскольку предприятие всегда является только определенной частью рынка и экономики страны, то для точного планирования необходимо получить как можно больше точной информации. Однако следует иметь ввиду, что «точность планирования» — понятие относительное. Например, очевидно, что экономические кризисы не поддаются планированию; абсолютно точно предсказать развитие будущего тоже нельзя; невозможно получить и всю информацию, например, о рынке в целом, а также ту, которая затрагивает деятельность конкурентов. Нельзя предугадать и их реакцию на развитие рынка. Это означает: любое планирование предприятия базируется на неполных данных. Поэтому качество планирования в большой мере зависит от интеллектуального уровня, компетентности менеджеров и руководителей. Отсюда следует, что систему планирования необходимо формализовать так, чтобы при разработке планов использовалась вся имеющаяся информация, и чтобы планы составлялись с учетом изменений и условий и были связаны с ними, содержали так называемые подушки безопасности (резервы) и периодически пересматривались в процессе реализации обобщенного сценария.

В этой связи снова обратимся к ВАЗу. Он, как известно, в последние годы не славится приверженностью техническим новшествам и компетентностью менеджеров, живет больше за счет традиций, уменьшая тем самым свои возможности расширить использование своей торговой марки и ассортимент продукции. Без этого цены на нее не могут расти, а расходы становятся слишком высокими. Правда, в его защиту можно сказать, что предприятие сталкивается с сильной конкуренцией со стороны зарубежных фирм и старается преодолеть склонность к перепроизводству, унаследованную от былого лидерства. Он стал открывать для себя важность инвестирования в производство, дизайн и т. д., создавать новые линии продукции. Однако это все-таки недостаточно или слишком поздно. Теряя контроль над своим рынком, ВАЗ должен понимать значение роста расходов и знать, что нет возможности легкого манипулирования ими. Любое заметное изменение структуры расходов должно сопровождаться изменением товарной стратегии, чтобы эффективно конкурировать на основе своей продукции. Для этого руководство должно ответить на следующие вопросы: следует ли расширять современный ассортимент автомобилей, сохраняя выпуск «классики»? нужно ли делать ставку на дизайн моделей автомобилей, напоминающих лучшие мировые образцы? позволит ли такая стратегия преобразовать производственный процесс, используя современные технологии?

Однако поведение ВАЗа на современном рынке характеризуется некоторой только ему одному присущей комбинацией стратегий. Так, он занимается выпуском стандартных, обычных и распространенных в России автомобилей, и важнейшей характеристикой, определяющей содержание его стратегии, является масштаб бизнеса. Он по-прежнему делает ставку на крупное стандартное производство автомобилей малого класса, привлекая потребителей сравнительной их дешевизной, хотя и невысоким уровнем качества. Из-за чего и вынужден иметь дело с неустойчивой массой потребителей. Но стоит ему снова начать диктовать свою волю, и они будут потеряны.

Конечно, ВАЗ как и любой производитель товаров, стремится к получению прибыли, но добиваться ее нужно не путем грубого силового давления на рынок, а через максимальный учет запросов массового потребителя. Только так можно оправдать непропорционально большие вложения капитала в производство, науку, маркетинг, сделанные им самим и государством.

Литература

1. Рой Бауэр, Эмилио Колар, Виктор Тан. Управление инвестиционным проектом. Опыт IBM. Пер. с англ. — ИНФРА-М., 1995.
2. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. М.: Радио и связь, — 1991.

УДК 629.4.014.26/.27.001.18

Прогнозирование размеров автомобильных парков в условиях стадийности процессов автомобилизации

Д-р техн. наук Е.С. КУЗНЕЦОВ
МГТУ «МАМИ» (8. 495 223-05-23)

Рассматривается методика прогнозирования размера парка легковых автомобилей и результаты ее применения.
Ключевые слова: *парк легковых автомобилей, прогноз, размер парка.*

Kuznezov E.S.
FORECAST OF THE SIZE OF CAR LFEET IN THE CONTEXT OF STADIAL CHANGES

Forecast the size of car fleet and autput of relevant methods are examined.
Keywords: *car fleet. Forecast, size.*

Размер автомобильного парка и его производная — насыщенность автомобилями, т. е. их число на 1000 жителей, — параметры, которые характеризуют уровень и темпы автомобилизации любых страны, региона, города и т. д. Знание размера парка дает возможность, во-первых, определить потенциальную транспортную работу, которую можно выполнить с его помощью; во-вторых, подсчитать ресурсы (топливо, материалы, запасные части и др.), необходимые для обеспечения его работоспособности; в-третьих, получать представление о путях развития его самого, нужных ему производственной (автотранспортные и сервисные предприятия) и дорожной инфраструктур, уровне подготовки, численности персонала и т. п. Причем важное место в этом перечне занимают вопросы прогнозирования размеров парков на перспективу. Что вполне объяснимо: неточность прогнозов всегда ведет к потерям.

При прогнозировании размера парка могут использоваться ряд методов: перенос темпов прироста парка за ретроспективный период на перспективный (прогноз по «достигнутому уровню»), применение логистической многофакторной модели и пошаговый метод.

Эффективность перечисленных методов, как свидетельствует опыт, неравноценна.

Так, первый из них привлекает своей простотой, однако не учитывает темпов развития автомобилизация во времени, ее стадийности. Что отрицательно сказывается на точности прогноза.

Второй метод построен на основе анализа статистических материалов, который показывает, что для стран, стоявших у истоков автомобилизации и достигших на этом пути значительных успехов, четко просматриваются определенные закономерности в темпах автомобилизации: на первой стадии развития ее масштабы и темпы сравнительно низкие; на второй — они сменяются интенсивным ростом; на третьей — темпы снижаются и наступает фактическая их стабилизация.

Такая схема присуща механизмам диффузии и насыщения и может быть описана рядом моделей, среди которых наименее сложной и требующей минимального информационного обеспечения является *S*-образная, или логистическая, функция $П(t)$, описываемая следующей формулой:

$$П(t) = \frac{П_п}{1 + ae^{-bt}}.$$

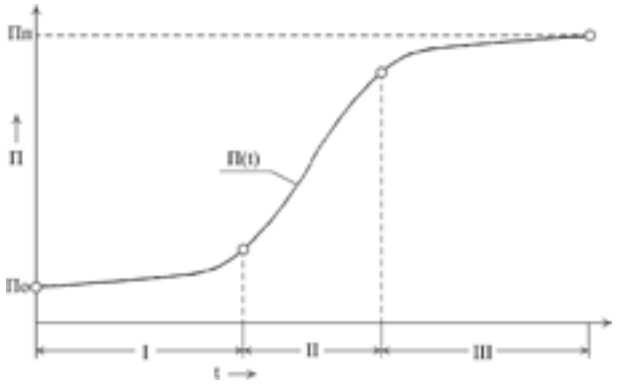
($П(t)$ — текущее значение показателя; $П_п$ — предельное значение показателя, соответствующее моменту наступлении насыщения; a и b — коэффициенты, определяющие характер протекания логистической функции для конкретного парка, находящегося на определенной стадии развития; e — основание натуральных логарифмов; t — время.)

Рассмотрим основные признаки перечисленных стадий (см. рисунок).

Первая из них — **стартовая**. На ее протяжении отрабатывается работоспособная конструкция автомобиля (подбор агрегатов и материалов, компоновочных схем, методов и технологий производства); начинается индивидуальный и мелкосерийный его выпуск; автомобиль постепенно становится транспортным средством в стране или в регионе; возникает спрос на автомобильные перевозки и формируется рынок автотранспортных услуг. Однако уровень автомобилизации остается очень низким. Например, в 1905 г. парк легковых автомобилей в США составлял всего лишь 77,4 тыс. ед., а в России (1917 г.) — 30 тыс.

Вторая стадия — **базовая**. Для нее характерны начало массового производства и/или импорта автомобилей; расширение и закрепление за ними значительных секторов на рынке транспортных услуг; интенсивный рост спроса на них не только со стороны отраслей экономики, но и населения; последовательное расширение национального производства и/или импорта; развитие отраслей промышленности, поддерживающих и обеспечивающих использование автомобилей для перевозки пассажиров и грузов (строительство и эксплуатация дорог, организация движения, производство и распределение ГСМ, шин, технических жидкостей, запасных частей; заправка, хранение, обслуживание, ремонт автомобилей, оказание услуг их владельцам и др.); высокие темпы автомобилизации.

Третья стадия — **насыщения**. Для нее характерно состояние, близкое к равновесию спроса и предложения и существенный рост конкуренции на рынке транспортных и сервисных услуг; достаточность, а в ряде стран избыток мощностей по производству легковых автомобилей; перенос производства автомобилей и комплектующих из традиционных стран-производителей в развивающиеся страны; усложнение конструкции автомобилей, повышение требований к дорожной и экологической безопасности, что требует увеличения затрат на приобретение и эксплуатацию АТС и лимитирует платежеспособный спрос на них, а также автомобильные перевозки и сервисные услуги; нараста-



ние негативных последствий автомобилизации (ДТП, загрязнение окружающей среды, значительная ресурсоемкость и др.); сокращение и стабилизация темпов автомобилизации.

Расчеты, выполненные автором по этой модели, показали: полученный прогноз размеров парков легковых автомобилей имеет вполне удовлетворительную сходимость с фактическими данными (отклонение в среднем составляет 5—6 %). Причем даже для сравнительно большого (1997—2007 гг.) прогнозируемого периода, но в случаях «плавного» протекания процессов автомобилизации.

В многофакторных моделях учитывается влияние на размер парка и другие параметры автомобилизации таких факторов, как базовые (исходные) ее показатели, уровень жизни населения и его занятости, стоимость топлива, состояние инфраструктуры, степень развития и доступность общественного транспорта и др. Основная сложность при использовании этого метода — дефицит достоверной и сопоставимой информации за значительный ретроспективный период, особенно в условиях изменения хозяйственного механизма, масштабов цен, системы статистической отчетности. Кроме того, этот метод, как и два предыдущих, основан на ретроспективных данных, поэтому не в состоянии учесть резкого изменения экономической ситуации в стране (например, кризис, возникший в конце 2008 г.), влияющей на состояние автомобильного рынка.

Поэтому в таких ситуациях целесообразно применять ***пошаговый (итеративный) метод*** расчета и прогноза размера автомобильного парка, в соответствии с которым для прогнозируемого периода последовательно, с определенным постоянным шагом, определяется изменение размера парка с учетом предполагаемого его пополнения и выбытия АТС. Для определения размера A_{t+1} парка к концу (i + 1-года, или другого периодов) необходимо знать размер парка в конце текущего года $\boldsymbol{A_t}$, размеры пополнения $A^{\text{п}}_{t+1}$ и выбытия $A^{\text{в}}_{t+1}$ автомобилей в течение следующего года:

$$A_{t+1} = A_t + A^{\text{п}}_{t+1} - A^{\text{в}}_{t+1}.$$

Соотношение размеров выбытия и пополнения определяет не только изменение размера парка, но и его структуры. Например, прекращение или сокращение пополнения парка может привести или к его старению, или к сокращению размера, или к комбинации этих событий.

Для характеристики тенденций изменения парка определяют также коэффициенты: $r = \dfrac{A^{\text{п}}_{i+1}}{A_i}$ — коэффициент пополнения; $b = \dfrac{A^{\text{в}}_{i+1}}{A_i}$ — коэффициент выбытия. При $r > b$ — парк растет, $A_{i+1} > A_i$ (расширенное восстановление); $r < b$ — парк сокращается, $A_{i+1} < A_i$ («деградация парка»); $r = b$ — стабильный размер парка, $A_{i+1} \approx A_i$ (простое восстановление).

При необходимости может быть использована более подробная схема формирования автомобильных парков, учитывающая принадлежность поставляемых и выбывающих из эксплуатации автомобилей (производители, страны), состояние (новые, подержанные), причины выбытия (списание или перевод в другую страну или регион) и др.

Эта методика позволяет решать задачи прогнозирования, в том числе и в ситуациях резкого изменения условий формирования парков. В частности, определять размер парка, оценивать темпы его пополнения и изменения по времени, а также темпы выбытия АТС; управлять формированием требуемого для осуществления необходимого объема перевозок размера парка (изменять соотношение пополнения и выбытия); восстанавливать данные, информация по которым отсутствует или недостаточно достоверная (например, размеры выбытия) и др.

Рассмотрим результаты применения данной методики при оценке до 2020 г. изменения размера легкового автомобильного парка, принадлежащего населению и составляющего около 95 % легкового парка России. При расчетах были использованы следующие исходные данные и предпосылки: статистические данные по размерам парка и продаж автомобилей в течение ретроспективного периода (1997—2007 гг.), в результате обработки которых оказалось, что среднегодовые темп роста парка составил 4,5 %, коэффициент пополнения — 6,4, коэффициент выбытия — 1,9 %.

Но так как расчетный коэффициент выбытия из-за отмеченных недостатков при сборе соответствующих данных оказался заниженным, то при расчетах на прогнозируемый период были приняты три значения коэффициента выбытия, охватывающие диапазон возможных вариантов: нижняя оценка, соответствующая ретроспективному периоду (2 %); верхняя оценка (6 %), близкая к европейским и американским данным, которая, по мнению автора, может быть достигнута в лучшем случае только в конце перспективного периода; промежуточная наиболее вероятная оценка (4 %).

Размер пополнения парка принят согласно прогнозу PWC, учитывающему значительное сокращение, по сравнению с 2008 г., продаж легковых автомобилей в России в 2009—2011 гг. с последующим ростом к 2015—2016 гг. до примерно 4 млн в год.

Пример такого расчета приведен в таблице, из которой видно, что при коэффициенте выбытия 4 % размер российского парка легковых автомобилей в 2015 г. может составить 43 млн, а в 2020 г. — 54 млн, т. е. увеличится, по сравнению с 2007 г., соответственно в 1,5 и 2,9 раза, а насыщенность ими при расчетной численности населения, равной 142 млн чел., достигнет соответственно 299 и 380 на 1000 жителей.

Естественно, рост парка и насыщенности необходимо учитывать наряду с другими факторами (изменение интенсивности и условий эксплуатации, обращаемости за услугами, надежности автомобилей и т. п.) при прогнозировании потребности в ресурсах, включая ресурс сервисных услуг.

Из таблицы также следует, что весьма существенное влияние на все показатели, характеризующие динамику изменения парка, оказывает коэффициент выбытия автомобилей из эксплуатации. Так, при его увеличении до принятого верхнего уровня (b = 6 %) прогнозируемый размер парка сократится в 2015 г. до 36 млн, а в 2020 г. — до 46 млн ед., или почти в 1,2 раза. Тем

Параметр	Период								
	2009—2010 гг.			2011—2015 гг.			2016—2020 гг.		
Средний за период коэффициент выбытия, %	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Размер парка на конец периода, млн ед.	33,9	32,7	31,5	47,0	42,5	36,4	62,5	53,9	46,4
Годовой рост парка, %	5,7	3,8	1,9	6,8	5,4	4,0	5,9	4,9	3,9
Средний за период коэффициент пополнения, %	7,6	7,8	7,9	8,8	9,4	10,0	7,9	8,9	9,9
Насыщенность на конец периода, авт./1000 чел.	239	230	222	331	299	244	440	380	326

не менее, ясно, что даже при значительном уменьшении продаж автомобилей в 2009—2011 гг. рост парка будет продолжаться, хотя, естественно, с меньшими, чем в ретроспективном периоде, темпами, которые в 2009—2010 гг. могут составить соответственно 3,8 и 1,9 %. При расширении периода прогнозирования влияние временного сокращения размеров пополнения на размер самого парка (последействие) будет сокращаться. Например, при $b = 4$ % среднегодовой рост парка за период 2011—2020 гг. составит ~5,2 %, т. е. увеличится, по сравнению с 2009—2010 гг., в 1,4 раза.

Рост парка может прекратиться только при сокращении его пополнения до критического уровня, который при коэффициентах выбытия 4 и 6 % составляет соответственно 1,1—1,2 и 1,7—1,8 млн легковых автомобилей в год.

Подведем некоторые итоги сказанному выше.

1. Пошаговое прогнозирование размера автомобильного парка представляет собой, как видим, достаточно удобный, наглядный, доступный и универсальный метод, позволяющий рассматривать и количественно оценивать любые сценарии формирования автомобильного парка — вариации соотношений пополнения и выбытия автомобилей, постепенное изменение темпов пополнения и особенно выбытия, залповое сокращение продаж автомобилей и т. п.

2. Метод применим при соответствующем информационном обеспечении на любых уровнях управления и прогнозирования: автотранспортное предприятие, отрасль, город, регион, страна.

3. Размер парка — более стабильный и консервативный показатель, чем размеры пополнения и выбытия, что важно для прогнозирования потребности в ресурсах и сервисных услугах.

4. В течение прогнозируемого периода и при всех рассмотренных вариантах формирования автомобильного парка России его рост размеров будет продолжаться с постепенным возвращением к темпам (4—6 %), свойственным второй стадии автомобилизации.

5. В кризисные годы следует ожидать уменьшения коэффициента выбытия и, прежде всего, списания автомобилей («придерживание» автомобилей их владельцами), которое, с одной стороны, будет способствовать росту парка в условиях снижения коэффициента пополнения, а с другой, — приведет к старению парка и росту объемов торговли подержанными автомобилями, что увеличит нагрузку на сервисную систему.

АСМ-факты

«Нисан» расширяет производство в России. Вслед за постепенным восстановлением рынка и потребительского спроса компания «Ниссан» объявила о расширении производства в России и введении второй смены на заводе в Санкт-Петербурге.

Помимо увеличения объемов производства, компания приняла решение о запуске третьей модели — «Нисан Мурано», дополнив, таким образом, модельную линейку выпускаемых в России автомобилей, которая до настоящего момента была представлена двумя моделями — седаном бизнес-класса «Нисан Теана» и компактным внедорожником «Нисан Х-трейл». Старт производства третьей модели запланирован на начало 2011 г. Модели, производимые на заводе в Санкт-Петербурге, предназначены исключительно для продажи на российском рынке.

Увеличение объемов производства в свою очередь потребовало расширение штата. В этой связи с февраля 2010 г. «Ниссан Мэнуфэкчуринг Рус» начал набор персонала для второй смены. На заводе будет создано 600 дополнительных рабочих мест к уже существующим 850. Вторая смена начнет работу в июне этого года.

Гибкая производственная система «Ниссан» позволяет легко адаптироваться к индивидуальным потребностям различных рынков в вопросах выбора и времени запуска моделей для поддержания необходимого уровня продаж в регионе. Компания «Ниссан» продолжит следить за тенденциями российской экономики и развитием ситуации на локальном рынке с тем, чтобы при необходимости своевременно вносить корректировки в производственный процесс.

Комментируя этот важный шаг, Фудзио Хосака, Генеральный директор «Ниссан Мэнуфэкчуринг Рус», отметил: «Команда проделала огромную работу, обеспечив успешное начало работы завода в России и высочайшее качество выпускаемой продукции – автомобилей «Нисан Теана» и «Нисан Х-трейл». Вскоре к этим моделям будет добавлена и третья — «Нисан Мурано»! В компании «Ниссан» мы всегда стремимся к тому, чтобы производить автомобили максимально близко к рынкам сбыта продукции. Расширяя производство здесь, в Санкт-Петербурге, мы подтверждаем наше намерение внести вклад в развитие российской экономики и российского общества».

Первое поколение кроссоверов «Нисан Мурано» появилось на российском рынке в 2005 г. и сразу же завоевало популярность среди клиентов, которым необходим выразительный автомобиль, сочетающий лучшие качества внедорожника и легкового автомобиля. Второе поколение «Мурано» появилось в шоу-румах в 2009 г. и еще более укрепило позиции компании «Ниссан» как пионера и лидера сегмента кроссоверов.

УДК 621.43

Новая концепция организации бездетонационного сгорания низкооктановых топлив в ДВС с искровым зажиганием

Канд. техн. наук М.Д. ГАРИПОВ

Уфимский ГАТУ (8.347.272-84-05)

Приведены результаты экспериментального исследования возможности организации в ДВС с искровым воспламенением бездетонационного сгорания низкооктановых топлив при высокой степени сжатия. Процесс реализуется за счет управления моментом подачи обогащенной топливовоздушной смеси в рабочую камеру и моментом первичного воспламенения искрой.

Ключевые слова: *поршневой ДВС, рабочий процесс, многоочаговое сгорание, детонация.*

Garipov M.D.

INVESTIGATION OF LOW-OCTANE FUELS COMBUSTION WITHOUT DETONATION IN SPARK ASSISTED INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Results of experimental investigation of low-octane fuels combustion without detonation at high compression ratio conditions in spark assisted internal combustion engines are given.

Keywords: *piston ICE, work cycle, multipoint combustion, detonation.*

Исторически сложились два типа поршневых ДВС — с воспламенением от искры (бензиновые) и воспламенением от сжатия (дизели). Первые имеют высокую удельную мощность и невысокую топливную экономичность, вторые, наоборот, обладают высокой топливной экономичностью, но низкой удельной мощностью. Поэтому специалисты вот уже много лет пытаются создать перспективный унифицированный рабочий процесс, который, по замыслу, должен объединить лучшие качества бензиновых двигателей и дизелей. Причем при использовании всей существующей номенклатуры выпускаемых для них топлив. Это даст возможность перейти на единое унифицированное топливо, включающее фракции современных товарных топлив, что значительно снизит энергоемкость и себестоимость их производства.

Особо больших успехов в этой непростой работе пока нет. Однако определенные наработки, прежде всего теоретического плана, уже есть.

Так, доказано, что для достижения топливной экономичности дизелей у бензиновых двигателей необходимо степень сжатия довести до 12—15 и перейти на качественное регулирование мощности, т. е. увеличить максимальный коэффициент избытка воздуха на частичных нагрузках до значений, характерных для дизелей ($\alpha \approx 4$—5) [1]. Но этому препятствует тот факт, что бензиновые двигатели к моменту воспламенения имеют уже подготовленную гомогенную смесь. Что налагает ограничение по максимальной степени сжатия, так как в гомогенных смесях при повышенных степенях сжатия возникает детонация. Правда, бензиновые двигатели, выпускаемые некоторыми зарубежными фирмами (например, двигатель GDI фирмы «Мицубиси»), приблизились к нижней границе приведенного выше диапазона степеней сжатия, но — за счет использования высокооктановых топлив.

Дизели позволяют при высоких (свыше 20) степенях сжатия осуществить многотопливный цикл. Однако повышенные значения максимального давления и жесткость сгорания топлива при больших степенях сжатия ведут к росту нагрузок на детали цилиндропоршневой группы, что увеличивает механические потери и требует более прочной конструкции двигателя. Причем в случае применения топлив с низкими цетановыми числами (например, бензинов) эти нежелательные явления усиливаются, в связи с чем время работы дизеля на таких топливах не должно по техническим условиям превышать 10 % общего его ресурса.

Уменьшение степени сжатия в дизелях до 12—15, конечно, позволило бы снизить их массу и габаритные размеры без увеличения расхода топлива [2]. Однако в традиционном дизеле степень сжатия менее 15 резко ухудшает смесеобразование и сгорание, а также создает проблемы с пуском. Кроме того, из-за ограничений по максимальной частоте вращения и минимальному значению коэффициента избытка воздуха дизели имеют низкую, по сравнению с бензиновыми ДВС, литровую мощность, и чтобы ее повысить, приходится применять наддув и несколько увеличивать (благодаря многофазному впрыскиванию) частоту вращения коленчатого вала. При этом масса и габаритные размеры дизеля из-за высоких степеней сжатия остаются все-таки достаточно большими. (То есть налицо перерасход материалов при изготовлении как самих дизелей, так и агрегатов, на которые они устанавливаются, — дизель-генераторы, транспорт, средства механизации в сельском хозяйстве и т. д.).

Вторая из наиболее существенных наработок, сформулированная автором, — гипотеза о возможном способе реализации именно унифицированного рабочего процесса.

Процесс, согласно авторской гипотезе, осуществляется за счет впрыскивания компрессор-форсункой непосредственно в камеру сгорания богатой топливовоздушной струи, которая воспламеняется единичным искровым разрядом вблизи границ камеры. Этим обеспечивается первый этап сгорания, характерный для бензинового двигателя, в результате чего давление и температура несгоревшей части смеси повышаются, обеспечивая затем вторую фазу — многоочаговое воспламенение и сгорание, характерные для рабочего процесса дизеля.

Такой процесс вполне возможен, но при условии, что неоднородность топливовоздушной смеси должна быть такой, чтобы, с одной стороны, исключалась возможность появления детонации с интенсивностью, близкой к максимальной, а с другой, — обеспечивалась максимально возможная степень использования имеющегося в камере сгорания воздуха.

Очевидно, что удовлетворить такие противоречивые требования, в принципе, возможно, если организовать процесс так, чтобы концентрационная неоднородность имела место на локальном уровне, а сами ее очаги относительно равномерно распределялись по объему камеры. По мнению автора концепции, образование детонационных волн в локальных очагах допустимо, если в процессе распространения они ослабляются до такого уровня, который не представляет опасность для конструкции двигателя и не ухудшает его эффективные показатели.

Принципы организации процессов смесеобразования и воспламенения, заложенные в предлагаемой концепции, должны позволить управлять степенью неоднородности за счет управления моментом начала подачи в камеру сгорания обогащенной топливовоздушной смеси и моментом ее первичного воспламенения искрой. Причем самовоспламенения может и не быть, если используемое топливо — высокооктановое (например, водный раствор этанола).

Такая схема организации рабочего процесса имеет, по сравнению с традиционным дизелем, ряд несомненных преимуществ.

1. Устраняются ограничения по нижнему пределу степени сжатия, верхнему пределу частоты вращения коленчатого вала и цетановому числу топлива. В унифицированном рабочем процессе, в отличие от дизелей, самовоспламенение — лишь сопутствующий, но не обязательный фактор. Поэтому многотопливность предлагаемого унифицированного процесса может быть реализована при значительно более низких, чем в многотопливных дизелях, степенях сжатия, а параметры двигателя не ограничиваются сравнительно медленными химическими процессами, которые приводят к самовоспламенению и сильно зависят от типа топлива, термодинамических условий в рабочей камере и т. п.

2. Возникают условия для мягкого сгорания (сравнимого с таким же процессом в бензиновом двигателе) на начальном этапе, что дает возможность использовать более однородные, чем в дизеле, смеси [4]. Отсутствие раннего самовоспламенения при работе на низкооктановых топливах определяется более низкими, чем в дизеле, степенями сжатия.

3. Появляется определенность и управляемость момента воспламенения и облегчается пуск двигателя при отрицательных температурах.

Автор экспериментально проверил возможность реализации своей гипотезы. То есть оценил возможность организации в ДВС с искровым воспламенением бездетонационного сгорания низкооктановых топлив, управляемого за счет изменения моментов подачи обогащенной топливовоздушной смеси в камеру сгорания и первичного ее воспламенения искрой.

Технологию экспериментальных исследований иллюстрирует рис. 1, и сводилась она к следующему.

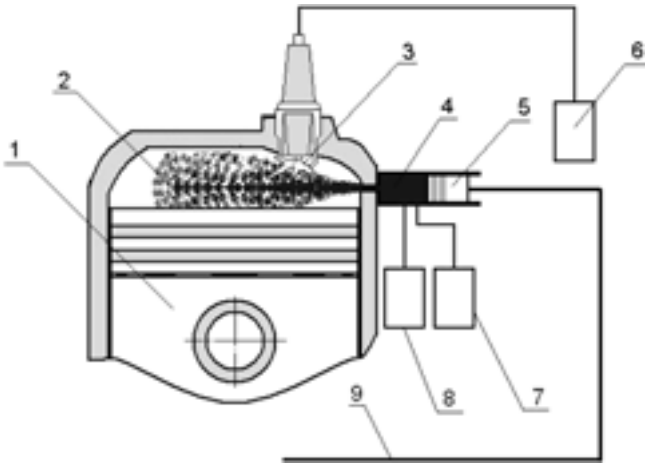


Рис. 1. Схема конструкции для реализации унифицированного рабочего процесса:
1 — поршень; *2* — факел обогащенной топливовоздушной смеси; *3* — искровой разряд; *4* — компрессор-форсунка; *5* — поршень компрессор-форсунки; *6* — коммутатор системы зажигания; *7* и *8* — устройства дозирования топлива и воздуха для компрессор-форсунки; *9* — привод компрессор-форсунки от вала двигателя (условно)

Топливо с небольшим количеством воздуха поступает в полость компрессор-форсунки *4*, где осуществляется предварительная стадия смесеобразования — подогрев, дробление, перемешивание и частичное испарение топлива. Поршень *5* компрессор-форсунки приводится в движение от коленчатого вала двигателя. При этом на такте сжатия он перемещается влево, и компрессор-форсунка впрыскивает топливовоздушный факел *2* в камеру сгорания, где эта смесь и формируется окончательно. Затем на электродах свечи происходит искровой разряд *3*, но не в центре камеры сгорания, а на периферии топливовоздушного факела. (Отметим, что компрессор-форсунка оснащена необходимыми устройствами для дозирования топлива (*8*) и воздуха (*7*) в зависимости от рабочего объема двигателя и режима его работы, а система зажигания имеет традиционную конструкцию и параметры разряда, характерные для современных бензиновых двигателей.)

Рабочий процесс был реализован на базе двухтактного двигателя ТМЗ-200М, геометрическая степень сжатия которого равна 8,5. На выбор двигателя в значительной мере повлиял его высокий диапазон эксплуатационных частот вращения коленчатого вала — 2000—5500 мин$^{-1}$, что, во-первых, позволяет оценить возможность устранения характерного для дизелей ограничения по максимальной частоте, т. е. возможность реализации удельной мощности, близкой к бензиновым двигателям при переходе с одного топлива на другое, а во-вторых, — избежать самовоспламенения дизельного топлива раньше момента его воспламенения от искры, которое может возникнуть при работе двигателя с высокой степенью сжатия на низких частотах вращения даже при угле опережения впрыскивания, не превышающем угол, соответствующий дизелю. Иначе при доводке унифицированного рабочего процесса пришлось бы столкнуться с проблемами, решаемыми при доводке рабочих процессов дизеля, т. е.

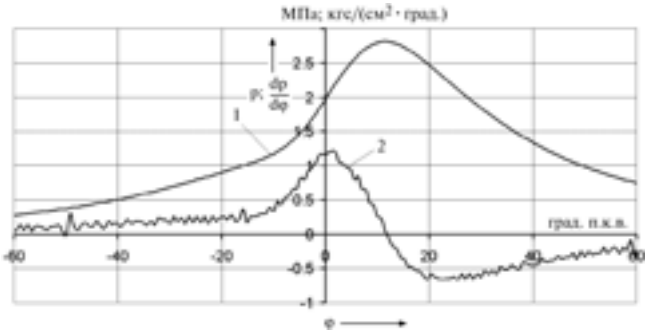


Рис. 2. Диаграмма изменения давления (1) и скорости (2) его нарастания от угла поворота коленчатого вала у карбюраторной (серийной) версии двигателя ТМЗ-200М:
1 — давление; *2* — скорость его нарастания

с необходимостью учитывать большое число факторов, — таких как углы опережения впрыскивания и зажигания, продолжительность впрыскивания, форма и размеры камеры сгорания, ее соответствие форме и размерам топливовоздушного факела и т. д. А это длительное и трудоемкое дело.

Интенсивность турбулентности в любом поршневом ДВС растет пропорционально частоте вращения коленчатого вала, поэтому продолжительность (в углах п.к.в.) образования топливовоздушной смеси необходимого уровня неоднородности практически не зависит от этой частоты. Длительность же индукции самовоспламенения (в углах п.к.в.), напротив, с увеличением частоты вращения коленчатого вала возрастает. Это означает, что высокая частота циклов дает возможность получить достаточно равномерное распределение топлива по объему камеры сгорания за счет более ранних углов опережения впрыскивания и, тем самым, избежать длительного доводочного процесса.

Для того чтобы при анализе результатов можно было сосредоточиться на внутрицилиндровых процессах, выпускная труба в экспериментах отсутствовала. На экспериментальном варианте двигателя была также предусмотрена возможность регулирования степени сжатия, углов опережения зажигания и впрыскивания. В соответствии с результатами численного эксперимента степень сжатия принята равной 12,5, поскольку более высокая степень сжатия не вызывает роста эффективного КПД двигателя. В качестве топлив использовались бензин и дизельное топливо.

Экспериментальная индикаторная диаграмма серийной карбюраторной версии двигателя приведена на рис. 2, а аналогичные диаграммы его варианта с унифицированным рабочим процессом, снятые при работе двигателя на различных топливах, оптимальных углах опережения впрыскивания (УОВ) и зажигания (УОЗ) — на рис. 3.

Рис. 2 подтверждает, что процесс сгорания в серийном двигателе протекает без самовоспламенения. И совсем другая картина при унифицированном рабочем процессе.

Так, из рис. 3 следует, что кривая *2* скорости нарастания давления имеет второй максимум, который является следствием многоочагового сгорания топливовоздушной смеси, воспламенившейся от сжатия, которое вызвано сгоранием ее части, воспламененной искровым разрядом. Это хорошо прослеживается по характерным флуктуациям на кривых *2* давления *p* и скорости $dp/d\varphi$ его нарастания. Причем в случае бензина, как видим, флуктуации ниже, что объясняется бóльшей его детонационной стойкостью.

В качестве критерия оптимальности при выборе угла опережения впрыскивания топлива была взята мак-

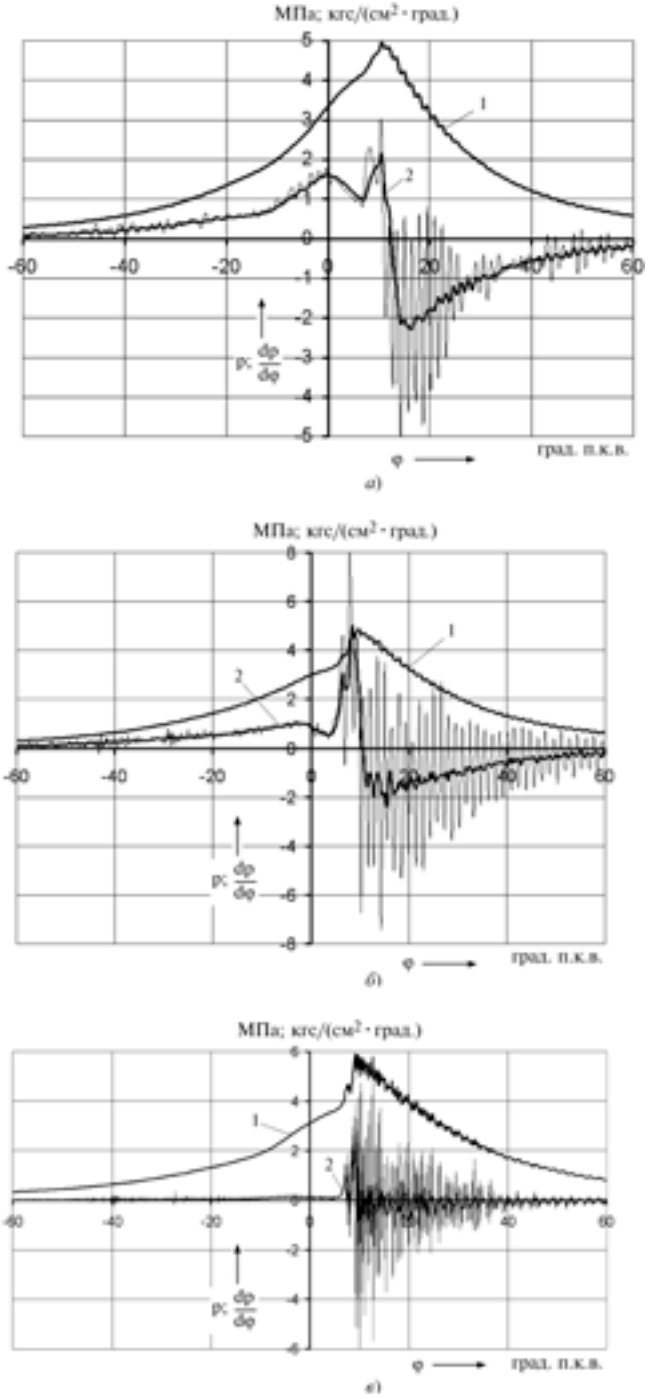


Рис. 3. Диаграммы изменения давления (1) и скорости (2) его нарастания в унифицированном процессе опытного варианта двигателя ТМЗ-200М от угла поворота в случае бензина (а), дизельного топлива (б) и (в) дизельного топлива на режиме детонации (УОВ = 75° п.к.в.):
1 — давление; *2* — скорость его нарастания

симальная мощность. Установлено, что как при увеличении, так и уменьшении этого угла относительно оптимального она снижается. Причем в первом случае из-за ухудшения смесеобразования, а во втором — из-за детонации. Следовательно, оптимальное значение угла и есть та граничная величина, при которой возникшие при многоочаговом воспламенении ударные волны еще не перерастают в детонационные такой интенсивности, что вызывают ухудшение эффективных показателей двигателя, и должны способствовать более быстрому завершению тепловыделения в конце основной фазы сгорания и в фазе догорания.

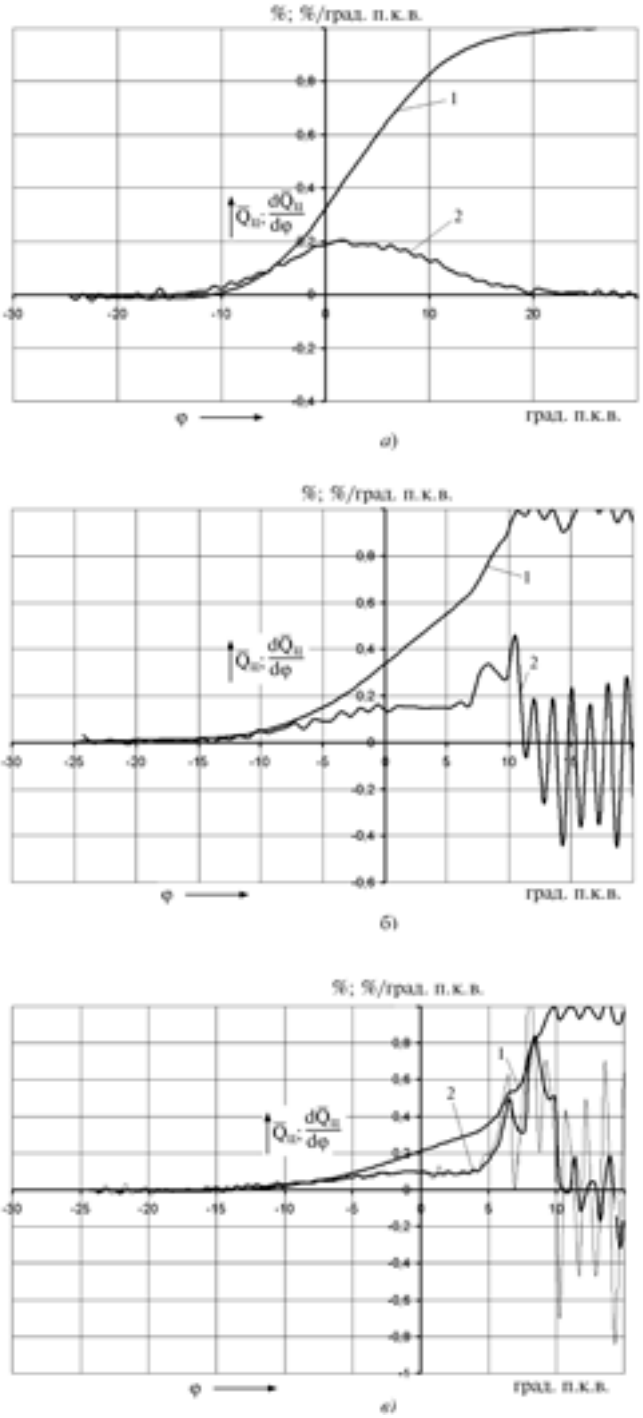


Рис. 4. Зависимость доли ($\overline{Q}_{ц}$) сгорающего топлива (1) и относительной скорости $\frac{d\overline{Q}_{ц}}{d\varphi}$ (2) от угла поворота коленчатого вала при работе серийного двигателя ТМЗ-200М (а) и опытного его варианта при работе на бензине (б) и дизельном топливе (в)

Это наблюдение совпадает с другими широко известными наблюдениями, согласно которым наилучшие значения мощности и расхода топлива достигаются перед самым началом наступления детонации [3, 4].

Подтверждение гипотезы о том, что принципы организации процессов смесеобразования и воспламенения, заложенные в унифицированном рабочем процессе, должны позволить управлять степенью неоднородности, а следовательно, и интенсивностью ударных волн при использовании низкооктановых топлив, хорошо прослеживается при сравнении графиков на рис. 3, *б* и *в*, полученных при работе на дизельном топливе, но при разных (13 и 15° п.к.в.) значениях угла φ опережения впрыскивания: при увеличении УОВ степень неоднородности снижается, соответственно увеличивается интенсивность ударных волн.

В дизеле уровень неоднородности определяется не столько стремлением ограничить интенсивность ударных волн, сколько необходимостью лимитирования среднеинтегральных по объему камеры сгорания значений максимального давления и скорости его нарастания, потому что в дизеле максимум скорости тепловыделения расположен очень близко к началу горения (приблизительно через промежуток времени, соответствующий 10—12 % продолжительности сгорания). И это — основная причина высокого уровня шума, значительной динамической нагрузки на подшипники и детали КШМ. Характер сгорания в унифицированном процессе уменьшает нежелательные явления, поскольку самовоспламенение возникает после выгорания ~32 % цикловой подачи $Q_{ц}$ при работе на дизельном топливе и ~60 % — на бензине. Поэтому скорости $dQ_{ц}/d\varphi$ нарастания теплоподвода имеют максимумы после сгорания соответственно ~80 и ~90 % топлива (рис. 4). Продолжительность же сгорания в унифицированном рабочем процессе на всех испытанных топливах составляет не более 55° п.к.в., что не превышает продолжительности, характерной для бензиновых двигателей.

Таким образом, возможность организации в двигателе с искровым воспламенением бездетонационного сгорания низкооктановых топлив при степени сжатия 12,5 подтверждена экспериментально. Это означает, что управление УОЗ и УОВ, действительно, позволяет управлять степенью неоднородности смеси и тем самым — интенсивностью ударных волн.

Литература

1. Стечкин Б.С. Избранные труды: Теория тепловых двигателей / Б.С. Стечкин. М.: Физматлит, 2001. — 432 с.
2. Investigation of a spark — assisted engine. Phatak R.G., Komiyama K. «SAE Techn. Pap. Ser.», 1983, № 830588, 8 pp.
3. Воинов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях / А. Н. Воинов. М.: Машиностроение, 1977. — 277 с.
4. Huber E.W. Drehmomentverlauf, Klopfverhalten und PV-Diagramm vom Fahtzeugmototen mit «Verlangter Dehnung», ATZ, H. 1, 1960. — 250 p.

УДК 621.436

Работа транспортного дизеля на многокомпонентных топливах

Доктора техн. наук В.А. МАРКОВ и С.Н. ДЕВЯНИН,
А.Ю. ШУСТЕР

МГТУ имени Н.Э. Баумана,
МГАУ имени В.П. Горячкина
(8.499.263-63-91, 8.495.976-36-40)

Показаны преимущества использования в дизелях многокомпонентных биотоплив, содержащих дизельное топливо, рапсовое масло и бензин. Проведен анализ физико-химических свойств таких многокомпонентных биотоплив. Представлены результаты экспериментальных исследований дизеля типа Д-245.12С на этих биотопливах.

Ключевые слова: *дизельный двигатель, дизельное топливо, бензин, рапсовое масло, многокомпонентные биотоплива.*

Markov V.A., Devyanin S.N., Shuster A.Yu.

VEHICLE DIESELENGINE OPERATION ON MULTIPROPELLANT MIXED BIOFUES

The advantages of using multipropellant biofuels composed of diesel fuel, rapeseed oil and gasoline in diesel engines are shown. The multipropellant fuel physico-chemical properties analysis is carried out. The results of the experimental research into diesel engine Д-245.12С operation these fuels are presented.

Keywords: *diesel engine, diesel fuel, rapeseed oil, gasoline, multipropellant mixed biofuels.*

Характерной особенностью современного этапа развития двигателестроения является расширение видов применяемого топлива. Например, в бензиновых двигателях довольно часто используются пропан-бутановые смеси и другие газообразные топлива, синтетические топлива, извлекаемые из различного углеводородного сырья, а в качестве присадок к бензинам — метанол, этанол, метил-*трет*-бутиловый эфир (МТБЭ), этил-*трет*-бутиловый эфир (ЭТБЭ) и др., а в дизелях — природный газ, диметиловый эфир (ДМЭ), биотоплива, получаемые из растительных масел. Причем в условиях нашей страны наиболее приемлемым видом биотоплива считается рапсовое масло: рапс может выращиваться в средней полосе России [1], отличается сравнительно высокой урожайностью (15—20 ц/га), масличность его семян составляет 40—50 % [2], при его производстве получают жмых — ценный белковый корм, применяемый в животноводстве. Главное же, с точки зрения дизелестроения, рапсовое масло можно, в принципе, применять и как самостоятельное топливо, и в смесях с дизельным топливом или перерабатывать в метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ), используемый как самостоятельное биотопливо или в смеси с дизельным топливом.

Но это, повторяем, в принципе. На практике же использовать биотоплива на основе рапсового масла не так и просто. Потому что их физико-химические свойства существенно отличаются от свойств стандартного дизельного топлива. И прежде всего — по кинематической вязкости: у рапсового масла она гораздо выше. Например, у исследуемого образца зимнего дизельного топлива при нормальной (293 К, или 20 °С) температуре она равна 2,37, а у рапсового масла — 75 мм^2/с, т.е. почти в 30 раза выше.

Рапсовое масло имеет и более высокую плотность — 913 кг/м^3, тогда как у того же зимнего дизельного топлива — лишь 805 кг/м^3. Больше у него и коэффициент поверхностного натяжения — 33,2 мН · м против 27,1 мН/м у дизельного топлива.

Перечисленные отличия свойств рассматриваемых топлив при переходе дизеля на рапсовое масло приводят ко многим нежелательным последствиям. В частности, они ухудшают параметры процесса топливоподачи дизеля, показатели его топливной экономичности и токсичности отработавших газов. И это вполне закономерно. Повышенная плотность рапсового масла и топлив на его основе, если их подавать в камеру сгорания с помощью серийной топливной аппаратуры, становится причиной увеличения дальнобойности струй. Что в сочетании с худшей их самовоспламеняемостью (увеличением периода задержки воспламенения) ведет к тому, что струя достигает стенок камеры сгорания, значительная часть топлива оседает на ней, поэтому и не сгорает полностью. В результате уменьшается доля объемного смесеобразования, могут наблюдаться потеря подвижности поршневых колец и загрязнение моторного масла.

Делает свое «недоброе» дело и высокая вязкость рапсового масла и его повышенный коэффициент поверхностного натяжения: уменьшают угол раскрытия топливного факела и ухудшают мелкость распыливания. В частности, повышенное поверхностное натяжение увеличивает неоднородность распыливания, что требует повышения максимального давления впрыскивания. При этом действительный момент начала впрыскивания смещается в сторону возрастания угла опережения впрыскивания.

Еще одна проблема, возникающая при использовании рапсового масла и его смесей, — быстрое закоксовывание распылителей форсунок из-за наличия в масле смолистых веществ. Например, если дизельные топлива, согласно ГОСТ 305—82, имеют коксуемость 10 %-го остатка, не превышающую 0,3 %, то у большинства растительных масел, в том числе рапсового, она составляет 0,4—0,5 %.

Наконец, к существенным недостаткам рапсового масла относится и низкая температура застывания, обусловленная наличием в его составе ненасыщенных жирных кислот: рапсовое масло застывает при температуре 253 К (−20 °С), тогда как зимнее дизельное топливо — при 238 К (−35 °С).

Из всего сказанного напрашивается очевидный вывод: для перевода дизеля на рапсовое масло на нем желательно устанавливать другую топливную аппаратуру. Что в отношении дизелей, находящихся в эксплуатации, явно нереально. Поэтому рапсовое масло и приходится использовать, по сути, лишь в качестве добавки к дизельному топливу. Но и такие смеси по своим свойствам обычно заметно [2] отличаются от свойств дизельного топлива. В частности, вязкость смеси, состоящей из 80 % дизельного топлива и 20 % рапсового масла, составляет 9 мм^2/с, что существенно выше вязкости дизельного топлива (4—6 мм^2/с), а ее коксуемость на ~20 % выше его коксуемости.

Но у рапсового масла есть одно очень важное свойство — способность смешиваться в любых пропорциях с большинством органических растворителей (в том числе и с нефтепродуктами, бензином и дизельным топливом). Это позволяет получать моторные топлива с заданными физико-химическими свойствами путем смешивания различных компонентов в соответствующих пропорциях.

В связи с чем одним из путей получения альтернативных топлив со свойствами, более близкими к свойствам дизельного топлива, авторы считают добавление в двухкомпонентные («дизельное топливо + рапсовое масло») топлива легких углеводородных топлив — газовых конденсатов, диметилового эфира и т. д. Причем особый интерес с этой точки зрения должен представлять самый дешевый из них — обычный автомобильный бензин АИ-80, имеющий достаточно высокое, по сравнению с другими бензинами, цетановое число — 20.

Чтобы убедиться, так ли это на самом деле, авторы провели специальные исследования, в ходе которых апробировали несколько вариантов трехкомпонентных смесей (табл. 1). При этом полученные многокомпонентные топлива при 293 К (20 °С) имели плотность от 807 до 823 кг/м^3 и вязкость от 2,127 до 3,599 мм^2/с, что вполне укладывается в допустимый диапазон изменения плотности и вязкости штатного дизельного топлива.

Результаты исследований следующие.

Разбавление смесей дизельного топлива и рапсового масла бензином АИ-80 во всех вариантах благоприятно сказывается на их коксуемости, поскольку в бензине смолистые вещества практически отсутствуют (содержание в нем фактических смол — не более 5 мг/100 мл, а в летнем дизельном топливе — не более 25 мг). В результате, получаемые трехкомпонентные топлива содержат значительно меньше фактических смол, чем исходные двухкомпонентные смеси.

Очень интересны результаты влияния состава многокомпонентных биотоплив на показатели топливной экономичности дизеля и токсичности его отработавших газов. (Исследования были выполнены при работе дизеля Д-245.12С, устанавливаемого на грузовых автомобилях ЗИЛ-5301 «Бычок», и его модификаций для автобусов ПАЗ и тракторов Минского тракторного завода на режимах внешней скоростной характеристики и 13-ступенчатого испытательного цикла по Правилам № 49 ЕЭК ООН, при установочном угле опережения впрыскивания 13° п.к.в. и постоянном положении упора дозирующей рейки).

Поскольку физические свойства всех трех вариантов топливных смесей были близки к свойствам ди-

Таблица 1

№ варианта	Доля компонента в смеси		
	дизельное топливо	рапсовое масло	бензин АИ-80
1	85	5	10
2	70	20	10
3	80	10	10

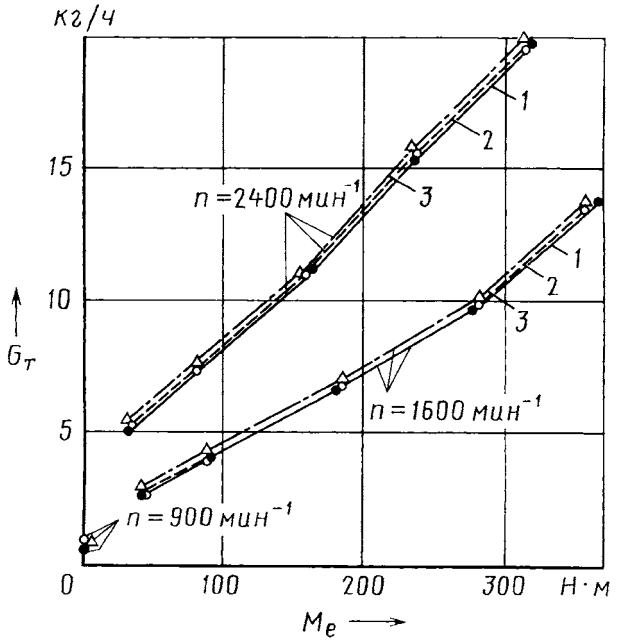


Рис. 1. Зависимость часового расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала, крутящего момента дизеля Д-245.12С и состава топлива:
1 — дизельное; *2* — смесь № 1; *3* — смесь № 2

зельного топлива, то, как и следовало ожидать, зависимость часового расхода $G_т$ топлива от варианта смеси получилась слабой (рис. 1 и 2). В то же время из-за наличия в молекулах рапсового масла атомов кислорода при работе дизеля на трехкомпонентных топливах отмечено некоторое увеличение коэффициента α избытка воздуха (рис. 2). Но при этом теплотворная способность этих топлив стала ниже теплотворной способности дизельного топлива. В итоге удельный эффективный расход g_e смесей оказался несколько выше, чем при работе на дизельном топливе. В частности, при переходе с последнего на варианты № 1 и 2 на режиме максимальной мощности (2400 мин$^{-1}$) g_e возрос с 246,8 до 249,2 и 254,6 г/(кВт · ч), а на режиме максимального крутящего момента (n = 1600 мин$^{-1}$) — с 222,6 до 225,5 и 228,4 г/(кВт · ч). Но уменьшение эффективного КПД дизеля на этих режимах не превысило 1 %.

Несколько ухудшились и мощностные показатели дизеля (эффективный крутящий момент M_e и эффективная мощность N_e). Вместе с тем наличие атомов кислорода в молекулах рапсового масла приводит к заметному уменьшению дымности отработавших газов дизеля.

Так, на режиме максимальной мощности при работе дизеля на смесях № 1 и 2 снижается дымность ОГ по шкале Хартриджа (коэффициент K_x) с 14,5 % (при работе на дизельном топливе) до 14,0 и 12,5 % соответственно, а на режиме максимального крутящего момента — с 20,0 до 17,0 и 15,5 %.

В целом, вариант топлива оказывает заметное влияние на концентрацию нормирующих вредных веществ в отработавших газах дизеля. Например, количество оксидов азота (рис. 3) на режиме холостого хода (n = 900 мин$^{-1}$) при переходе с дизельного топлива на

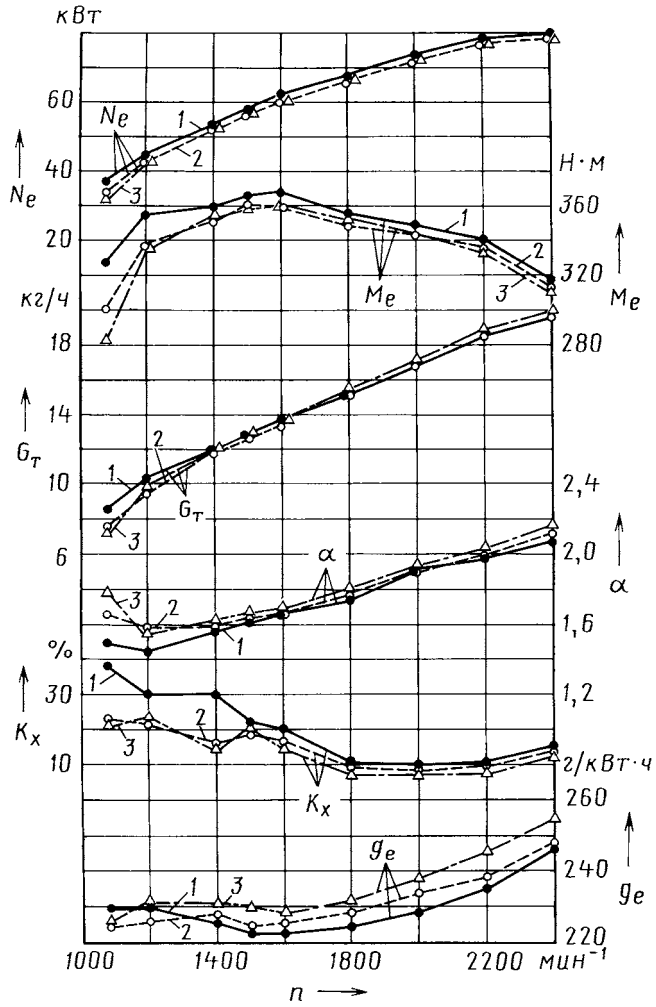


Рис. 2. Зависимость эффективной мощности, крутящего момента, расхода топлива, коэффициента избытка воздуха, коэффициента дымности отработавших газов и удельного эффективного расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала дизеля Д-245.12С и состава топлива на режимах внешней скоростной характеристики:
1 — дизельное; *2* — смесь № 1; *3* — смесь № 2

смеси № 1 и 2 снизилось с 0,015 до 0,0115 %, на режиме максимального крутящего момента — с 0,068 до 0,065 и 0,0575 % соответственно, на режиме максимальной мощности — с 0,0605 до 0,0565 и 0,0550 %. Это обусловлено уменьшением, по сравнению с дизельным топливом, теплотворной способности смесей и увеличением коэффициента α избытка воздуха и, как следствие, — снижением максимальных температур сгорания.

Что касается монооксида углерода, то картина здесь следующая (рис. 4): на режиме холостого хода переход с дизельного топлива на смеси № 1 и 2 привел к снижению его выбросов с 0,033 до 0,0285 и 0,0325 %, на режиме максимального крутящего момента — с 0,0315 до 0,0285 %, на режиме максимальной мощности — с 0,0170 до 0,0165 и 0,0180 %. Причем наименьшие концентрации монооксида углерода наблюдались при работе дизеля на смеси № 1.

Тип топлива оказывает заметное влияние и на концентрацию несгоревших углеводородов (рис. 5): на режиме холостого хода она возрастает соответственно с 0,019 до 0,0235 и 0,0246 %, на режиме максимального крутящего момента — с 0,0073 до 0,0106 и 0,0116 %, на режиме максимальной мощности — с 0,0100 до 0,0103 и 0,0112 %. Причина — наличие в исследуемых смесях легких бензиновых фракций с температурами выкипания 313—433 К (40—160 °С), которые отсутствуют в штатном дизельном топливе. Легкие углеводороды этих фракций, не сгорающие полностью в камере сгорания дизеля, и дают этот рост.

По приведенным на рис. 3—5 характеристикам содержания нормируемых токсичных компонентов (оксидов азота NO_x, монооксида углерода CO, несгоревших углеводородов) в отработавших газах авторы,

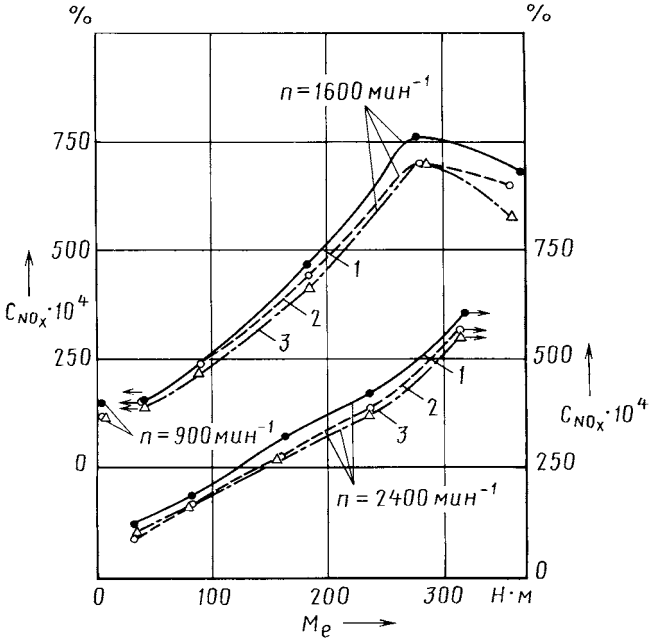


Рис. 3. Зависимость объемной концентрации оксидов азота в отработавших газах дизеля Д-245.12С от частоты вращения коленчатого вала, крутящего момента и состава топлива:
1 — дизельное; *2* — смесь № 1; *3* — смесь № 2

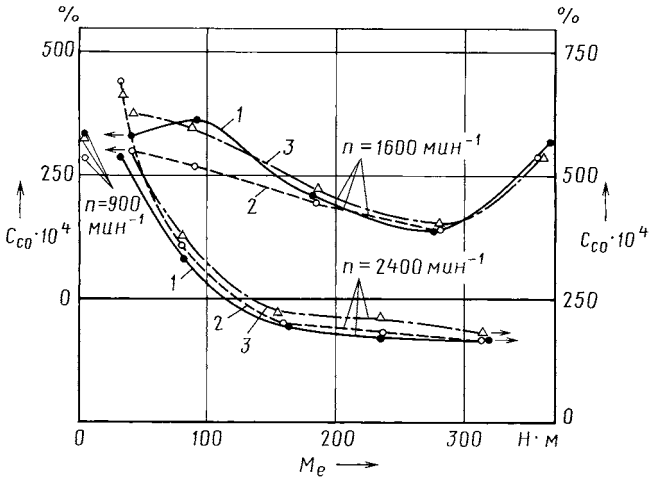


Рис. 4. Зависимость объемной концентрации монооксида углерода в отработавших газах дизеля Д-245.12С от частоты вращения коленчатого вала, крутящего момента и состава топлива:
1 — дизельное; *2* — смесь № 1; *3* — смесь № 2

используя общепринятые методики, рассчитывали интегральные удельные массовые выбросы на режимах 13-ступенчатого цикла (соответственно e_{NO_x}, e_{CO}, e_{CH_x}), а по приведенным рис. 2 характеристикам часового расхода $G_т$ топлива — значения удельного эффективного расхода топлива и эффективного КПД (расчетные формулы: $g_e = \frac{1000\,G_т}{N_e}$ и $\eta_e = \frac{3600}{H_u g_e}$, где H_u — низшая теплота сгорания топлива).

Эксплуатационный расход топлива на режимах 13-ступенчатого цикла оценивали по среднему (условному) удельному эффективному расходу: $g_{e\,ср} = \frac{\sum_{i=1}^{13} G_{тi} K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{ei} K_i}$ ($C_{тi}$ — часовой расход топлива на i-м режиме и K_i — коэффициент весомости режима, отражающий долю времени каждого режима), а средний (условный) эффективный КПД подсчитывали по формуле $\eta_{e\,ср} = \frac{3600}{H_u g_{e\,ср}}$.

Результаты этих расчетов представлены в табл. 2. Они подтверждают возможность заметного улучшения экологических показателей дизеля Д-245.12С при его переводе с дизельного топлива на трехкомпонентное биотопливо.

Так, при переходе на варианты № 1 и 2 на режимах 13-ступенчатого цикла удельный массовый выброс e_{NO_x} оксидов азота снизился с 6,630 (при работе на дизельном топливе) до 6,451 и 6,154 г/(кВт · ч), т. е. на 2,7 и 7,2 % соответственно. При этом изменения выброса монооксида углерода e_{CO} не превысили 3—4 % (как в сторону уменьшения при работе на топливе № 1, так и в сторону увеличения при работе на топливе № 2). Максимальная дымность отработавших газов (на режиме максимального крутящего момента) уменьшилась на 27,5 %. Однако отмечен рост выброса несгоревших углеводородов. Эффективный же КПД дизеля оказался слабо зависящим от вида применяемого топлива.

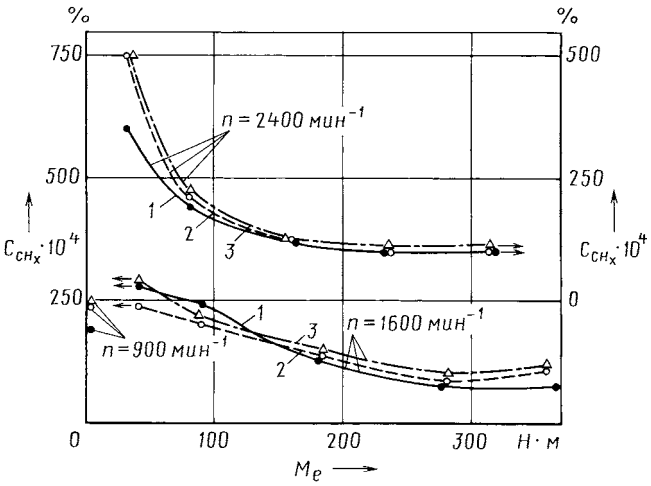


Рис. 5. Зависимость объемной концентрации легких углеводородов в отработавших газах дизеля Д-245.12С от частоты вращения коленчатого вала, крутящего момента и состава топлива:
1 — дизельное; *2* — смесь № 1; *3* — смесь № 2

Таблица 2

Показатель дизеля	Топливо		
	дизельное	смесь № 1	смесь № 2
Часовой расход топлива, кг/ч, на режиме:			
максимальной мощности	19,70	19,65	19,94
максимального крутящего момента	13,72	13,53	13,74
Крутящий момент, Н · м (кгс · м), на режиме:			
максимальной мощности	317	314	311
максимального крутящего момента, M_{e1600}	368	359	359
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт · ч), на режиме:			
максимальной мощности	246,8	249,2	254,6
максимального крутящего момента	222,6	225,6	228,4
Эффективный КПД на режиме:			
максимальной мощности	0,343	0,341	0,341
максимального крутящего момента	0,381	0,377	0,380
Коэффициент дымности отработавших газов, %, на режиме:			
максимальной мощности	14,5	14,0	12,5
максимального крутящего момента	20,0	17,0	14,5
Интегральные для режимов 13-ступенчатого цикла:			
эффективный расход топлива, г/(кВт · ч)	243,24	245,53	249,95
эффективный КПД, $\eta_{e\,ср}$	0,348	0,346	0,347
удельный выброс оксидов азота, г/(кВт · ч)	6,630	6,451	6,154
удельный выброс монооксида углерода, г/(кВт · ч)	2,210	2,123	2,313
удельный выброс углеводородов, г/(кВт · ч)	0,580	0,663	0,722

В целом, проведенные исследования подтвердили возможность получения трехкомпонентных топлив с заданными физико-химическими свойствами путем добавления к смеси дизельного топлива и рапсового масла небольшого количества бензина. И тем самым — значительного улучшения показателей токсичности отработавших газов дизеля при его работе на таких смесях.

Литература

1. Гражданкин Б. Рапс полностью обеспечит сельское хозяйство России дизельным топливом // Аграрный эксперт. — 2007. — № 8. — С. 20—25.
2. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. — М.: Издательский центр ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина», 2008. — 340 с.

УДК 629.3:621.3.049.77

Мехатронная система автоматического управления ГМП карьерного самосвала

Д-р техн. наук В.П. ТАРАСИК,
канд. техн. наук Н.Н. ГОРБАТЕНКО, А.Н. ЕГОРОВ,
В.В. РЕГИНЯ

Белорусско-Российский университет (+375-222.25-36-45),
БелАЗ (+375-1775.3-27-60)

Описаны принципиальная схема и конструктивное исполнение механизмов мехатронной системы автоматического управления гидромеханической передачей карьерного самосвала БелАЗ-7516 грузоподъемностью 135 т. Изложены основные сведения о разработке алгоритма управления фрикционами ГМП в процессе переключения передач. Приведены результаты испытаний с оценками показателей качества переходных процессов и эффективности самосвала с разработанной системой автоматического управления.

Ключевые слова: *карьерный самосвал, гидромеханическая передача, мехатронная система автоматического управления, алгоритм управления.*

Tarasik V.P., Gorbatenko N.N., Egorov A.N., Reginia V.V.

AUTOMATIC CONTROL MECHATRONIC SYSTEM OF THE MINE TRUCK HYDROMECHANICAL TRANSMISSION

The circuit schematic and mechanisms embodiment of automatic control mechatronic system of hydromechanical transmission of the mine truck BelAZ-7516 of 135 tons carrying capacity is brought. The basic data on development of friction clutches control algorithm of hydromechanical transmission during gear shifting are stated. Results of tests with transient quality metrics evaluation and efficiency of a mine truck with the developed automatic control system are brought.

Keywords: *mine truck, hydromechanical transmission, automatic control mechatronic system, control algorithm.*

На БелАЗе создан карьерный самосвал БелАЗ-7516, оснащенный гидромеханической трансмиссией. Его грузоподъемность $m_{гр}$ = 135 т, полная масса $m_а$ = 235 т, коэффициент $k_{г.уд}$ удельной грузоподъемности — 1,35. У аналогичного ему по грузоподъемности самосвала БелАЗ-75131 с электромеханической трансмиссией эти параметры следующие: $m_{гр}$ = 130 т; $m_а$ = 235 т; $k_{г.уд}$ = = 1,238. То есть по удельной грузоподъемности второй уступает первому 9 %. Что свидетельствует о несомненном превосходстве с этой точки зрения ГМП над электромеханической трансмиссией.

Новая ГМП — собственная разработка автозавода. Она состоит из блокируемого гидротрансформатора ЛГ-600 (его параметры: активный диаметр $D_а$ — 0,6 м, коэффициент $K_{т.н0}$ трансформации на стоповом режиме — 2,489, максимальный КПД $\eta_{т.нmax}$ — 0,875) и шестиступенчатой планетарной коробки передач, кинематическая схема которой показана на рис. 1, а значения передаточных чисел и включаемые фрикционные элементы $Ф_i$ на соответствующих ступенях — в таблице. Передаточное число главной передачи с учетом колесного редуктора u_0 = 19,29. На самосвале применены шины 33.00-51 НС 58 (Е-3), их радиус качения $r_к$ = 1,45 м. Максимальный динамический фактор самосвала D_{max} = 0,4 (на стоповом режиме ГДТ). Максимальная скорость самосвала при блокированном ГДТ v_{max} = 51,8 км/ч, а динамический фактор при этой скорости D_v = 0,026. Время разгона до скорости 30 км/ч на горизонтальном участке дороги с твердым покрытием при автоматическом переключении передач составляет t_v = 20,2 с. У аналогичного по грузоподъемности самосвала «Катерпиллар-785» D_{max} = 0,34; v_{max} = 50 км/ч; D_v = 0,024; t_v = 22 с.

Переключение ступеней этой коробки и блокирование ГДТ выполняет мехатронная система автоматического управления (МСАУ), разработанная на кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета при активном участии конструкторов БелАЗа. Но предусмотрен и режим командного (ручного) управления коробкой передач.

В автоматическом режиме выбор номера передачи и блокирование/разблокирование ГДТ МСАУ выполняет без вмешательства водителя в зависимости от скорости движения, положения педали акселератора и загрузки самосвала. Кроме того, система реагирует на стиль вождения и характер воздействий водителя на органы управления автомобилем (акселератор, тормозные системы, опрокидывающий механизм грузовой платформы). В командном же режиме номер передачи выбирает водитель, переводя селектор управления в соответствующее положение, а блокирование ГДТ в этом режиме осуществляется только автоматически.

МСАУ ГМП содержит систему сбора информации, электронный блок управления (ЭБУ), электрогидравлические исполнительные механизмы управления фрикционами коробки передач и фрикционом блокирования ГДТ, избиратель режимов управления (селектор) и блок индикации.

Система сбора информации предназначена для измерения и преобразования сигналов, характеризующих текущее изменение параметров работы двигателя, ГМП и положений органов управления самосвалом. В ее составе — 12 датчиков: шесть датчиков положений

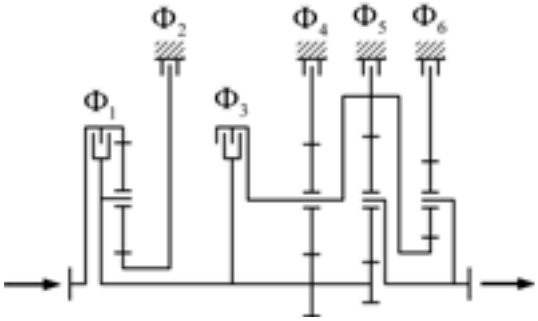


Рис. 1. Кинематическая схема планетарной коробки передач карьерного самосвала БелАЗ-7516

Передача	Передаточное число	Включаемые фрикционы ГМП					
		$Ф_1$	$Ф_2$	$Ф_3$	$Ф_4$	$Ф_5$	$Ф_6$
I	4,555		+			+	
II	3,351	+				+	
III	2,491		+		+		
IV	1,832	+			+		
V	1,359		+	+			
VI	1,0	+		+			
Задний ход	5,030		+				+

(педалей акселератора, рабочей тормозной системы, селектора, рычага стояночного тормоза, органа включения тормоза-замедлителя и грузовой платформы); три — частот вращения (коленчатого вала двигателя, входного и выходного валов коробки передач), а также датчики уровня загрузки самосвала, температуры масла в ГМП и заполнения гидроцилиндров фрикционов коробки передач и блокирования ГДТ.

Сигналы этих датчиков периодически, с заданным временным интервалом, считывает и обрабатывает по определенным алгоритмам ЭБУ. Он же формирует команды на переключение передач или блокирование ГДТ, отрабатываемые исполнительными механизмами.

Алгоритмы управления ГМП представляют собой комплекс отдельных, но тесно взаимодействующих алгоритмов, которые описывают процессы формирования управляющих сигналов и обеспечивают надежное и эффективное функционирование МСАУ на всех режимах работы ГМП. Для их реализации составлена и заложена в ЭБУ специальная программа, которая формирует сигналы на переключение передач; обеспечивает блокирование и разблокирование ГДТ, включение тормоза-замедлителя; управляет давлением в гидроцилиндрах включаемого и выключаемого фрикционов при одновременном управлении двумя или четырьмя фрикционами и давлением в гидроцилиндре фрикциона блокирования ГДТ; выбирает режимы управления переключением передач и номер передачи после торможения автомобиля; защищает от цикличности переключения передач и неправильных действий водителя; проверяет соответствие предусмотренной комбинации включаемых электромагнитов на каждой передаче; выявляет неисправности цепей электромагнитов; контролирует замыкание включаемых фрикционов после переключения передачи; предотвращает одновременное включение двух передач.

Исполнительные механизмы МСАУ осуществляют непосредственное управление фрикционами коробки передач и ГДТ, регулируя потоки рабочей жидкости в магистралях включения фрикционов, т. е. изменяя должным образом величину подачи, давления, направление потока. Причем каждый фрикцион ГМП снабжен индивидуальным, но конструктивно одинаковым электрогидравлическим механизмом управления, что позволяет согласовывать процессы управления включаемым и выключаемым фрикционами, переключать передачи плавно и передавать энергию к ведущим колесам без разрыва потока мощности.

Исполнительный электрогидравлический механизм состоит (рис. 2) из двухкаскадного дроссельного гидрораспределителя с пропорциональным управлением и индикатора заполнения гидроцилиндра фрикциона. Первый (*2*) каскад составляет его пилотную ступень, а второй (*4*) обеспечивает усиление сигнала управления, формируемого этой ступенью.

Пилотная ступень представляет собой электрогидравлический пропорциональный клапан, в составе которого золотниковый клапан *3* с обратной связью по давлению и пропорциональный электромагнит *1*. При этом клапан *3* выполняет функции формирователя управляющего давления, которое по каналу *5* подается на вход второго (*4*) каскада гидрораспределителя, представляющего собой многопозиционное устройство золотникового типа, которое формирует параметры потока рабочей жидкости в магистрали управления фрикционом, т. е. функционально второй каскад — регулятор-распределитель.

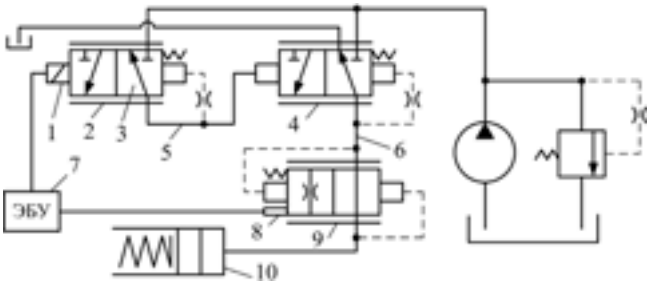


Рис. 2. Принципиальная схема электрогидравлического механизма управления фрикционом коробки передач:
1 — пропорциональный электромагнит; *2* — первый каскад дроссельного гидрораспределителя; *3* — золотниковый клапан; *4* — второй каскад дроссельного распределителя; *5* — выходной канал пропорционального клапана; *6* — выходной канал регулятора-распределителя; *7* — электронный блок управления; *8* — включатель электрического информационного сигнала; *9* — индикатор заполнения гидроцилиндра фрикциона; *10* — гидроцилиндр фрикциона

Индикатор *9* заполнения гидроцилиндра фрикциона предназначен для обнаружения момента окончания заполнения гидроцилиндра *10* включаемого фрикциона и формирования с помощью включателя *8* подаваемого в ЭБУ дискретного электрического информационного сигнала о начале регулирования давления в гидроцилиндре.

Пропорциональным электромагнитом *1* управляет ЭБУ, формируя управляющие широтно-импульсные сигналы в виде периодической последовательности прямоугольных импульсов напряжения, которые подаются на обмотку электромагнита. Для этого в ЭБУ предусмотрены модуляторы широтно-импульсных сигналов, число которых равно числу управляемых фрикционов. Период следования импульсов $T_и$ постоянен и складывается из интервала времени $T_д$, когда на выходе модулятора уровень сигнала напряжения максимальный ($U = U_{max}$), и интервала времени T_0, когда $U = 0$ (рис. 3). Отношение длительности $T_д$ сигнала U_{max} к периоду его следования $T_и$ (скважность C сигнала напряжения) дает формула $C = (T_д/T_и)100$ %.

Этот параметр может меняться от нуля (напряжение на обмотке электромагнита отсутствует) до 100 % (на электромагнит непрерывно подается напряжение U_{max}). При увеличении скважности от C_1 до C_2 среднее значение силы тока в обмотке электромагнита возрастает от $i_{ср1}$ до $i_{ср2}$, что обусловлено увеличением времени $T_д$ (рис. 3, *в*).

Усилие, развиваемое якорем электромагнита, пропорционально силе тока в его обмотке. В свою очередь, давление рабочей жидкости в выходном канале *5* (см. рис. 2) пропорционально усилию, развиваемому электромагнитом. Следовательно, величина управляющего сигнала давления, формируемого пропорциальным клапаном, пропорциональна скважности управ-

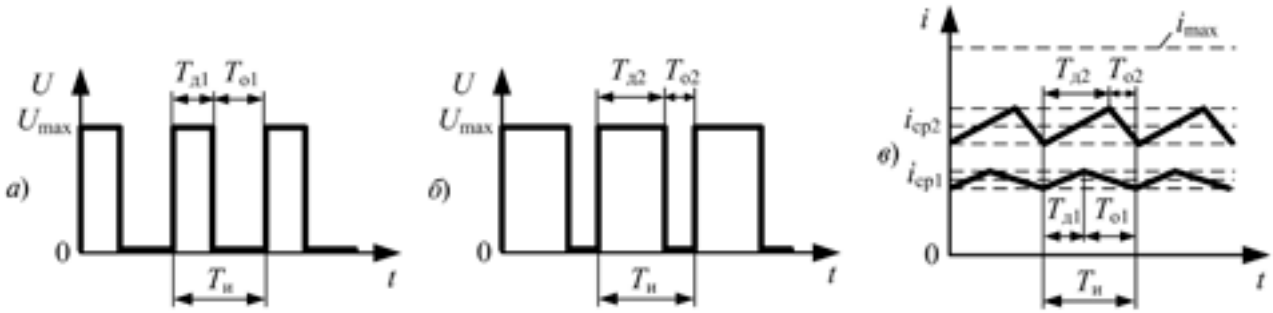


Рис. 3. Формирование управляющих воздействий на электромагнит электрогидравлического пропорционального клапана

ляющего сигнала, создаваемого модулятором широтно-импульсных сигналов.

В рассматриваемой МСАУ частота этого сигнала составляет 150 Гц; давление рабочей жидкости на выходе канала *6* (см. рис. 2) линейно зависит от давления на выходе пропорционального клапана *5*.

Рассмотрим алгоритм формирования сигналов управления фрикционами при переключении передачи.

Начнем с рис. 4, на котором показано изменение скважности C_1 напряжения, подаваемого на обмотку электромагнита включаемого фрикциона (рис. 4, *а*), скважности C_2 напряжения выключаемого фрикциона (рис. 4, *б*) и давлений в гидроцилиндрах включаемого (p_1) и выключаемого (p_2) фрикционов (рис. 4, *в*).

В момент времени t_0 ЭБУ выдает команду на переключение передачи и запускает широтно-импульсный модулятор включаемого фрикциона. Одновременно обесточивается электромагнит фрикциона блокирования ГДТ (с целью снижения динамических нагрузок в трансмиссии при переключении передачи).

Процесс включения фрикциона состоит из двух фаз: заполнения гидроцилиндра, в ходе которой выбираются зазоры между фрикционными дисками, а поршень перемещается из исходного положения в положение начала сжатия дисков и регулирования давления в гидроцилиндре в процессе нарастания момента трения фрикциона.

В свою очередь, первая из фаз осуществляется в два этапа — быстрого (его продолжительность $t_{б.з}$) и медленного ($t_{м.з}$) заполнений.

Во время этапа быстрого заполнения широтно-импульсный модулятор устанавливает высокое значение скважности $C_{1б.з}$ напряжения (см. рис. 4, *а*), что обеспечивает ускоренную подачу рабочей жидкости в гидроцилиндр, так как регулятор-распределитель этого фрикциона поддерживает высокое давление p_1 на своем выходе (см. рис. 4, *в*). На этапе медленного заполнения скважность напряжения снижается до значения $C_{1м.з}$, что необходимо, чтобы снизить давление p_1 и уменьшить величину его скачка в момент остановки поршня после окончания заполнения гидроцилиндра.

Момент времени t_2 соответствует завершению фазы заполнения гидроцилиндра включаемого фрикциона. При этом в гидроцилиндре непременно возникает скачок давления и он распространяется на всю магистраль подачи жидкости к гидроцилиндру, что можно использовать в качестве сигнала начала регулирования давления на фазе управления моментом трения фрикциона, т. е. на интервале времени $t_р$.

Индикатор заполнения гидроцилиндра фиксирует момент времени t_2 и выдает дискретный сигнал $S_1 = 1$ (рис. 4. *д*), по которому широтно-импульсный модулятор включаемого фрикциона начинает регулировать давление по заданной характеристике, плавно снижая относительную частоту $n_с$ скольжения фрикционных дисков, или по характеристике нарастания крутящего

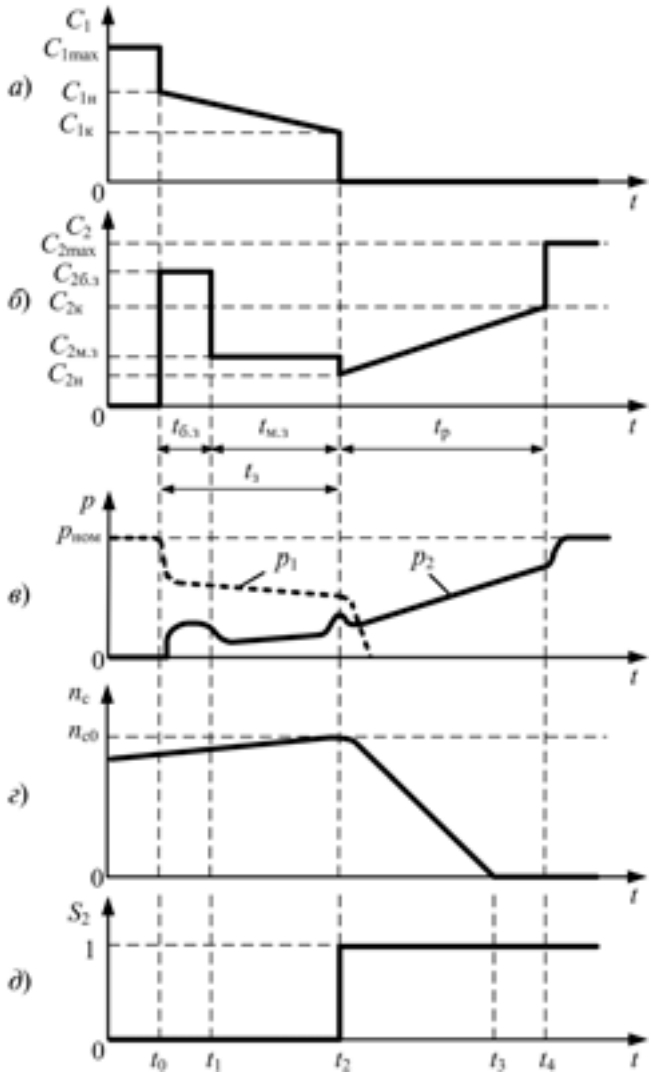


Рис. 4. Циклограмма процесса управления фрикционами при переключении передачи

момента на валах трансмиссии, определяемого моментом трения включаемого фрикциона (рис. 4, *г*). Но в МСАУ для ГМП БелАЗ-7516 использован именно программный способ, поскольку коробка передач выполнена по кинематической схеме с тремя степенями свободы, что требует для переключения ряда передач одновременного управления четырьмя фрикционами, а программный способ регулирования давления облегчает решение данной задачи.

Важнейшее требование к автоматическому управлению переключением передач следующее: переключение должно происходить без разрыва потока мощности. Поэтому необходимо одновременное управление процессом регулирования давления и включаемого, и выключаемого фрикционов. Для чего, как видно из рис. 4, *б*, соответствующим образом изменяется скважность сигнала управления выключаемым фрикционом: в момент времени t_0 она снижается до значения $C_{2н}$, затем в течение времени t_3 заполнения гидроцилиндра включаемого фрикциона постепенно уменьшается, и по сигналу $S_1 = 1$ электромагнит выключаемого фрикциона обесточивается. В результате в течение времени t_3, пока заполняется гидроцилиндр включаемого фрикциона, крутящий момент в трансмиссии передается выключаемым фрикционом, обеспечивая непрерывную передачу энергии двигателя к ведущим колесам автомобиля.

(*Окончание следует*)

УДК 629.4.077

Алгоритм работы АБС для автомобиля ГАЗ-31105

Доктора техн. наук В.Н. КРАВЕЦ и Р.А. МУСАРСКИЙ, А.В. МОТРЕНКО

Нижегородский ГТУ имени Р.Е. Алексеева (8.831.465-77-52)

Предложена модель работы антиблокировочной системы для отечественного легкового автомобиля. Разработана методика аналитической аппроксимации зависимости коэффициента сцепления от коэффициента скольжения автомобильного колеса с учетом участка отрицательного трения, исключающая возникновение неустойчивых колебаний.

Ключевые слова: *антиблокировочная система, торможение, легковой автомобиль, моделирование, алгоритм.*

Kravez V.N., Musarskiy R.A., Motrenko A.V.

THE ALGORITHM OF WORK OF ANTILOCK BRAKING SYSTEM FOR GAZ-31105

The model of work of antilock braking system for the domestic car is offered. The technique of analytica-lapproximation of dependence of factor of adhesion from factor of sliding of an automobile wheel with the account of a site of the negative friction, excluding occurrence of unstable oscillationsis developed.

Keywords: *antiblocking system, braking, the car, modelling, algorithm.*

В настоящее время на российских автомобилях применяются АБС, изготовленные в основном из импортных комплектующих. С одной стороны, это позволяет использовать проверенные временем, высококачественные решения, хорошо зарекомендовавшие себя в мировой автомобильной промышленности, но с другой, — приходится закупать эти комплектующие и оплачивать инженерные работы АБС, тем самым вкладывая денежные средства в развитие науки и промышленности других стран. Поэтому, думается, читателей должны заинтересовать результаты выполненных в Нижегородском ГТУ работ по созданию АБС для легкового автомобиля ГАЗ-31105, в которой иностранные технические решения не использованы.

На современных автомобилях, в соответствии с требованиями Правил № 13 ЕЭК ООН, АБС должна обеспечивать работу тормозной системы при оптимальном коэффициенте $s_{опт}$ скольжения колеса по опорной поверхности, т. е. когда коэффициент φ_x продольного колеса сцепления с этой поверхностью достигает своего максимального значения ($\varphi_x = \varphi_{x\max}$).

Требование с точки зрения активной безопасности АТС совершенно правильное. Его выполнение позволяет АБС, во-первых, предотвратить «юз» колес при торможении и, во-вторых, обеспечить максимально возможную для конкретных условий движения эффективность торможения. Но, к сожалению, они трудновыполнимые. Дело в том, что реальная кривая $\varphi_x = f(s)$ имеет участок с отрицательной производной. А такие системы (их называют системами с «отрицательным трением»), как следует из теории нелинейных колебаний, неустойчивы. Поэтому специалистам НГТУ работу пришлось начать с подбора такой аппроксимации зависимости $\varphi_x = f(s)$, которая позволила бы адекватно описать экспериментальные данные, учитывающие участок отрицательного спада, но не привела бы к появлению неустойчивых колебаний. И они решили эту задачу.

Проанализировав данные, содержащиеся в литературных источниках, и собственный опыт работы в этой области, авторы предложили аппроксимацию функции $\varphi_x = f(s)$ в следующем виде:

$$\varphi_x = Ae^{-\left(\frac{s+B}{0,4}\right)^2} - Ae^{-\left(\frac{B}{0,4}\right)^2} C\operatorname{arctg}(50s).$$

Здесь A, B, C — коэффициенты, зависящие от $\varphi_{x\max}$ и вычисляемые соответственно по формулам:

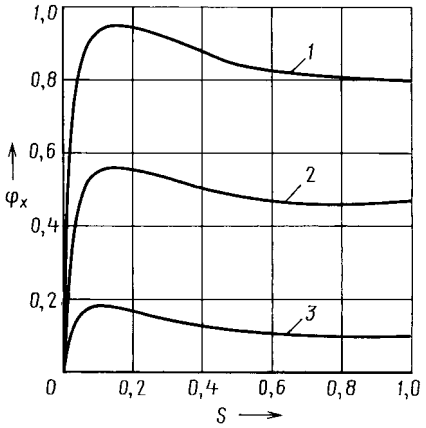
$A = 0,11 + 0,1\varphi_{x100}$,

$B = 0,186\varphi_{x100} + 0,049$ и

$$C = \varphi_{x100}Ae^{-\left(\frac{B}{0,4}\right)^2}/50s,$$

в которых φ_{x100} — коэффициент продольного сцепления при полном юзе колеса, т. е. при (s = 100 %).

Аппроксимирующая функция коэффициента сцепления при трех



Тип покрытия	Начальная скорость, км/ч	Без АБС		С АБС	
		тормозной путь, м	установившееся замедление, м/с^2	тормозной путь, м	установившееся замедление, м/с^2
Сухой асфальт	50	15,28	7,9	13,20	8,93
	80	36,20	7,9	31,54	8,52
	100	55,04	7,9	48,09	8,92
	Среднее отклонение	—	—	13,04 %	12,95 %
Мокрый асфальт	50	24,49	4,44	21,32	5,10
	80	60,06	4,44	52,10	5,12
	100	92,47	4,44	80,35	5,11
	Среднее отклонение	—	—	13,10 %	15,09 %

типах дорожного покрытия, в случае сухого, мокрого асфальта и льда, приведены на рисунке. Это соответственно кривые *1*, *2* и *3*.

Авторы предложили и алгоритм работы АБС, а также выполнили его моделирование с применением программного обеспечения MATLAB. Кроме того, для реализации предложенного алгоритма разработаны шесть блок-схем: для расчета параметров вращения колеса, нормальных реакций, действующих на колеса автомобиля при торможении, замедления и тормозного пути автомобиля и $\varphi_x = f(s)$, а также блок-схема модулятора АБС и его системы управления.

Для оценки эффективности функционирования АБС на автомобиле ГАЗ-31105 на модели были просчитаны тормозной путь и установившееся его замедление в процессе торможения на сухом и мокром асфальте при различных начальных скоростях. Результаты этих расчетов приведены в таблице. Они свидетельствуют о том, что оснащение автомобиля ГАЗ-31105 АБС позволило сократить его тормозной путь и повысить установившееся замедление на 13—15 %. Причем сравнение показателей эффективности торможения на сухом асфальте, полученных при моделировании и при испытаниях, показало, что отклонение расчетных данных от экспериментальных по тормозному пути не превышает 5,7 % и 1,3 % — по установившемуся замедлению. Это говорит о высокой точности моделирования процесса торможения автомобиля, оснащенного АБС.

УДК 629.113

Стабилизатор поперечной устойчивости АТС

Д-р техн. наук И.Ф. ДЬЯКОВ

Ульяновский ГТУ

Предложена конструкция стабилизатора поперечной устойчивости автомобиля, содержащего торсион с гидроцилиндром, который заполнен ферромагнитной жидкостью. Приведены результаты исследования автомобиля УАЗ, которые позволяют найти оптимальные параметры подвески.

Ключевые слова: *стабилизатор, гидроцилиндр, колебания, устойчивость, переходные процессоры.*

Dyakov I.F.

ANTIROLL BAR OF A MOTOR CAR

A design of the antiroll bar of a motor car which has a torsion bar with the hydraulic cylinder filled with ferrofluid has been offered. Results of motor car «UAZ» investigation which permit to find optimum parameters of the antiroll bar are given.

Keywords: *antiroll bar, hydraulic cylinder, vibrations, stability, transitional processors.*

Главная опасность движения АТС на повороте — высокая вероятность потери поперечной устойчивости. Хорошо известны и ее причины — увод колес из-за действующих на АТС силы F_{a_x} инерции и инерционного момента M_j, определяемого по формуле № 1 (см. таблицу). Как и то, что поперечная устойчивость во многом зависит от взаимного расположения центра масс, центра бокового увода (точки нейтральной поворачиваемости) и бокового метацентра.

Увод колес вызывает дополнительную деформацию и скольжение элементов шины, что ведет к росту потерь на ее качение. Это можно рассматривать как действие условной дополнительной силы $F_{f_{доп}}$, величину которой дает формула № 2.

Данная сила на повороте суммируется с силой сопротивления качению прямолинейного движения и вызывает сложное движение центра масс, состоящее из кругового движения относительно мгновенного центра и относительного полюса поворота. При этом силы сопротивления качению различных колес направлены под разными углами к продольной оси АТС. В итоге с уводом колес при движении возникает дополнительный момент $M_д$ сопротивления повороту колеса, равный стабилизирующему момента $M_{ст}$ (формула № 3).

Такова физическая картина, из которой следует, что при проектировании стабилизатора поперечной устойчивости следует учитывать ряд ограничений.

Во-первых, нельзя допускать, чтобы момент возмущающей суммарной силы или общий момент восстанавливающих и инерционных сил превысили значения, при которых происходит резкое возрастание значений параметров движения и быстрое достижение ими предельных величин. Во-вторых, чтобы в случае линейной системы часто́ты собственных ее колебаний и внешних возмущений совпадали, т. е. входили в режим резонанса, а в случае нелинейной системы вели к появлению вынужденных колебаний с постоянной амплитудой из-за передачи кинетической энергии АТС. Для этого нужно выбирать такие параметры подвески, которые гарантированно обеспечивают уменьшение частоты колебаний, причем собственные частоты колебаний подрессоренных и неподрессоренных

масс не совпадают или находятся за пределами возможных частот вынужденных колебаний. Например, при гармонических колебаниях эти характеристики в комплексе составляют критерий оптимальности подвески, в качестве которого обычно берется время $t_{усп}$ успокоения колебаний подрессоренной массы — время, за которое амплитуда колебаний уменьшится до заданной величины (формула № 4).

В-третьих, угловая жесткость подвески должна быть в пределах допуска (учитывая, что при ее росте статическая и динамическая устойчивости при боковом ударе о неровности повышаются, а при уменьшении повышается динамическая устойчивость).

В-четвертых, высота расположения центра масс к осям крена тоже должна быть в допустимых пределах.

В-пятых, колесная и рессорная колеи должны соответствовать ГОСТу, что обеспечивается с помощью методов оптимизации (если ограничения нелинейные, то можно использовать метод штрафных функций) и разработки на основе полученных результатов конструкции стабилизатора поперечной устойчивости.

Наиболее распространенный вариант конструкции стабилизатора — П-образная штанга, соединяющая правое и левое колеса. Однако надо иметь в виду, что жестко связанные колеса ухудшают плавность хода и способствуют срыву АТС в занос. Поэтому желательны меры, устраняющие или смягчающие эти недостатки. Одной из таких мер можно считать предложенный специалистами американской фирмы TPB регулируемый стабилизатор.

В этой конструкции концы горизонтально расположенной скобы соединены вертикальными тягами с рычагами подвески, причем в разрыв одной из тяг установлен гидроцилиндр, соединенный с управляющей системой, которая получает сигналы от датчика боковых ускорений и повышает давление рабочей жидкости лишь до тех пор, пока боковое ускорение превысит порога в 0,4g. Дальше давление резко сбрасывается, и кузов накреняется, сообщая тем самым водителю о приближении к критическому значению.

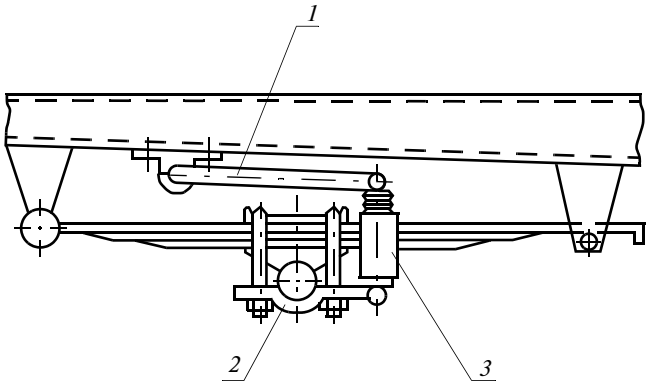


Рис. 1. Схема стабилизатора поперечной устойчивости:
1 — торсион; *2* — неподрессоренная часть АТС; *3* — гидроцилиндр

Конструкция работает, в общем-то, неплохо. Однако она получилась сложной: требуется дополнительный источник давления и компьютер. Кроме того, гидравлическое уплотнение подвижных соединений оказалось недостаточно надежным.

Более предпочтителен с этих точек зрения стабилизатор, созданный в Ульяновском ГТУ (пат. № 222939, РФ). В его состав входят (рис. 1) два торсиона *1* с выполняющими роль рычагов отогнутыми концами. Одним концом они жестко соединены с помощью тяг с подрессоренной частью АТС, вторым — шарнирно

№ формулы	Формула	Примечания
1	$M_j = J_z \frac{d\omega_z}{dt} = m_a \rho_z^2 e_z$	J_z — момент инерции масс $m_а$ автомобиля относительно оси z; ω_z — его угловая скорость; ρ_z — радиус инерции относительно той же оси; $\frac{d\omega_z}{dt} = \varepsilon_z$ — угловое ускорение
2	$F_{f_{доп}} = \sum_{i=1}^{2n} F_{z_i} f_{доп}$	F_z — вертикальная сила, действующая на колесо; $f_{доп} = k_у \delta^2 / R_z$ — дополнительный коэффициент сопротивления качению колеса; $k_у$ — коэффициент увода колеса; δ — угол увода колеса
3	$M_{ст} = R_у l_к / 6$	$R_у$ — реакция бокового увода колеса; $l_к$ — длина пятна контакта
4	$t_{усп} = \frac{1}{\beta_{усп}\omega_о} \ln \frac{1}{\lambda(1-\beta_{усп})} \to \min$	$\beta_{усп}$ — степень успокоения; $\omega_о = \sqrt{c_п/m}$ — коэффициент, зависящий от упругих свойств подвески и подрессоренной массы; λ — коэффициент точности установки подрессоренной массы в положение равновесия; $c_п$ — жесткость подвески
5	$k_{ин} = \frac{18}{\sqrt{1+\left(\frac{\omega_п}{\omega}\right)}} \sigma_{\ddot{y}}$	$\sigma_{\ddot{y}}$ — среднеквадратическое значение бокового виброускорения; $\omega_п = 62{,}8\ с^{-1}$ — частота приведения; ω — частота колебаний
6	$W(s) = 20\lg\left[\frac{W_1(j\omega)W_2(j\omega)}{1+W_2(j\omega)}\right]$	$W_i(j\omega)$ — логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики передаточной функции $W(s)$ системы ($i = 1,2$)
7	$W_к(s) = \mathrm{arctg}\left[\frac{W_1(j\omega)}{1+W_1(j\omega)W_2(j\omega)}\right]$	—

с неподрессоренной частью *2*. Но один напрямую, а второй — через гидроцилиндр (рис. 2), выполненный из немагнитного материала и заполненный ферромагнитной рабочей жидкостью. Он размещен внутри обмотки электромагнита *1*, управляющего отключением стабилизатора, и содержит корпус *6* с крышкой *5*, закрепленный на штоке *7* поршень 9 с отверстиями *2* и компенсатор *11* изменения объема, изготовленный из эластичного материала, заполненный газом и размещенный под поршнем. Подвижное уплотнение штока с крышкой гидроцилиндра обеспечивает постоянный магнит *4* в форме двух полуколец.

Схема системы управления гидроцилиндром приведена на рис. 3. Работает система следующим образом.

Когда поршень через выключатель *1* замыкает электрическую цепь, что соответствует положению АТС, стоящего на горизонтальной площадке без крена, ток поступает на обмотку электромагнита *7*, и образующийся магнитный поток, проходящий через ферромагнитную жидкость, переводит ее из жидкого состояния в твердое. Что блокирует движение поршня и включает в работу стабилизатор поперечной устойчивости. При этом боковая сила $F_{a_y} = m_a j_a$ компенсируется силой сопротивления ферромагнитной жидкости.

При отключении тока с обмотки электромагнита ферромагнитная жидкость возвращается в жидкое состояние, и поршень может свободно перемещаться в корпусе гидроцилиндра, что соответствует отключенному стабилизатору. При этом постоянный магнит создает зону загущения ферромагнитной жидкости, чем препятствует ее вытеканию в зазор между крышкой и штоком. Компенсатор изменяет объем полости гидроцилиндра с помощью перемещения штока.

Сигналом для подачи тока на обмотку электромагнита служат боковое ускорение АТС, равное 4 м/с^2, крен кузова, равный 2°, или принудительная подача тока на обмотку

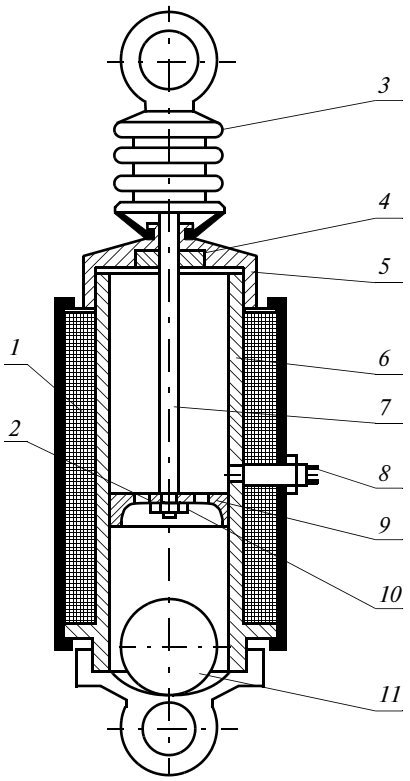


Рис. 2. Схема гидроцилиндра стабилизатора поперечной устойчивости:
1 — электромагнит; *2* — отверстия; *3* — чехол; *4* — постоянный магнит; *5* — крышка; *6* — корпус; *7* — шток; *8* — выключатель; *9* — поршень; *10* — гайка; *11* — компенсатор

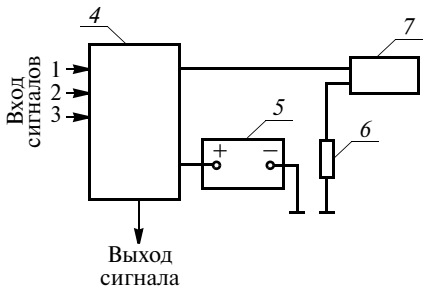


Рис. 3. Схема управления стабилизатором поперечной устойчивости:
1 — выключатель; *2* — датчик крена подрессоренной части АТС; *3* — датчик бокового ускорения АТС; *4* — блок управления; *5* — источник питания; *6* — сопротивление опорного напряжения; *7* — электромагнит

электромагнита водителем. Кроме того, включение электромагнита возможно и при замыкании поршнем выключателя. Ток с электромагнита отключается, если в течение определенного времени боковой крен кузова отсутствует.

Качество работы рассматриваемого стабилизатора можно оценивать как экспериментально, так и путем решения задачи оптимизации методом А.М. Ляпунова. Во втором случае определяется значение критической скорости, а по ней — коэффициент интенсивности $K_{ин}$ боковых колебаний подрессоренной массы и условия перехода от устойчивого движения к неустойчивому (формула № 5).

Обычно АТС представляют как многокритериальную систему регулирования, имеющую *n* неустойчивых звеньев в замкнутом состоянии. В нашем случае система регулирования двухконтурная (подрессоренная и неподрессоренная массы), значит, есть все основания считать, что в частотной характеристике передаточной функции $W(S)$ (формула № 6) есть одно неустойчивое звено.

Для определения устойчивости данной системы разомкнем обратные связи, затем построим логарифмические частотные характеристики передаточной функции $W_1(j\omega)$, $W_2(j\omega)$, определим разность между числом положительных и отрицательных переходов фазовой характеристики при $W(s) = 201g|W_1(j\omega)$, $W_2(j\omega)| > 0$, где s — символ преобразования Лапласа. В результате получаем один отрицательный переход $-1 + 0 = -1$.

После замыкания первого контура строим логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики и фазовую характеристику (формула № 7). При этом ось полярной системы координат пересекается в положительном направлении, что указывает на устойчивость замкнутой системы регулирования.

Для определения логарифмических амплитудных и фазовых частотных характеристик разомкнутого контура служит номограмма замыкания (номограмма Никольса). Выполнив ряд преобразований и воспользовавшись формулой Эйлера, получим выражение, которое раскладываем на действительную и мнимую части. На графике они дают исходные логарифмические фазовочастотные характеристики контура $W_k(s)$.

Амплитудно-фазовая частотная характеристика (зависимость амплитуды $A_ф$ от угла φ крена АТС) подрессоренной массы автомобиля УАЗ со стабилизатором при боковом воз-

мущении показана, в качестве примера, на рис. 4. Из него видно, что в данном случае наблюдается четыре контура колебаний: первый — при частоте от 0,5 до 15 Гц, второй — от 15 до 40 Гц, третий — от 40 до 65 и четвертый — от 65 до 100 Гц.

Переходные процессы при боковом возмущении подрессоренной и неподрессоренной масс того же автомобиля приведены на рис. 5. Как видим, если колесо

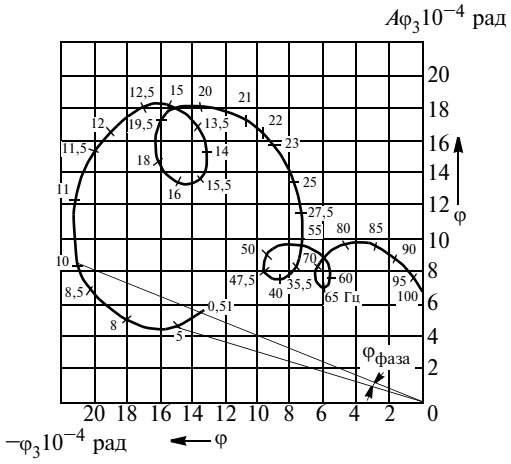


Рис. 4. Амплитудно-фазовая частотная характеристика подрессоренной массы АТС

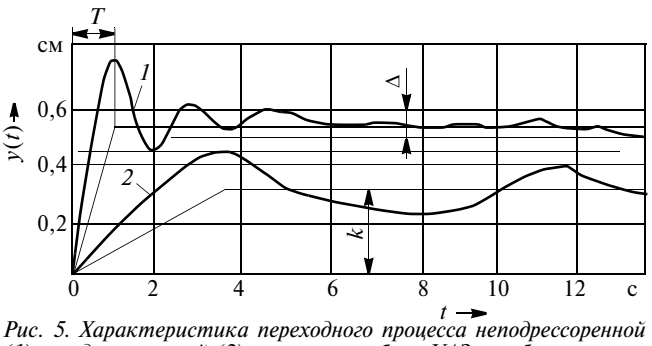


Рис. 5. Характеристика переходного процесса неподрессоренной (1) и подрессоренной (2) масс автомобиля УАЗ при боковом воздействии на него

через определенное время переходит в установившийся режим, то подрессоренная масса продолжает колебаться. Причем время успокоения переходного процесса при наличии стабилизатора поперечной устойчивости составляет 14 с, а при его отсутствии оно в 2 раза больше.

Таким образом, полученные результаты позволяют выбирать параметры подвески АТС со стабилизатором и тем самым — существенно улучшать устойчивость движения АТС на повороте. Причем АТС любой компоновочной схемы.

УДК 631.37:656.

Стабилизация центра масс АТС как способ повышения безопасности его движения

Канд. техн. наук М.А. ЧУПАНОВ

Дагестанский НИИ сельского хозяйства (8.8722.60-26-17)

Предложен способ, позволяющий минимизировать отрицательное влияние горизонтальной составляющей силы тяжести автомобиля при преодолении им подъемов и спусков, а также разработано устройство для его осуществления.

Ключевые слова: *стабилизация, подъем, спуск, автомобиль, центр масс.*

Chupanov M.A.

STABILIZATION OF THE CENTER OF MASS OF THE VEHICLE — AS A WAY OF SECURITY OF ITS MOTION

Propose a method which minimizes the negative effect of the horizontal component of gravity car in overcoming their ascents and descents, as well as developed the device for its implementation.

Keywords: *stabilization, removal, slope, automobile, center of mass.*

При движении автомобиля на подъемах и спусках сила G тяжести, как известно, раскладывается на две составляющие — горизонтальную ($G\sin\alpha$) и вертикальную ($G\cos\alpha$). Причем первая из них на подъеме увеличивает силу сопротивления движению, а на спуске — уменьшает ее. Например, для самосвала МКЗТ-65251 при дорожном уклоне, равном 15°, такое изменение силы сопротивления эквивалентно увеличению его полной массы на 7246 кг, т. е. на 25 %.

Чтобы преодолевать эту дополнительную нагрузку при движении на подъеме, автомобиль приходится оснащать более мощным двигателем. Скажем, если взять тот же МЗКТ-65251, то при перемещении 1 т груза по подъему 12° он располагает мощностью, равной 11,3 кВт (15,4 л.с.), а по подъему 15° — лишь 8,63 кВт (11,7 л.с.) [1]. Остальные 2,7 кВт (3,6 л.с.) «съедает» горизонтальная составляющая силы тяжести.

На спуске все силы, приложенные к автомобилю на подъеме, меняют свои направления на противоположные. И если результирующая горизонтальной составляющей силы тяжести оказывала сопротивление движению автомобиля, тянула его назад, то на спуске она толкает его вперед (вниз по спуску). Чтобы воспрепятствовать такому явлению, на автомобили устанавливают все более мощные (следовательно, более сложные и дорогие) тормозные механизмы.

Такова реальность. И она доказывает, что ни двигатель, ни тормоза, к сожалению, проблемы в целом не решают. Двигатели увеличенной мощности имеют повышенный расход топлива, а усовершенствованные тормоза не застрахованы от отказов. Поэтому нужно принципиально иное решение проблемы. И оно — в минимизации горизонтальной составляющей силы тяжести путем стабилизации центра масс автомобиля при преодолении им подъема или спуска. Для чего необходимо одно — чтобы направление его силы тяжести было перпендикулярным к горизонтали (пат. № 2310569, РФ). Тогда она не раскладывается на составляющие, благодаря чему отсутствует их влияние на движение автомобиля.

Возможно ли такое? Вполне: достаточно соответствующим образом переместить в продольной вертикальной плоскости кузов: при движении на подъеме —

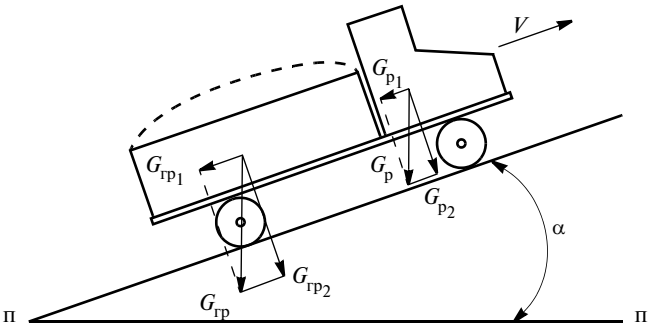


Рис. 1. Направление результирующей силы тяжести $G_{гр}$ грузового автомобиля на подъеме

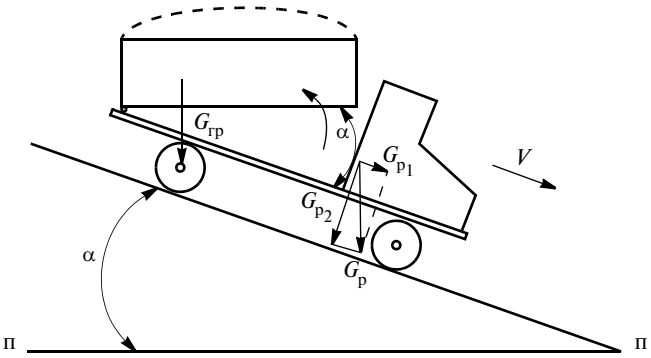


Рис. 2. Направление результирующей силы $G_{гр}$ тяжести грузового автомобиля на спуске

поднять его заднюю часть (рис. 1), а на спуске — переднюю (рис. 2).

Управлять положением кузова, естественно, должен не водитель, а автоматическое устройство — стабилизатор центра масс. И такое устройство автор разработал [2]. Оно состоит (рис. 3) из корпуса *5*, внутри которого помещен золотник, имеющий два (*11* и *18*) напорных входа и общий сливной выход *14*, центрированный относительно проточек *10, 13, 19* и *22* корпуса с помощью пружин *6* и *33*, первая из которых установлена между стенкой корпуса и торцом *8* золотника, а вторая — между стенкой корпуса и крышкой *32*. Второй (*26*) торец золотника через стержень *27* соединен со сферической поверхностью *28*, образующую со второй (*30*) сферической поверхностью разъемный корпус уровневого шарика *29*, перемещающегося по направляющей (на рисунке не показана).

Напорная линия *16*, идущая от насоса *15* через стабилизатор и трубопроводы *9*, *21*, *23* и *25*, соединена с подъемными гидроцилиндрами *2*, *4* и *34*, *36*, которые попарно сообщены между собой с помощью гидропроводов *3*, *20* и *24*, *35*. Гидросистема устройства снабжена предохранительным клапаном *7* и сливной магистралью *12*.

При движении автомобиля на ровном участке результирующая его силы тяжести направлена перпендикулярно опорной поверхности.

При этом золотник стабилизатора занимает нейтральное (среднее) положение и рабочая жидкость от насоса поступает в подъемные гидроцилиндры, а из них идет на слив (в бак). Поршни гидроцилиндров остаются неподвижными, следовательно, кузов автомобиля занимает обычное свое положение. В момент, когда автомобиль начинает движение на дорожном подъеме, золотник под действием горизонтальных составляющих своей собственной силы и силы тяжести уровневого шарика преодолевает усилие центрирующей пружины и смещается с нейтрального положения, перекрывая путь рабочей жидкости на слив. Жидкость поступает во все подъемные гидроцилиндры и далее по трубопроводу *21* — в поршневую полость задних гидроцилиндров. Штоки последних выдвигаются и поднимают заднюю часть кузова. Такое его положение сохранится до тех пор, пока вектор суммарной силы $G_{гр}$ тяжести груза станет перпендикулярным горизонтальной опорной поверхности. В результате уровневый шарик возвращается в исходное положение, одновременно центрирующая пружина возвращает в исходное (среднее) положение и золотник, рабочая жидкость снова поступает на слив.

Если после завершения подъема рама автомобиля выравнивается, а задняя часть кузова остается еще в поднятом положении, то уровневый шарик перемещается под действием горизонтальной оставляющей своей силы тяжести в противоположное направление. В этом же направлении под действием центрирующей пружины и горизонтальной составляющей собственной силы тяжести перемещается и золотник. Рабочая жидкость направляется в штоковые полости задних гидроцилиндров. Их штоки перемещаются, опуская кузов на раму. Золотник с помощью центрирующих пружин возвращается в нейтральное (среднее) положение, рабочая жидкость снова поступает на слив.

При движении на спуске система работает точно так же. С той лишь разницей, что срабатывают не задние, а передние гидроцилиндры.

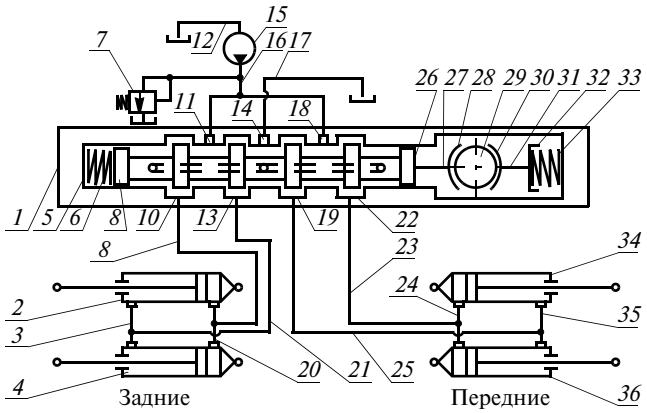


Рис. 3. Принципиальная схема устройства для стабилизации центра тяжести автомобилей:

1 — стабилизатор центра масс; *2*, *4*, *34*, *36* — гидроцилиндры; *3* и *20* — трубопроводы, «параллелящие» задние гидроцилиндры; *5* — корпус; *6* и *33* — пружины; *7* — предохранительный клапан; *8* и *26* — торцы золотника; *9* и *21* — трубопроводы питания задних гидроцилиндров; *10*, *13*, *19* и *22* — кольцевые выточки в корпусе; *11* и *18* — подводы давления к золотнику; *12* и *17* — сливные магистрали; *14* — сливной выход; *15* — гидронасос; *16* — магистраль, соединяющая насос с корпусом золотника; *23* и *25* — трубопроводы питания передних гидроцилиндров; *24* и *35* — трубопроводы, «параллелящие» передние гидроцилиндры; *27* и *31* — штоки; *28* и *30* — сферические поверхности; *29* — уровневой шарик; *32* — крышка

Горизонтальный участок		Подъем, автомобиль без стабилизатора центра масс		Подъем, автомобиль со стабилизатором центра масс		Эффект стабилизатора, %
угол наклона кузова, град.	усилие, Н	угол наклона кузова, град.	усилие, Н	угол наклона кузова, град.	усилие, Н	
0	7	0	7	0	7	—
		10	9	10	8	11,0
		15	13	15	11	15,0
		20	22	20	18	19,0
		25	26	25	20	23,0
		30	30	30	22	26,6

Для карьерных самосвалов на стабилизаторе центра масс предусмотрено принудительное (водителем) переключение золотника с помощью рычага (на рисунке не показан). Передние гидроцилиндры используются для подъема кузова и выгрузки из него сыпучих грузов.

Стабилизатор в этом случае работает следующим образом. Для подъема кузова водитель переводит рычаг в положение, при котором золотник перемещается в сторону центрирующей пружины, переключая тем самым рабочую жидкость со слива на штоковую полость задних гидроцилиндров и поршневую полость передних гидроцилиндров. В итоге штоки задних гидроцилиндров остаются в утопленном положении, а штоки передних выдвигаются, поднимая переднюю часть кузова. Затем рычаг переводится в исходное положение, золотник под действием центрирующих пружин устанавливается в нейтральном положении, и рабочая жидкость поступает на слив, а штоки передних гидроцилиндров утапливаются под силой тяжести кузова.

Предлагаемая схема стабилизации центра масс проверена на уменьшенной модели грузового автомобиля, и проверка подтвердила не только ее работоспособность, но и эффективность. В частности, показала, что стабилизатор центра масс позволяет снизить усилия, необходимые на преодоление подъема 30° на 26,6 % (см. таблицу). Так что вопрос «Оснащать или не оснащать грузовые АТС такими стабилизаторами?» может иметь только один ответ: не только желательно, но и необходимо.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

УДК 629.488

Испытания тормозных систем АТС можно сделать более достоверными

Канд. техн. наук А.Г. ОСИПОВ

Иркутский ГТУ (8.3952.40-50-00)

Анализируются результаты стендовых испытаний тормозных систем АТС по новой методике на разработанном тормозном стенде. Отмечается целесообразность оценки технического состояния тормозных систем АТС в ходе проведения усовершенствованных стендовых испытаний.

Ключевые слова: *АТС, активная безопасность, тормозная система, стендовые испытания, площадочный стенд, диагностирование, ресурсосбережение.*

Osipov A.G.

THE IMPROVING MOTOR VEHICIES BREAKING SYSTEMS TEST CAN BE DONE IN A RELIABLE WAY

The author present the results of experimental studies braking system of vehicles under working out grounding braking test bed, with realization a novel methods.

Keywords: *a motor vehicle, an active, safety, a braking system, a standing test, a grounding braking test bed, diagnosing, economy of resources.*

Ежегодно в процессе обязательного инструментального контроля, выполняемого при проведении государственного технического осмотра, выявляется более 4 млн АТС с неисправными системами активной безопасности. Причем свыше 18 % из них приходится на тормозные системы. Значит, обязательная оценка состояния тормозных систем АТС при государственном техническом осмотре действительно необходима. Однако здесь есть одно «но». Установленные ГОСТ Р 51709—2001 оценочные показатели не позволяют при таких испытаниях непосредственно определять величину тормозных сил на колесах и устанавливать причину неравномерности действия этих сил, а следовательно, оценивать причину и вероятность потери устойчивости АТС при торможении.

Отсюда вытекает очевидный вывод: методы и средства испытаний тормозных систем АТС нужно совершенствовать, в том числе и за счет поиска новых, более информативных диагностических параметров.

Таким образом, вырисовываются три направления работы: методы испытаний; средства испытаний; диагностические параметры. Рассмотрим их.

Результаты экономической оценки существующих методов диагностирования тормозных систем АТС позволяют констатировать, что с точки зрения снижения затрат наиболее предпочтительными в настоящее время следует считать стендовые методы. Поэтому совершенствовать следует именно стендовое оборудование, что и сделали специалисты Иркутского ГТУ, предложив новый метод диагностирования тормозных систем и разработав реализующий его ресурсосберегающий компьютерный площадочный силовой тормозной стенд (см. «АП», 2009, № 9).

Согласно данному методу, наряду с диагностическими параметрами, регламентированными ГОСТ Р

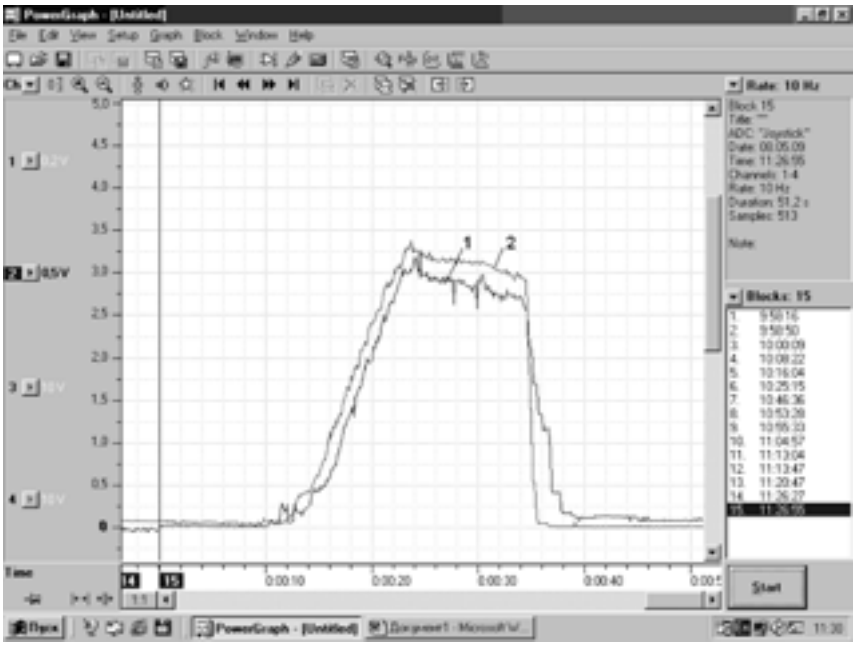


Рис. 1. Фрагмент записи процесса служебного торможения колес передней оси автомобиля ГАЗ-3110:

1 — реализованная продольная реакция (тормозная сила) на площадочной опоре левого колеса; *2* — реализованная продольная реакция на площадочной опоре правого колеса тестируемой оси

51709—2001, определяется численное значение коэффициента $K_{ннм}$ неравномерности нарастания тормозного момента, который характеризует различие темпа роста этого момента на левом и правом колесах тестируемой оси, а следовательно, время и эффективность торможения, а также значение коэффициента $K_{нб}$ неравномерности блокирования колес по времени и величину разворачивающего момента $M_{разв}$, то есть значения параметров, объективно оценивающих устойчивость АТС при торможении.

Высокая эффективность предложенных метода и стенда подтверждена результатами диагностирования неавтоматизированной тормозной системы автомобиля ГАЗ-3110 и автоматизированной системы автомобиля «Мицубиси Лансер».

Технология испытаний была той же, что применяется в случае наиболее широко используемого на практике стенда СТС совместного российско-германского производства («ГАРО—фирма «Картек»). То есть автомобили тормозились на скорости 5 км/ч. При этом весовая нагрузка на тестируемую ось автомобиля ГАЗ-3110 составляла 7456 Н (760 кгс), а «Мицубиси Лансер» — 6475 Н (660 кгс).

Как видно из рис. 1, фрагмента записи эксперимента по определению эффективности служебного торможения и устойчивости автомобиля ГАЗ-3110 при нормированном (490 Н, или 49,9 кгс) усилии на тормозной педали, просматривается некоторое рассогласование, вызванное отставанием Δt по времени нарастания продольной реакции на левом колесе (кривая *1*) по отношению к аналогичной реакции на правом колесе (кривая *2*).

Для данного случая на рис. 2 представлена расшифровка записи процесса служебного торможения и построен график разворачивающего момента (кривая *3*), характеризующий устойчивость автомобиля. Максимальные продольные реакции, соответствующие тормозным силам на левом (кривая *1*) и правом (кривая *2*) колесах тестируемой передней оси, составляют соответственно 2,70 и 2,85 кН (0,275 и 0,29 тс). Этот рисунок подтверждает, что параметры служебного торможения тестируемой оси автомобиля ГАЗ-3110 не выходят за пределы, регламентируемые ГОСТ Р 51709—2001: относительная разность $\Delta\bar{F}_т$ тормозных сил на колесах составляет 12,3 %, а общая удельная тормозная сила $\gamma_т$ равна 0,74. То есть тормозная система тестируемой оси должна быть признана технически исправной. Однако расхождение по абсолютной величине максимальных значений тормозных сил, составляющее 2,85 − 2,70 = 0,15 кН, а также задержка Δt = 0,05 с достижения максимума тормозной силы на левом колесе в совокупности приводят к появлению значительного разворачивающего момента: при колее B_A = 1,45 м и t = 0,5 с $M_{разв}$ = 870 Н · м (88,7 кгс · м), а при t = 1 с — 363 Н · м (37 кгс · м).

Учитывая, что допускаемый разворачивающий момент, не нарушающий устойчивость АТС при торможении, при барабанных тормозных механизмах составляет ~1030 Н · м (105 кгс · м), что соответствует регламентируемой разности $\Delta\bar{F}_т$ тормозных сил, равной 25 %, а при дисковых — 825 Н · м (84 кгс · м), соответствующей допускаемой ГОСТом $\Delta\bar{F}_т$ = 20 %, можно утверждать, что в период нарастания тормозных сил, в первые 0,6 с служебного торможения, ре-

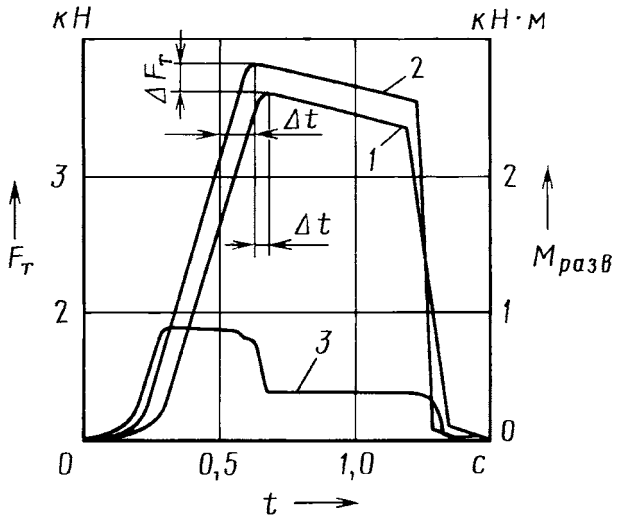


Рис. 2. Расшифровка фрагмента записи процесса служебного торможения колес передней оси автомобиля ГАЗ-3110:

1— тормозная сила на левом колесе; *2* — тормозная сила на правом колесе; *3* — разворачивающий момент на тестируемой оси

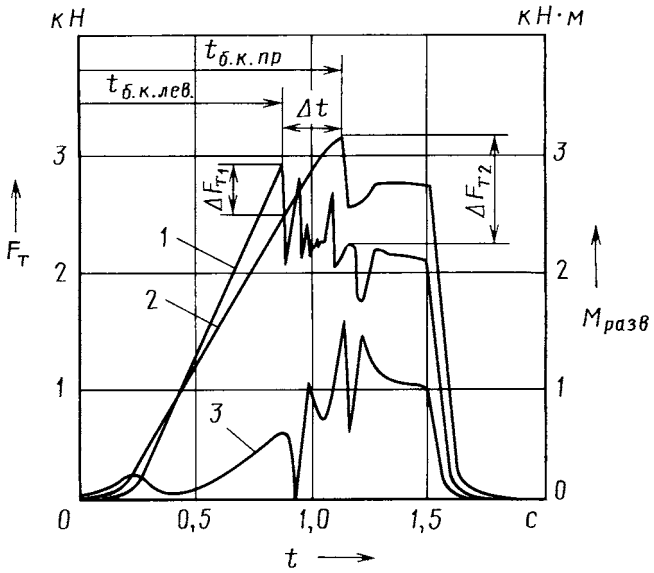


Рис. 3. Изменение величин тормозных сил и разворачивающего момента на колесах тестируемой передней оси во время экстренного торможения автомобиля ГАЗ-3110:
1 — тормозная сила на левом колесе; *2* — тормозная сила на правом колесе; *3* — разворачивающий момент

альные значения $M_{разв}$ при дисковых тормозных механизмах превышают рекомендуемые предельные значения на 45 Н·м (4,6 кгс·м), несмотря на то, что в период достижения максимальных тормозных сил и в последующий период служебного торможения разворачивающий момент и, тем более, относительная разность тормозных сил находятся в пределах нормы, установленной ГОСТ Р 51709—2001.

Таким образом, эффективность торможения и устойчивость тестируемой передней оси автомобиля ГАЗ-3110 формально отвечают требованиям ГОСТ Р 51709—2001, а фактически значения разворачивающего момента в период нарастания тормозных сил выходят за допустимые этим же стандартом пределы, что может привести к потере устойчивости АТС.

Напрашивается вывод: для определения устойчивости АТС при торможении необходимо использовать еще один оценочный показатель — разворачивающий момент $M_{разв}$, поскольку он обладает большей информативностью, чем относительная разность $\Delta\bar{F}_т$ тормозных сил, регламентированная ГОСТ Р 51709—2001.

Но это еще не все. На следующем этапе стендовых испытаний была оценена эффективность экстренного торможения и устойчивость автомобиля ГАЗ-3110 в случае так называемого «перетормаживания» колес, т. е. их блокирования и движения юзом. Анализ результатов эксперимента показал, что параметры торможения на t = 0,8 с не выходят за пределы, регламентируемые ГОСТом, а на t = 1,2 с , наоборот, выходят.

Так, максимальные тормозные силы на левом и правом колесах составляют соответственно 2,95 и 3,25 кН (0,3 и 0,33 тс), относительные разности $\Delta\bar{F}_т$ тормозных сил при максимальной тормозной силе на левом колесе — 16,9 %, при максимальной тормозной силе на правом колесе — 33,8 %, а общая удельная тормозная сила $\gamma_т$ на тестируемой передней оси — 0,83.

Графики, характеризующие изменение диагностических параметров в режиме реального времени экстренного торможения передней оси автомобиля ГАЗ-3110, приведены на рис. 3. Расхождение по абсолютной величине максимальных значений тормозных сил составляет ~0,3 кН, при этом максимум тормозной силы на правом колесе достигается с задержкой Δt по времени 0,4 с, что в совокупности приводит к возникновению на тестируемой оси значительно изменяющегося в реальном времени разворачивающего момента (кривая *3*). Причем максимальное его значение наблюдается при t = 1,18 с и составляет 1595 Н·м (162,6 кгс·м), что более чем в 1,5 раза превышает регламентируемые предельные значения даже для барабанных тормозных механизмов и создает опасность потери устойчивости автомобиля при экстренном торможении.

На основании представленных на рис. 3 зависимостей с помощью известных («АП», 2009, № 9) формул построены графики, характеризующие изменение коэффициента $K_{ннм}$ и по времени блокирования колес ($\tau_{б.к.лев}$ и $\tau_{б.к.пр}$), рассчитан коэффициент $K_{нб}$ неравно-

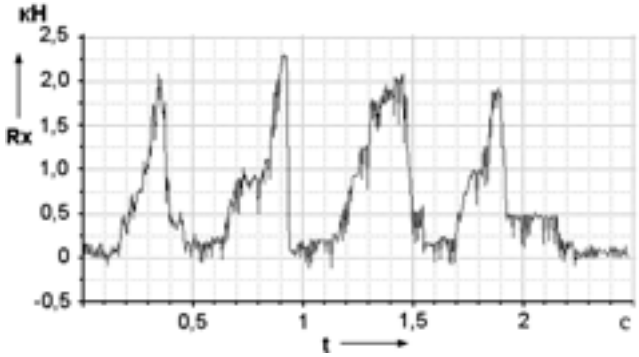


Рис. 4. Результаты проверки эллипсности тормозного барабана колеса автомобиля ГАЗ-3110 при прерывистом торможении с усилием на тормозной педали 260 Н (26,5 кгс)

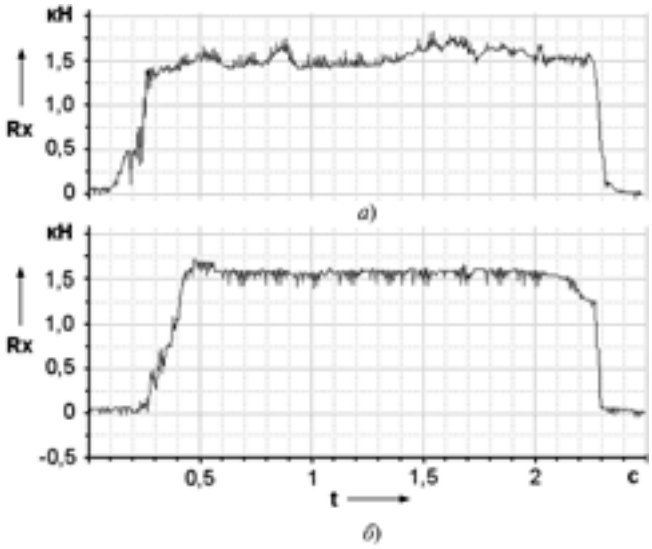


Рис. 5. Результаты проверки эллипсности изношенного (а) и нового (б) тормозных барабанов колес автомобиля ГАЗ-3110 при служебном торможении с усилием на тормозной педали 200 Н (20,4 кгс)

мерности блокирования колес оси по времени. Он для данного случая составил 28 %.

Аналогичные результаты получены и при стендовых испытаниях тормозной системы автомобиля «Мицубиси Лансер» на разработанном тормозном стенде.

Наряду с оценкой эффективности торможения и устойчивости АТС при торможении на новом тормозном стенде можно определить и техническое состояние тормозных механизмов по износу элементов их трущихся пар, в частности, по эллипсности тормозных барабанов и степени износа фрикционных накладок тормозных колодок.

Так, на рис. 4 показаны результаты проверки эллипсности тормозного барабана переднего колеса автомобиля ГАЗ-3110 при прерывистом торможении с тормозным усилием 0,26—0,28 кН (27—29 кгс), а на рис. 5 — результаты сопоставления тормозных диаграмм изношенного и неизношенного тормозных механизмов, полученные при служебном торможении с усилием 0,2 кН (21 кгс). Они тоже позволяют констатировать, что эффективность торможения АТС, наряду с регламентируемыми ГОСТ Р 51709—2001 диагностирования параметрами, может в достаточной степени характеризоваться коэффициентом $K_{ннм}$, а устойчивость АТС — коэффициентом $K_{нб}$ и моментом $M_{разв}$. Причем гораздо достовернее, чем в случае показателей, регламентируемых данным стандартом.

По следам наших публикаций

В связи с отзывами на публикации статей П.П. Евсеева, касающихся перевозочной работы и производительности АТС, а также денежной оценки того и другого, редакция попросила ответить на главный вопрос, задаваемый читателями: о тарифе на автотранспортные услуги.

УДК 656.03

О ТАРИФЕ НА АВТОТРАНСПОРТНЫЕ УСЛУГИ

Канд. техн. наук П.П. ЕВСЕЕВ

Принято считать, что автотранспорт — одна из отраслей материального производства. Однако его своеобразие состоит в том, что он предназначен для изменения в пространстве местоположения грузов и людей. То есть эта продукция создается и потребляется одновременно, в самом процессе перемещения АТС. Кроме того, особенность автотранспорта состоит еще и в том, что он отличается от любой отрасли материального производства универсальностью своих технологических связей с другими областями производства: товар, созданный ими, только тогда готов к сбыту и потреблению, когда он доставлен на рынок или к месту потребления. Поэтому автотранспортный процесс является обязательным продолжением любого другого производственного процесса. И с этой точки зрения, с целью исключения посредничества и монополизма, владельцами автомобиля должны быть именно те, кто производят товары.

На автотранспорте транспортная продукция в целом создается каждым автомобилем в отдельности. При этом под данной продукцией следует понимать не грузооборот, выраженный в тонно-километрах или тонно-сила-километрах, а полезную механическую работу, выполненную автомобилем в процессе перемещения полезного груза в реальных дорожных условиях и измеряемую в кВт · ч.

Иначе говоря, именно указанная работа и должна выступать в виде автотранспортных услуг. При этом и ценообразование услуг должно осуществляться на основе закона стоимости. То есть цена автотранспортных услуг должна определяться по формуле $Ц = C + П$ (C — себестоимость услуг; $П$ — прибыль). А если учесть, что величина прибыли зависит от установленной нормы $H_р$ рентабельности, то формула для расчета $Ц$ приобретает следующий вид: $Ц = C + H_р C = C(1 + H_р)$.

На величину себестоимости автотранспортных услуг оказывают влияние многие факторы, особенно затраты на топливо: они, как принято считать, составляют четверть всех затрат. Это обстоятельство позволяет в качестве основы при определении себестоимости принять именно затраты на топливо. Тогда формула для расчета цены автотранспортных услуг должна быть такой: $Ц = 4QЦ_т C(1 + H_р)$, где Q — количество израсходованного топлива, л; $Ц_т$ — цена 1 л топлива, руб.

Поскольку продукцией автомобиля является механическая энергия, мера которой — полезная перевозочная работа $A_г$, выраженная в кВт · ч, то в качестве тарифа $\overline{Ц}$ этой продукции следует принять отношение цены автотранспортных услуг в денежном выражении к величине перевозочной работы в соответствии с формулой:

$$\overline{Ц} = \frac{Ц}{A_г} = \frac{4QЦ_т(1 + H_р)}{q\rho\eta_{АТС}Q} = \frac{4Ц_т(1 + H_р)}{q\rho\eta_e\eta_{тр}\eta_{па}}$$

($\overline{Ц}$ — тариф автотранспортных услуг, руб./(кВт/ч); q — теплотворная способность топлива, кг/л; ρ — плотность топлива, кг/л; $\eta_{АТС}$ — КПД автомобиля как транспортного средства; η_e — эффективный КПД двигателя; $\eta_{тр}$ — КПД трансмиссии; $\eta_{па}$ — КПД перемещения самого автомобиля — показатель, указывающий потери механической энергии, ко-

торые вызваны перемещением самого автомобиля).

Как видим, тариф транспортных услуг при прочих равных условиях будет тем меньше, чем больше $\eta_{АТС}$. Следовательно, в интересах потребителей автотранспортных услуг автомобили должны непрерывно совершенствоваться с целью повышения показателей η_e, $\eta_{тр}$, $\eta_{па}$. Улучшаться должно и качество топлива, характеризуемого величинами q и ρ. Но при этом должно иметь место и то, чтобы у владельца автомобиля был соответствующий стимул экономить топливные ресурсы за счет более умелого управления автомобилем при непосредственном осуществлении перевозочного процесса.

С целью однозначности решения задачи по определению тарифа автотранспортных услуг величины q, ρ и $\eta_{АТС}$ для каждого автомобиля с энергетической точки зрения должны быть нормированными по условию обеспечения оптимальности режима движения автомобиля.

Рассмотрим два примера.

1. Автотранспортные услуги выполнил легковой автомобиль типа ГАЗ-24. Предположим, что с энергетической точки зрения его движение по маршруту осуществлялось в оптимальном режиме. В этом случае можно принять: $\eta_e = 0{,}23$; $\eta_{тр} = 0{,}9$; $\eta_{па} = 0{,}219$. Значит, его $\eta_{АТС} = 0{,}045$. Кроме того, можно принять: $q = 12{,}22$ кВт · ч/кг; $\rho = 0{,}74$ кг/л, $H_р = 0{,}2$; $Ц_т = 40$ руб. Подставляя принятые величины в формулу для определения $\overline{Ц}$, получаем: $\overline{Ц} = 468$ руб./(кВт · ч).

Допустим теперь, что зафиксированный бортовым расходомером топлива расход Q топлива составил 18,27 л, что соответствует оптимальной величине часового расхода G топлива, равной 18,27 л/ч. Отсюда имеем: $A_г = q\rho\eta_{АТС}Q = 7{,}43$ кВт · ч и $Ц = \overline{Ц}\,A_г = 3477$ руб.

2. Автотранспортные услуги выполнил грузовой автомобиль ЗИЛ-431410. Для него можно принять: $\eta_e = 0{,}285$; $\eta_{тр} = 0{,}86$; $\eta_{па} = 0{,}57$. Отсюда $\eta_{АТС} = 0{,}14$. При тех же, что и в предыдущем примере, значениях q, ρ, $H_р$ и $Ц_т$ ($q = 12{,}22$ кВт · ч/кг; $\rho = 0{,}74$ кг/л; $H_р = 0{,}2$; $Ц_т = 40$ руб.) получаем: $\overline{Ц} = 51$ руб./(кВт · ч).

Допустим, далее, что зафиксированный бортовым расходомером расход Q топлива составил 27,16 л, что соответствует оптимальной величине часового расхода G топлива, равного 27,16 л/ч. Тогда $A_г = 34{,}38$ кВт · ч и $Ц = 5192$ руб.

Из приведенных примеров напрашивается очень важный (кстати, давно известный практикам) вывод: при прочих равных условиях и там, где это возможно, выгоднее перевозить обычные грузы не мелкими партиями и автомобилями малой грузоподъемности, а крупными партиями и большегрузными автомобилями.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 621.787:621.91

Структурно-аналитическая модель формирования состояния поверхностного слоя на стадиях механической обработки

К.П. ПЕТРЕНКО

Кузбасский ГТУ (+7.3842.39-63-86)

Разработана структурно-аналитическая модель формирования состояния поверхностного слоя на стадиях механической обработки. Показана главная роль программы нагружения в формировании и трансформации свойств поверхностного слоя.

Ключевые слова: *состояние поверхностного слоя, программа нагружения, история нагружения, технологическое наследование.*

Petrenko K.P.

STRUCTURAL AND ANALYTIC MODEL OF SURFACE LAYER FORMING AT THE STAGES OF MACHINING AS A RESULT OF LOADING PROGRAMS ACTION

Structural and analytic model of surface layer forming at the stages of machining is developed. Loading programs have been shown as major factors in surface layer forming and transformation.

Keywords: *surface layer condition, loading program, loading history, technological inheritance.*

Для проектирования упрочняющих технологических процессов, обеспечивающих заданные эксплуатационные свойства деталей машин, необходимо учитывать явление технологического наследования. И один из подходов, позволяющих описывать формирование и трансформацию наследственного состояния поверхностного слоя на стадиях жизненного цикла изделия, является, как известно, механика такого наследования [1], в соответствии с основными положениями которой при обработке и эксплуатации изделия в поверхностном слое идет непрерывный процесс накопления деформации и исчерпания запаса пластичности, протекающий под действием характерной для каждой стадии программы нагружения. При этом накопление деформации в условиях изменяющегося показателя П схемы напряженного состояния оценивается путем расчета деформации Λ, т. е. программа нагружения представляет собой зависимость $\Lambda = f(П)$ [2].

Действие данной программы формирует показатели качества поверхностного слоя, которое описывается как традиционными параметрами (глубина и степень упрочнения, шероховатость и др.), так и параметрами механического состояния — тензором остаточных напряжений, накопленных из-за деформации Λ сдвига, и показателем Ψ исчерпания запаса пластичности. (Последний характеризует пластичность материала: начальному, т. е. бездефектному, состоянию материала соответствует $\Psi = 0$, в момент полного исчерпания запаса пластичности и разрушения материала по этой причине $\Psi = 1$.)

Рассмотрим с этих позиций типовые упрочняющие технологические процессы, в структуре которых имеются операции резания и поверхностного пластического деформирования (ППД), и их влияние на надежность деталей при последующем эксплуатационном усталостном нагружении.

При механической обработке и на стадии резания, и на стадии ППД, всегда образуется очаг деформации — область металла поверхностного слоя, находящаяся в состоянии пластического течения. В этом случае частицы материала в очаге деформации перемещаются вдоль линий тока, в результате чего формируются свойства поверхностного слоя [2]. На стадии же усталостного нагружения, т. е. в эксплуатации, идет дальнейшее накопление деформации, запас пластичности уменьшается и, наконец, показатель $\Psi \to 1$. Когда он достигает единицы, деталь разрушается, поскольку запас пластичности материала исчерпан.

В упоминавшейся выше работе [1] показано, что закономерности формирования свойств поверхностного слоя при выполнении программ нагружения на стадиях механической обработки и эксплуатации, а также длительность стадии эксплуатации зависят не только от технологических факторов обработки, но и от истории нагружения поверхностного слоя на всех предшествующих стадиях жизненного цикла изделия. Отсюда можно сделать очень важный для практики вывод: для проектирования упрочняющих технологических процессов, обеспечивающих заданные эксплуатационные свойства, необходимо иметь общее аналитическое описание формирования и трансформации состояния поверхностного слоя изделия под действием характерной для каждой стадии программы нагружения. При этом вид и параметры такой программы должны оцениваться с учетом истории нагружения на предшествующих стадиях нагружения.

Функциональную модель технологического наследования в 2000 г. опубликовал В.Ю. Блюменштейн [3]. Она построена (рис. 1) в нотации стандарта IDEF0. Предметная область, в соответствии с ним, представляет собой набор иерархических диаграмм (функций) — главных компонент модели и связей между ними, которые могут быть описаны системами уравнений.

В модели даны описания основных взаимодействий (стрелок), которые активируют основную функцию.

Рис. 1. Функциональная модель механики технологического наследования

Рис. 2. Функциональная модель формирования поверхностного слоя

Так, в качестве ресурса принято $СПС_0$, т. е. состояние поверхностного слоя детали после выполнения предшествующей стадии нагружения (до выполнения данной функции) оценивается параметрами напряженно-деформированного состояния, упрочнения, шероховатости, микроструктуры и тензором остаточных напряжений. Продуктом выполнения каждой конкретной функции является $СПС_i$ — состояние поверхностного слоя, оцениваемое тем же рядом параметров, но после соответствующей стадии нагружения. Механизмом исполнения функции служит программа (режим) нагружения, отражающая закономерности накопления деформации на выполняемой стадии. Вызов (запрос) разделяет информацию между моделями или элементами конкретной модели или объединяет ее. В рассматриваемом случае — это запрос в базу данных технологического наследования (БДТН) с целью получения информации о закономерностях и правилах формирования очагов деформации.

Функциональная модель формирования состояния поверхностного слоя в категориях режимов приведена на рис. 2. Согласно ей, состояние поверхностного слоя на текущей (i-й) операции (стадии) формируется как результат воздействия режимов на состояние поверхностного слоя, полученное на предыдущей ($i - 1$) операции (для текущей операции оно исходное) при определенных свойствах материала (кривая течения, диаграмма пластичности). Причем в процессе нагружения непрерывно идут запросы в БДТН, которая представляет собой банк данных, где хранится информация о закономерностях формирования очагов деформации, режимах обработки, программах нагружения, типовых технологических процессах обработки аналогичных изделий, применяемом оборудовании и оснастке. Это существенно упрощает проектирование технологических процессов.

Декомпозиция (структурная модель) функциональной модели, в которой ключевая роль принадлежит режимам, приведена на рис. 3. Как видим, она состоит из трех (*1*, *2* и *3*) блоков, представленных в виде функций. Исходным ресурсом для первого из них, блока «Формирование очага деформации», служит, как уже

Рис. 3. Структурная модель накопления деформации и исчерпания запаса пластичности как результат действия программ нагружения

упоминалось, начальное состояние поверхностного слоя ($СПС_0$).

В результате воздействия режимов обработки в условиях влияния истории нагружения на предшествующих стадиях обработки ($ИН_0$) на выполняемой стадии для заданных свойств материала формируется очаг деформации, характеризующийся рядом геометрических параметров, которые представляют собой продукт первого функционального блока (*1*). Для резания это функция $ПОД_{рез} = f(t, S, \Lambda_{t-1})$, для ППД — функция $ПОД_{ППД} = f(P, S, R_{пр}\Lambda_{t-1})$, в которых $ПОД_{рез}$ и $ПОД_{ППД}$ — какой-либо параметр очага деформации, возникающий соответственно при резании и ППД; t — глубина резания; S — подача; P — усилие, при котором осуществляется ППД; $R_{пр}$ — профильный радиус инструмента; Λ_{t-1} — степень деформации сдвига, накопленная на предшествующих стадиях обработки.

Ресурс для второго (2) блока, блока «формирование программ нагружения», как видно из рисунка, — исходное состояние поверхностного слоя ($СПС_0$), а также форма и геометрические размеры очага деформации, которые обусловлены режимами обработки и выдаются блоком *1*. Они используются для оценки программы нагружения, которую формирует блок *2*. Здесь учитывается еще и влияние истории нагружения на предшествующих стадиях нагружения ($ИН_0$), и свойства материала (кривая течения, диаграмма пластичности). В итоге блок *2* создает программу нагружения в виде математической модели или совокупности моделей, комплексно характеризующих напряженно-деформированное состояние детали на рассматриваемой стадии нагружения. Это функции $\Lambda_j = f(ПОД, \Lambda_{t-1})$, $\Pi_j = f(ПОД, \Lambda_{t-1})$ и $\Lambda(\Pi) = \Lambda_j = f(\Pi_j)$, в которых Λ_j и Π_j — точки программы нагружения материальной частицы при ее прохождении по линии тока в очаге деформации, $\Lambda(\Pi)$ — программа нагружения.

Продукты третьего (*3*) блока — состояние $СПС_i$ поверхностного слоя, полученное на данной стадии нагружения, и история нагружения $ИН_i$. Эти продукты, $\Lambda_i = f[\Lambda(\Pi)]$ и $\Psi_i = f[\Lambda(\Pi)]$, служат ресурсами для последующей стадии нагружения.

Таким образом, ключевое звено в приведенной выше модели — программа нагружения, которая, с одной стороны, формируется в очаге деформации под воздействием режимов обработки, а с другой, рассматривается как механизм формирования состояния поверхностного слоя, который характеризуется определенным значением накопленной деформации и исчерпания запаса пластичности. Особенность предлагаемой модели состоит в том, что программа нагружения представляет собой звено, связывающее технологические режимы обработки с параметрами качества поверхностного слоя и эксплуатационными свойствами изделия.

Литература

1. Блюменштейн В.Ю., Смелянский В.М. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. — М.: Машиностроение-1, 2007. — 400 с.
2. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей машин поверхностным пластическим деформированием. — М.: Машиностроение, 2002. — 300 с.
3. Блюменштейн В.Ю. Функциональная модель механики технологического наследования // Вестник КузГТУ. — 2000. — № 4 (17). — С. 46—53.

УДК 621.43.001.573

Проектирование технологий испытаний ДВС

Кандидаты техн. наук А.А. МАКУШИН и Е.В. ЗУБКОВ, А.А. НОВИКОВ

ИНЭКА (8.8552.39-71-40)

Рассмотрены аспекты приложения CALS-технологий в области автоматизации испытаний двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрен графический язык описания технологий испытаний, позволяющий повысить эффективность их проектирования. Разработана методика проектирования технологий испытаний, основанная на использовании узловых точек.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, испытание, стенд, жизненный цикл, автоматизированная система испытаний, информационные технологии, CALS-технология, технология испытания, графический язык, грамматические правила, узловая точка.*

Makushin A.A., Zubkov E.V., Novikov A.A.

DESIGNING OF TESTING TECHNOLOGIES OF DVS

The aspects of CALS-technologies using in field of automation of internal combustion engines testing are considered. The graphic language of description of testing technologies is considered. This language allows raising efficiency. The method of designing of testing technologies based on node points using has been worked out.

Keywords: *internal combustion engine, test, test, bench, life cycle, automated testing system, information technologies, CALS-technology, testing, technology, graphic language, graphic language, grammar rules, node point.*

Как показывает практика, CALS-технологии (непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) — наиболее эффективный подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Ее суть — использование компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия, обеспечивающие единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла — заказчиков продукции, ее поставщиков (производителей), эксплуатационного и ремонтного персонала — и реализованные в соответ-

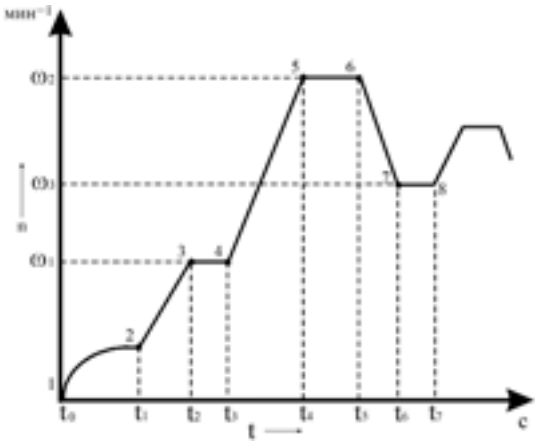


Рис. 1. Программа управления частотой вращения коленчатого вала двигателя

ствии с требованиями системы международных стандартов, которые регламентируют правила этого взаимодействия преимущественно путем электронного обмена данными [1].

Достоинства CALS-технологии, естественно, проявляются и в области испытаний ДВС. Причем в перспективе — в еще большей степени, поскольку требования, предъявляемые к качеству и эффективности испытаний, постоянно ужесточаются и усложняются, в связи с чем возрастает число измеряемых и вычисляемых параметров частоты, а также повышается точность их измерения. И все это при непрерывно расширяющейся номенклатуре выпускаемых моделей и модификаций ДВС, что крайне затрудняет унификацию испытательных стендов.

Однако новые требования необходимо выполнять, для чего, по мнению авторов, есть только один путь — оснащение испытательных стендов двигателей автоматизированными системами испытаний (АСИ), потому что они позволяют повысить качество и эффективность конструкторских разработок, сократить сроки доводки и совершенствования двигателей, снизить себестоимость проведения стендовых испытаний [2].

АСИ представляют собой совокупность программных и аппаратных средств, включают средства проектирования технологий испытаний, их проведения и анализа полученных результатов. Иначе говоря, они способны обеспечить информационную поддержку на начальных стадиях создания ДВС.

Однако здесь есть проблема. И главная из них — средства общения технолога с ЭВМ. Дело в том, что форма внутреннего представления данных в компьютерных системах очень специфична и для обычного пользователя труднопонимаема. Поэтому в работе с такими системами должен участвовать программист, выступающий в роли связующего звена между пользователем (технологом) и компьютерной системой. Что, естественно, усложняет процесс проектирования ДВС.

Вывод очевиден: нужен технологический язык АСИ. Причем желательно — максимально близкий к языку общения между людьми. То есть понятный всем.

Такой язык, как и любой другой, должен, очевидно, включать алфавит (конечное множество знаков, из которых строятся его элементы) и грамматические правила (конечное множество правил построения осмысленных графических структур).

Посмотрим, возможно ли это.

Технологический процесс испытания ДВС — не что иное как совокупность операций управления частотой вращения коленчатого вала, тормозным устройством, температурами масла, топлива, охлаждающей жидкости и т.д., а также имитаций условий эксплуатации (скажем, погодных условий). И эти операции задают режимы испытаний. Причем процесс управления всегда представляет собой зависимость исследуемого параметра от времени. Пример тому — рис. 1, на котором приведена такая зависимость для частоты n вращения коленчатого вала. На этом рисунке можно выделить несколько участков: пуск (*1—2*), разгон (*2—5*), торможение (*6—7*), режимы постоянного (*3—4, 5—6* и *7—8*) хода. Соответствующие им режимы на графическом языке представлены, как видим, только тремя элементарными операциями: увеличением n, уменьшением n и равновесной нагрузкой на коленчатом валу ($n = \text{const}$). Именно эти элементы графика и составляют алфавит примененного графического языка.

Далее. Каждая операция управления имеет вектор настройки, описывающий ее параметры и включающий время (t_0) ее начала и окончания (t_i); начальное и конечное значения технологического параметра; тип операции, т. е. закон, отражающий характер изменения технологического параметра (линейный, экспоненциальный, гармонический и т. д.); коэффициенты формулы, описывающей используемый тип операции.

Таким образом, процесс создания технологии испытания с помощью графического языка сводится к тому, что из графических образов элементарных операций строятся желаемые графики зависимости технологических параметров от времени.

Грамматические правила графического языка испытаний представляют собой конечное множество правил лингвистического описания технологических операций и технологий испытаний с помощью элементов графического алфавита.

Как сказано выше, программа управления технологическим параметром — график зависимости его значения от времени, который можно описать кусочно заданной функцией $f(t)$, т. е. математически. Поэтому грамматические правила, или ограничения, накладываемые на вид и расположение графика зависимости значения технологического параметра от времени, удобно описывать в математической форме.

Таких грамматических правил (ограничений) графического языка описания технологий испытаний ДВС несколько.

1. Каждому значению времени t соответствует единственное значение $f(t)$. Следовательно, у графика не может быть «петель» и разветвлений.

2. Отсчет времени ведется от нуля и до бесконечности, технологические параметры могут принимать только неотрицательные значения, но не больше некоторого максимально допустимого и не меньше некоторого минимально допусти-

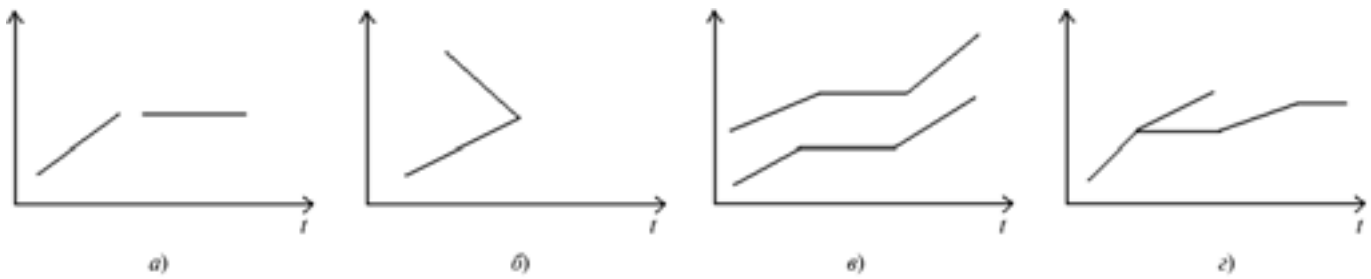


Рис. 2. Возможные ошибки при проектировании технологии испытания ДВС

мого значения, т. е. $D(f_i) = [0; +\infty]$ и $E(f_i) = [\,Y_{i_{\max}}\,,\ Y_{i_{\min}}\,]$, где f_i функция, описывающая зависимость значения i-го технологического параметра от времени; $Y_{i_{\min}}$ — минимально допустимое значение i-го технологического параметра, $Y_{i_{\max}}$ — максимально допустимое его значение.

Таким образом, график i-го технологического параметра лежит в первой координатной четверти, в полосе, ограниченной прямыми $y = Y_{i_{\min}}$ и $y = Y_{i_{\max}}$.

3. Все программы управления должны начинаться в нулевой момент времени ($t_0 = 0$) и заканчиваться в одно и то же время ($t_1 = t_2 = ... = t_i$).

4. В программах управления не должно быть разрывов, т. е. $\exists f_i(t) \forall t \in D(f_i)$.

5. Допустимые скорости изменения значений технологических параметров связаны с конструктивными особенностями двигателя и ограничены следующими физическими законами:

$$\frac{df_i(t)}{dt} \geqslant A_{i_{\text{ум}}} \quad \forall t \in D(f_i),$$

$$\frac{df_i(t)}{dt} \leqslant A_{i_{\text{ув}}} \quad \forall t \in D(f_i),$$

$$\frac{df_i(t)}{dt} \geqslant A_{i_{\text{ум}}} \quad \forall t \in D(f_i),$$

$$\frac{df_i(t)}{df} \leqslant A_{i_{\text{ув}}} \quad \forall t \in D(f_i),$$

где $A_{i_{\text{ум}}}$ — максимально допустимая скорость уменьшения i-го технологического параметра; $A_{i_{\text{ув}}}$ — максимально допустимая скорость увеличения i-го технологического параметра.

Грамматические правила связаны с корректным формированием графических образов операций управления технологическим процессом, поэтому рассмотрим возможные ошибки. Это разрыв управляющего образа технологической операции (рис. 2, *а*), задание управления с противоположным движением по временной оси (рис. 2, *б*), создание двух образов управления одной и той же операцией (рис. 2, *в*) и разветвление образа операции (рис. 2, *г*).

Если допущена первая из перечисленных ошибок, то в интервале разрыва произойдет сбой в работе системы; если вторая, то исчезает физический смысл при работе системы: ведь время движется только в одну сторону; третья или четвертая, как и первая, также ведет к сбою в работе системы из-за неоднозначности управления, поскольку получается, что в один и тот же момент времени один и тот же управляемый параметр должен иметь разные значения.

К сказанному добавим, что первая, третья и четвертая ошибки возникают при разрыве управляющего образа технологической операции. Значит, устранив принципиальную возможность появления этого разрыва, при проектировании технологии испытания можно избавиться от данных ошибок с помощью методики, основанной на использовании узловых точек. Ее суть заключается в том, что технолог работает не с самими графическими образами операций управления, а с узловыми точками их сопряжения. (Учитывая важность роли, которую они при этом играют, можно назвать их «ключевыми» точками.)

Добавление в графический элемент узловой точки фактически означает его разделение на два сопряженных элемента, а ее удаление — слияние двух соседних элементов в один. Следовательно, для однозначного определения операции управления достаточно указать «ключевые» точки соответствующего графического элемента, являющиеся его концами. Кроме того, для удобства работы к узловым точкам привязываются и векторы настроек операций.

Таким образом, процесс задания режимов испытания сводится к манипуляциям с узловыми точками. Очевидно, что разрыва технологии испытания при этом не происходит. Значит, при использовании метода узловых точек первой, третьей и четвертой ошибок не может быть в принципе.

Что касается второй из перечисленных ошибок, то она устраняется введением дополнительного правила перемещения узловых точек: абсцисса узловой точки всегда должна быть не меньше абсциссы левой соседней точки и не больше абсциссы правой соседней точки. (Допустимый интервал изменения временной координаты и узловой точки показан на рис. 3.)

В начале проектирования технологии испытания задаются длительность этого испытания, начальные и конечные значения всех технологических параметров, и для каждого из

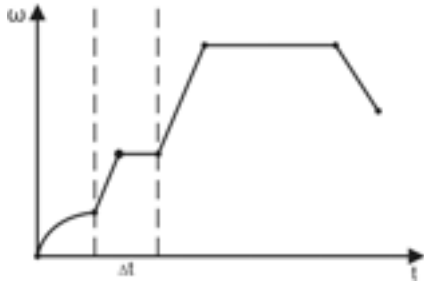


Рис. 3. Допустимый интервал изменения абсциссы узловой точки

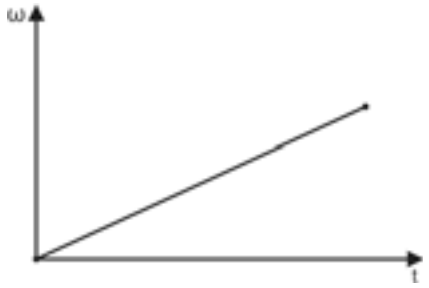


Рис. 4. Облигатная операция

них формируется по одной операции управления (рис. 4). Эти операции — облигатные, т. е. обязательные, поэтому удалить их нельзя. Их можно лишь разбить на несколько подопераций, суммарная длительность которых равна длительности исходной облигатной операции. Другими словами, технология испытания всегда содержит не менее двух «ключевых» точек, которые задаются в начале ее проектирования.

Далее она настраивается желаемым образом путем добавления и удаления узловых точек и заданием параметров векторов настройки (рис. 5).

Рассмотренная методика может использоваться в программном комплексе АСИ ДВС, который позволяет проводить весь комплекс работ по проектированию технологий испытаний, осуществлять испытания как непосредственно на стенде, так и методом компьютерного моделирования.

Для этого технолог с помощью системы автоматизированного проектирования (САПР) разрабатывает любую нужную ему технологию испытания, на основе которой АСИ рассчитывает управляющий сигнал для исполнительных устройств. И далее можно провести испытание на стенде или смоделировать его на компьютере. Причем с помощью математического моделирования можно проанализировать протекание как отдельных рабочих процессов, так и всего рабочего цикла, прогнозировать основные показатели и характеристики двигателя.

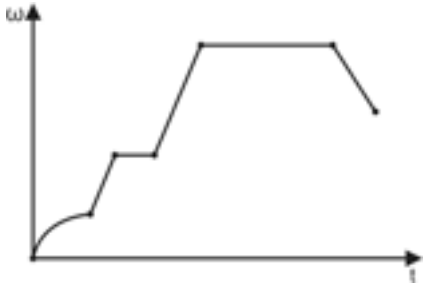


Рис. 5. Сформированная программа управления технологическим параметром

Графический язык АСИ ДВС за счет унификации программного описания графических структур обеспечивает высокую наглядность создаваемых управляющих программ, их корректность и надежность, а методика реализации грамматических правил, основанная на использовании узловых точек, позволяет решить ряд проблем, связанных с проектированием технологий испытаний с помощью графического языка. При этом на всех этапах создания технология испытания остается непрерывной, что резко снижает вероятность ошибок при проектировании; упрощается процесс проверки корректности технологии испытания в соответствии с грамматическими правилами графического языка; значительно сокращаются затраты времени на проектирование технологий испытаний.

Литература

1. Судов Е.В. Модели, методы и средства управления и интегрированной информационной поддержки процессов жизненного цикла наукоемкой продукции. Диссертация на ... докт. техн. наук. М., 2005. — 298 с.
2. Игнатьева Т.И., Колесник Б.А., Миронов Н.П. Информационно-измерительная управляющая система автоматизации испытаний двигателей // Двигателестроение. 1989. № 2. — С. 31.

УДК 629.114.42

Расчетно-экспериментальный метод исследования нагруженности несущих систем АТС

М.И. АБРАМОВ

Автомобильный завод «УРАЛ» (8.3513.29-74-23)

Изложены результаты работ по определению режимов стендового нагружения несущей системы автомобиля-самосвала «Урал-63685». Разработана методика оценки нагруженности рамы автомобиля с применением конечно-элементного анализа и «неразрушающих» дорожных испытаний.

Ключевые слова: *нагруженность, схематизация, метод «падающего дождя», режимы нагружения, стендовая доводка, повреждающее воздействие, ресурс.*

Abramov M.I.

ATS BEARING SYSTEMS LOADING DESIGN-EXPERIMENT ANALYSIS

The present research work contains results on definition of Ural-63685 dump truck bearing system bench loading modes. The truck frame loading estimation technique with the final-element analysis and «nondestructive» road tests application is developed.

Keywords: *stress loading, schematization, «rain flow» method, loading modes, bench development, damaging impact, resource.*

В настоящее время автомобильный завод «УРАЛ» выходит на новый для себя рынок большегрузных дорожных автомобилей: спроектировано и запускается в серийное производство семейство дорожных (6×4) автомобилей «Урал-63685», которые по конструктивно-силовой схеме и условиям эксплуатации существенно отличаются от традиционных полноприводных моделей «Урал». Понятно, что при их разработке не могла не возникнуть необходимость в полномасштабных исследованиях прочности и надежности основного несущего элемента — их рамы. И здесь возникла проблема технологии таких исследований: с одной стороны, дорожными ресурсными испытаниями силовой конструкции автозавод воспользоваться не мог, так как они слишком продолжительны и дорогостоящи; с другой, общепринятых методик назначения режимов стендовых испытаний рам грузовых АТС не существует. Об этом говорит, в частности, тот факт, что в настоящее время каждое предприятие-изготовитель проводит самостоятельные исследования, накапливая опыт в этой области, или поручает данную работу специализированным фирмам.

Но последнее тоже связано с большими финансовыми затратами. Поэтому специалистам АЗ «УРАЛ» оставалось одно — оценивать нагруженность несущих систем расчетно-экспериментальными методами, со-

четающими расчеты с «неразрушающими» дорожными испытаниями опытных образцов новых автомобилей.

При этом решались три основные задачи: получить нагрузочные характеристики элементов несущей системы для расчетной оценки ее эксплуатационной долговечности; разработать режимы стендового нагружения данных элементов; сохранить целостность дорогостоящей конструкции несущей системы для дальнейшего ее использования.

Решались они поэтапно.

Первый из этапов был посвящен конечно-элементному анализу напряженно-деформированного состояния пространственной модели несущей системы нового автомобиля при заданных схемах нагружения (инерционная перегрузка, кососимметричный перекос), в том числе с учетом ее жесткости. На втором определялись наиболее нагруженные места конструкции, и составлялась схема тензометрирования. На третьем выявлялись основные формы и частоты собственных колебаний элементов рамы и составлялись схемы виброметрирования. На четвертом на основе принятых условий и схемы эксплуатации автомобиля разрабатывалась программа испытаний. На пятом проводились измерения в статике и динамике. На шестом шла обработка результатов измерений. На седьмом выделялись факторы эксплуатационного нагружения, определяющие долговечность рамы. На восьмом назначались режимы стендового нагружения. На девятом, заключительном, выполнялась расчетная оценка ресурса элементов несущей системы.

Как видим, последовательность выполнения работ, в общем, традиционная. Однако об их содержании этого сказать нельзя. Например, впервые в своей практике специалисты АЗ «УРАЛ» разработали схему тензометрирования несущей системы, основанную на методе конечно-элементного анализа, и применили ее на пространственной модели автомобиля. Это дало возможность уже на начальном этапе проектирования выявить и устранить явные недостатки конструкции и сократить тем самым на ~10 % затраты.

По результатам расчета напряженно-деформированного состояния несущей системы определены места с высоким уровнем напряжений, а в местах наклейки датчиков — главные оси этих напряжений. Кроме того, по результатам расчета на статический перекос получена упругая характеристика несущей системы при кручении, позволившая идентифицировать расчетную модель.

Естественно, проводились и дорожные испытания автомобиля. Причем в условиях реальной эксплуатации — в песчаном карьере, при движении по асфальтовой, булыжной, щебеночной и грунтовой дорогам.

В их ходе установлено, что несущая система автомобиля «Урал-63685» испытывает деформации в основном при переезде на относительно невысокой скорости больших дорожных неровностей, и эта деформация — закрутка рамы. Ее причина — колебания подрессоренной части в поперечной плоскости (крен), частота которых составляет 0,6—0,7 Гц. Вертикальные же перегрузки подрессоренной части не превышают

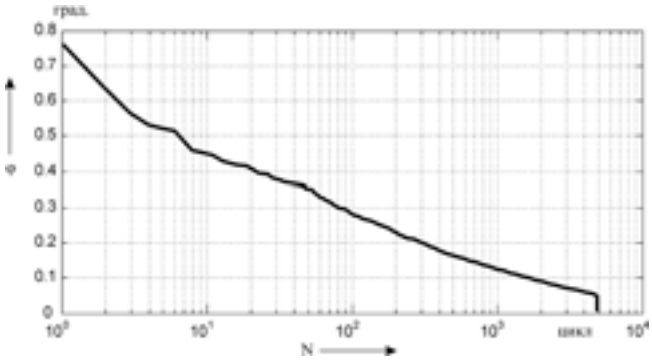


Рис. 1. Функция распределения амплитуд угла закручивания рамы на 100 км пробега по типовому маршруту движения автомобиля

20 м/с^2 (~2*g*), так как скорость движения при полной загрузке автомобиля на неровных дорогах невысока (от 20 до 40 км/ч). Поэтому принятая строительная высота лонжеронов рамы и расположение усилителей вполне обеспечивают допустимый уровень напряжений от таких перегрузок.

Отсюда вывод: для испытуемого автомобиля угол закрутки рамы является основным фактором нагружения, определяющим ее долговечность, и дальнейшую ее доработку вели уже в стендовых условиях. При этом режимы стендового нагружения выбраны на основе измеренных при различных дорожных условиях и массе автомобиля (полная, снаряженная), углах ее закрутки.

В итоге получены типовые нагрузочные режимы для девяти участков движения, которые характеризуют нагруженность рамы автомобиля в различных условиях эксплуатации, а по ним, с учетом доли каждого участка, т.е. его весового коэффициента, — обобщенный режим нагружения рамы при кручении (рис. 1).

Ресурс автомобиля, согласно отраслевым стандартам, должен оцениваться в эквиваленте к I категории условий эксплуатации. Для автомобиля «Урал-63685» это пробег, равный 600 тыс. км. Его приведение к пробегам в других условиях эксплуатации с помощью коэффициентов форсирования (ОСТ 37.001.087) дало следующие результаты: для категории II условий эксплуатации — 480 тыс. км, категории III — 360 тыс., категории IV — 240 тыс. и категории V — 180 тыс. км пробега. При этом общая протяженность *L* типового стендового маршрута автомобиля, соответствующая 600 тыс. км пробега по дорогам I категории условий эксплуатации, рассчитывались по известной формуле $L = \sum_{i=1}^{9} \frac{L_b t_i k_i}{100}$, в которой L_b = 600 тыс. км; t_i — доля пробега по *i*-му участку, %; k_i — коэффициент пробега на соответствующем участке.

Данная формула, как видим, дает возможность определить для любой схемы эксплуатации приведенный пробег и на его основе — функцию распределения обобщенного нагрузочного режима, необходимого для оценки ресурса в условиях стендового нагружения. Что и было сделано применительно к амплитудам углов закрутки рамы.

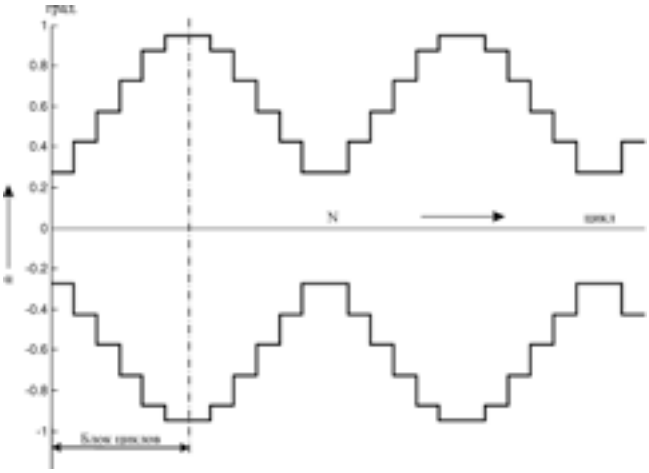


Рис. 2. Блок-программа стендовых испытаний рамы на усталостную долговечность

Это позволило сформировать многоступенчатую блок-программу (рис. 2) закрутки рамы — при ее испытаниях в стендовых условиях. Полученная блок-программа используется как основа для проведения стендовых испытаний рамы на долговечность. Но при ее построении, как показал опыт, надо иметь в виду следующее.

1. Число ступеней нагружения должно быть не менее пяти: более «грубая» разбивка влечет за собой ошибки, свойственные испытаниям с постоянной амплитудой колебаний.

2. Размер блока должен быть как можно меньшим (не более $5 \cdot 10^5$ циклов). Только тогда достигается хорошее смешение нагрузок. Кроме того, небольшое число циклов на каждую ступень исключает возможность упрочняющего или разупрочняющего эффекта.

3. Минимальным следует брать и считать угол α закрутки, вызывающий напряжения, которые равны половине предела выносливости для исследуемого элемента конструкции.

В ходе дорожных испытаний провели тензоизмерения более чем в 50 зонах несущей системы автомобиля. Но для оценки и корректирования режимов стендовой отработки рам на усталость отобрали только 16 зон, нагруженность которых определяет долговечность рамы при ее закручивании. В этих же зонах наклеивались тензодатчики на макете автомобиля, исследуемого в стендовых условиях, что позволило определять не только углы закрутки рамы, но и обобщенные дискретизированные функции распределения амплитуд напряжений, состоящие из набора регулярных процессов, каждый из которых характеризуется числом N_i циклов и уровнем амплитуд S_i. (Вся совокупность $\{S_i, N_i\}$ данных регулярных процессов за 100 км пробега вызывает в исследуемой зоне рамы такое же усталостное повреждение, что и исходный случайный процесс напряжений при принятой схеме эксплуатации автомобиля.)

Для контроля адекватности стендового нагружения типовым условиям эксплуатации в исследуемых зонах по формуле $D = \sum_{i=1}^{n} S_i^m N_i$ вычислялись меры D усталостного повреждения (n — число регулярных процессов обобщенной функции распределения напряжений, m — показатель наклона кривой усталости материала исследуемой зоны).

При настройке стендового режима нагружения эксплуатационный и стендовый показатели меры усталостного повреждения сравнивали, и если разница между ними не превышала 10 %, режим стендового нагружения считался адекватным эксплуатационному, а если больше, блок-программа корректировалась.

В целях форсирования режимов стендового нагружения и уменьшения сроков испытаний исследовали восемь различных схем эксплуатации автомобиля, приведенных к I категории условий эксплуатации. Причем пять из них — движение только по одному типу дорог, три — с заданными долями пробегов на разных дорогах (карьер 60 % + щебенка 20 % + грунт 20 %; карьер 30 % + щебенка 10 % + грунт 10 % + асфальт 50 %; типовые дороги согласно табл. 1).

Задаваясь типовыми функциями распределения углов закрутки рамы для принятых схем эксплуатации и учитывая коэффициент понижения пробега, были рассчитаны обобщенные функции распределения, эквивалентные 100 км пробега по дорогам I категории условий эксплуатации (рис. 3). Они говорят о том, что наиболее значимый с точки зрения накопления усталостного повреждения — режим движения по карьеру. Поэтому на основании полученных функций распределения углов закрутки рамы рассчитали параметры регулярного

Таблица 1

№ п/п	Участки движения	Категория условий эксплуатации	Весовые коэффициенты, %
1	Асфальтированная городская дорога, полная масса	II	10
2	Движение по асфальту, пригород, полная масса	II	10
3	Движение по асфальту, пригород, снаряженная масса	II	10
4	Булыжная дорога, полная масса	III	5
5	Разбитая щебеночная дорога, полная масса	IV	15
6	Полевая грунтовая дорога, полная масса	IV	20
7	Грунтовая дорогая при въезде-выезде из карьера, полная масса	IV	10
8	Грунтовая дорога при въезде-выезде из карьера, снаряженная масса	IV	10
9	Движение по карьеру, полная масса	Y	10

нагружения на стенде, приведенные к 600 тыс. км по дорогам I категории условий эксплуатации. При этом все циклы закрутки рамы привели к максимальному из достигнутых в ходе дорожных испытаний углу φ закрутки ($\varphi = \varphi_{max}$). В итоге режимы нагружения дали формулы $\varphi = \varphi_{max}$ и $N = \dfrac{N_1\varphi_1^m + ... + N_i\varphi_i^m}{\varphi_{max}^m}$, где N_i — число циклов закрутки рамы с амплитудой φ_i; m — минимальное значение показателя наклона кривой усталости элементов конструкции рамы.

Программа и результаты испытаний при таком способе форсирования для восьми альтернативных схем эксплуатации автомобиля, равнозначных указанным в ОСТ 37.001.087, приведены в табл. 2.

Как видим, схемам соответствует 600 тыс. км пробега по дорогам I категории условий эксплуатации, однако фактически повреждающее воздействие на раму разное. Анализ же фактических условий эксплуатации автомобилей «Урал-63685» показывает: гарантировать, что все проданные автомобили будут эксплуатироваться по типовому циклу с относительными долями пробегов, соответствующими нормативным документам, оснований нет. Поэтому при назначении режимов стендовой отработки рамы использовалась схема эксплуатации, вызывающая наибольшие повреждения в раме, т. е. пробег 180 тыс. км в условиях карьера. Благодаря этому есть все основания утверждать, что рама в составе макета автомобиля полной массы,

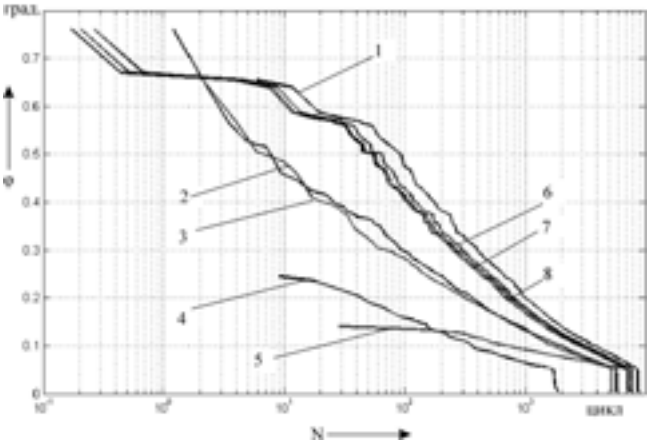


Рис. 3. Функции распределения углов закрутки рамы для различных схем эксплуатации автомобиля, эквивалентных 100 км пробега по дорогам I категории условий эксплуатации:

1 — карьер 100 %; *2* — щебенка 100 %; *3* — грунт 100 %; *4* — асфальт 100 %, *5* — булыжник 100 %; *6* — карьер 60 % + + щебенка 20 % + грунт 20 %; *7* — карьер 30 % + щебенка 10 % + грунт 10 % + асфальт 50 %; *8* — типовая дорога, соответствующая табл. 1

Таблица 2

Схема пробега	Число циклов при максимальной амплитуде угла закрутки	Базовый пробег, тыс. км	Приведенный пробег, тыс. км	*K*, км
Карьер	234 500	600,0	180,0	2,56
Карьер 60 % + + щебенка 20 % + + грунт 20 %	173 700		233,5	3,45
Типовой маршрут автомобиля-самосвала	156 100		264,3	3,85
Карьер 30 % + + щебенка 10 % + + грунт 10 % + асфальт 50 %	87 117		342,0	6,9
Щебенка	48 443		240,0	12,4
Грунт	33 058		240,0	18,2
Асфальт	1 250		480,0	481,0
Булыжник	0		360,0	0

Примечание. *K* — пробег по дорогам I категории условий эксплуатации, эквивалентный одному циклу стендового нагружения.

выдержавшая без потери несущей способности базовое число циклов нагружения в стендовых условиях, будет иметь долговечность, достаточную для эксплуатации по любой схеме, эквивалентной 600 тыс. км пробега по дорогам I категории условий эксплуатации.

Внедрение в практику доводки конструкции «неразрушающих» дорожных испытаний с помощью современных систем сбора данных и схем измерений, разработанных на основе конечно-элементных расчетов, позволило существенно сократить длительность отработки прочности рамы автомобиля «Урал-63685», повысить уровень знаний о нагруженности несущих систем любых АТС, стать стимулом для внедрения на автозаводе расчетных оценок прочности автомобильных конструкций по измеренным нагрузкам, положительно сказываясь на качестве и конкурентоспособности выпускаемой продукции. Но еще важнее то, что по мере проведения подобных испытаний информация о нагруженности автомобилей будет накапливаться, позволяя со временем пронормировать нагрузки, а следовательно, существенно сократить затраты на отработку конструкций и повысить надежность новых АТС.

ВНИМАНИЕ!

Напоминаем: направлять статьи и вести переписку с редакцией быстрее и удобнее с помощью электронной почты.
Наш адрес: avtoprom@mashin.ru; avtoprom@aport.ru

«Самарская инициатива: кластерная политика — основа инновационного развития национальной экономики»

III Межрегиональный экономический форум «Самарская инициатива: кластерная политика — основа инновационного развития национальной экономики» состоялся на базе Самарского государственного аэрокосмического университета.

Открылся форум выступлением губернатора Самарской области В. Артякова. Пленарное заседание форума проходило в форме дискуссии, в ходе которой ведущие специалисты обсудили вопросы влияния мирового экономического кризиса на развитие системообразующих и кластерообразующих отраслей и высказали свои мнения о путях модернизации национальной и региональной экономики.

В ***первый день*** на форуме помимо пленарного заседания работали несколько дискуссионных площадок.

Первая из них – «Повышение конкурентоспособности Поволжского автомобильного кластера. Ключевые проекты». Этот круглый стол был наиболее представительным по участию гостей из многих регионов России и из других стран, в частности, из Словении, Бельгии. В ходе мероприятия выработаны предложения к концепции стратегии развития автомобильной промышленности России, которая в ближайшее время планируется к рассмотрению комиссии И. Шувалова. Как заявил министр экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области Г. Хасаев, сегодня уже определен состав членов поволжского автомобильного кластера: «Сегодня мы уже пришли фактически к оформлению поволжского автомобильного кластера. Правительством области подготовлено и уже получило одобрение участников соответствующее соглашение».

Вторая — круглый стол «Кластерная политика как инструмент продвижения инноваций. Межотраслевой трансфер технологий». Участниками круглого стола разработаны конкретные предложения по участию предприятий малого инновационного бизнеса Самарской области в федеральной программе и по взаимодействию нашей инновационной системы с федеральными структурами. Намечены серьезные соглашения в этой области.

Третья — круглый стол «Образовательный и кадровый потенциал региона как важнейший фактор развития высокотехнологичных кластеров», посвященный подготовке кадров для наших инновационных кластеров. Его вели ректор Российской экономической академии им. Г.В. Плеханова В. Гришин и министр образования и науки Самарской области Д. Овчинников.

Четвертая научно-практическая конференция «Инновационные решения проблем вторичных ресурсов. Предпосылки и условия формирования кластеров по переработке вторичных ресурсов», вызвавшая особенно большой интерес у участников форума. По оценке модератора конференции Д. Азарова, она получилась по-настоящему научной и практической, а идеи, высказанные в частности при обсуждении областной целевой программы «Переработки отходов...», будут актуальны не только для самарского региона.

В манеже аэрокосмического университета была развернута выставка инвестиционных проектов Самарской области. Кроме приоритетных проектов областного правительства и инновационных проектов институтов развития, здесь представлены инвестиционные предложения всех 37 муниципальных районов Самарской области. Это первый и очень полезный, в первую очередь для самих территорий, опыт по привлечению инвестиций.

Еще одно новшество, которое было применено на форуме: на территории выставки прошла финансовая ярмарка. Организаторы форума собрали на одной площадке представителей компаний, муниципальных образований — инициаторов проектов и финансовые институты. В открытом диалоге стороны искали возможности для продвижения инвестиционных проектов.

Второй день форума начался с Международной Азиатско-Европейской научно-практической конференции «Финансовые инструменты кластерной политики и поддержки кластерных инициатив». В ней приняли участие более 100 человек, в том числе представители федеральных структур — регуляторов финансовых инструментов рынка, Центробанка РФ, финансовых компаний, бюджетного сектора. На конференции прозвучало 35 докладов. Участники конференции обратили внимание на то, что в нынешних экономических условиях доверие к финансовому рынку — одно из необходимых условий, которое может этот рынок стабилизировать.

В ходе Международной научно-исследовательской конференции «Нанотехнологии — шанс устойчивого развития экономики будущего» самарскими учеными, их коллегами из других регионов России, а также из Германии были представлены глубокие исследования по применению нанотехнологий в различных областях. В том числе в создании новых оптических, медицинских материалов. Выступление управляющего директора управления по инфраструктурной деятельности ГК «Роснанотех» Е. Евдокимова дало участникам конференции представление о ближайших планах госкорпорации по развитию в стране сети наноцентров, созданию промежуточной менеджерской структуры.

Одновременно проходил круглый стол «Кластеры малых предприятий как факторы устойчивого развития муниципальных образований и возможность диверсификации экономики монопрофильных территорий». Презентация и защита инвестиционных проектов состоялась на площадке Тольяттинской академии управления. На базе этих проектов планируется создание целой сети малых предприятий — не только в Тольятти, но и в прилегающих территориях Самарско-Тольяттинской агломерации. Этот пакет предложений ляжет в основу комплексной программы развития Тольятти, которая сегодня разрабатывается.

Все материалы Форума будут обобщены и опубликованы на интернет-сайте министерства экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области.

Кластерные зоны Самарской области

Самарская область является одним из ключевых регионов промышленного ядра России. В основу долгосрочной стратегии социально-экономического развития области (на период до 2020 г.) положен кластерный подход, позволяющий формировать центры роста экономики региона в наиболее конкурентоспособных, высокотехнологичных отраслях: авиационно-космической, нефтехимической, автомобилестроительной, транспортно-логистической. Мировой финансовый кризис оказал достаточно серьезное влияние на темпы развития важнейших региональных кластеров. Вместе с тем кластерная политика, как гибкий рыночный инструмент регионального развития, доказала свою перспективность.

Авиационно-космический кластер подтвердил конкурентные преимущества, основанные на мощной научно-техноло-

гической, конструкторской базе и прорывных управленческих технологиях, Несмотря на непростые финансово-экономические условия, индекс промышленного производства на предприятиях кластера составил за январь—октябрь 2009 г. 142 %. В первую очередь, позитивная динамика обусловлена развитием ракетно-космического производства, представленного федеральным государственным унитарным предприятием «Государственный научно-производственный ракетно-космический центр "ЦСКБ-Прогресс"».

Одним из важнейших проектов для предприятий кластера в настоящее время является ракета-носитель «Русь-М», который продолжает комплекс работ по модернизации ракет-носителей «Союз». Новый носитель обладает повышенным энергетическими характеристиками и может быть использован для выведения перспективного пилотируемого транспортного средства нового поколения с космодрома «Восточный». На первом этапе ракета-носитель обеспечит выведение на орбиту высотой 200 км ППТС массой 20 т. Также осуществляется комплекс работ по созданию экологически чистых ракет-носителей легкого класса, обеспечивающих выведение космических аппаратов на низкие и средние орбиты. Разработка ракет-носителей легкого класса обусловлена наблюдающейся в настоящее время тенденцией к увеличению потребности запуска малых космических аппаратов. При непосредственном участии «ЦСКБ-Прогресс» заканчивается строительство международного космодрома в Куру (Французская Гвиана), с которого будут осуществляться запуски коммерческих аппаратов адаптированной ракетой-носителем «Союз-СТ». Первый пуск запланирован на 2010 г. Ведущее место в развитии кластера занимает Государственный аэрокосмический университет, где осуществляется подготовка высокопрофессиональных кадров и разрабатываются конкурентоспособные геоинформационные и космические технологии. В СГАУ поставлена задача создать мощный компьютерный центр (суперкомпьютер) с целью сохранения конкурентоспособности и лидирующих мировых позиций в области создания новых поколений авиационной и ракетно-космической техники, а также расширения использования в экономике геоинформационных технологий на базе межвузовского медиацентра и созданного при участии Правительства Самарской области Поволжского центра космической геоинформатики.

Перспективные направления развития авиакосмического кластера связаны с реализацией ряда проектов, среди которых: создание ближнемагистрального самолета АН- 140 (ОАО «Авиакор-Авиационный завод»), воспроизводство не имеющего в мире аналогов авиационного двигателя НК-32 (ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова»), серийное производство сверхмощных энергетических установок с использованием конвертированных авиационных газотурбинных двигателей (ОАО «Моторостроитель», ОАО «Самарское конструкторское бюро машиностроения»). Особенность авиационно-космического кластера — использование его уникального инновационного потенциала в интересах других секторов экономики: приборостроения, метеорологии, картографии, автопрома и других.

Кластер нефтедобычи и нефтепереработки Самарской области оказался устойчивым к влиянию мирового финансового кризиса. За январь-октябрь текущего года нефти добыто 10,7 млн т, что почти на 10 % больше, чем за 10 месяцев прошлого года; газа — 367,1 млн куб. м, что на 40,2 % превышает газодобычу января-октября 2008 г. Объемы производства основных нефтепродуктов нефтеперерабатывающими предприятиями области незначительно отличаются от уровня докризисного периода — января—октября 2008 г.: производство автомобильного бензина немного снизилось — на 1,6 %, а выпуск дизтоплива превысил уровень выпуска 10 месяцев прошлого года на 1,3 %, мазута — на 1,7 %. Конкурентоспособность кластера обеспечивается масштабными инвестиционными проектами, запланированными на 2010—2014 гг., которые предусматривают разработку перспективных месторождений, ввод в действие новых и эксплуатацию законсервированных скважин, применение современных технологий добычи углеводородов. Инновационные подходы позволят увеличить добычу нефти с 9,5 млн в 2008 г. до 11 млн т в 2014 г. и повысить уровень использования попутного нефтяного газа до 95 %.

Рост объемов добычи углеводородного сырья будет стимулировать развитие его переработки. В 2010—2012 гг. усилия нефтеперерабатывающих заводов будут направлены на строительство новых, модернизацию и реконструкцию действующих установок переработки нефти с использованием современных технологических процессов, что позволит увеличить глубину переработки нефти и обеспечить производство качественных нефтепродуктов. Главной практической целью является доведение к 2012 г. качества всех видов моторных топлив, выпускаемых самарскими нефтеперерабатывающими заводами, до стандартов «Евро-4» и «Евро-5». Активное участие в разработке и реализации инновационных проектов примут ученые Самарского государственного технического университета, специалисты ОАО «Самаранефтегеофизика», ФГУП «Волжское отделение Института геологии и разработки горючих ископаемых», ОАО «Гипровостокнефть», ООО «СамараНИПИнефть», ОАО «Самаранефтехимпроект» и ряда других исследовательских организаций.

Химический кластер, значительно ориентированный на экспортные поставки, несмотря на ухудшение конъюнктуры мирового рынка, имеет неплохие перспективы. Развитие кластера будет происходить за счет реализации крупных инвестиционных проектов по модернизации действующих и строительству новых производств с применением инновационных технологий. Среди наиболее значимых проектов: строительство установок по выпуску полиамида-6 текстильного качества мощностью 50 тыс. т/год и бензола; строительство энергоэффективного производства циклогексанона (ОАО «КуйбышевАзот»); реконструкция производства карбамида и глубокая переработка метанола (ООО «Тольяттиазот»); наращивание мощностей производства бутилкаучука до 53 тыс. т/год, а также бутадиена и сопутствующих производств до 100 тыс. т/год, изопрена с применением технологии одностадийного синтеза до 100 тыс. т год (ООО «Тольяттикаучук»); увеличение объема выработки пропана на установке ЦГФУ-3; реконструкция установки для выпуска высокооктановой добавки к автомобильным бензинам ТАМЭ (ЗАО «Новокуйбышевская нефтехимическая компания»), граммонитов и гранулитов методом холодного смешения, монометиланилина мощностью 36 тыс. т/год; азотной кислоты мощностью 70 тыс. т/год; концентрирования серной кислоты (ОАО «Промсинтез»).

Для обеспечения сбалансированного развития основных секторов экономики разработана стратегии развития нефтехимического комплекса Самарской области на период до 2015 года, которая предусматривает развитие кооперационного сотрудничества между предприятиями нефтедобычи, нефтепереработки и химического кластера.

Автомобильный кластер. Мировой финансово-экономический кризис стал серьезным испытанием на прочность для автомобильного кластера Самарской области. В тяжелых условиях кризиса ОАО «АвтоВАЗ» начал масштабную реструктуризацию производства, направленную на концентрацию усилий компании на автосборочном бизнесе. Этот процесс сопровождается выводом непрофильных активов, в том числе объектов социальной сферы, оптимизацией численности работников, изменением взаимоотношений с поставщиками, разработкой новой программы обновления модельного ряда. Со стороны государства автозаводу оказана финансовая поддержка в размере 25 млрд руб. Параллельно на федеральном уровне с участием всех заинтересованных структур разрабатывается посткризисная программа развития ОАО «АвтоВАЗ», на финансирование которой дополнительно будет направлено еще 55 млрд руб.

В сложившихся условиях критически важным не только для автомобильного кластера, но и для всего региона является проект создания особой экономической зоны (ОЭЗ) промышленно-производственного типа на территории муниципального района Ставропольский Самарской области. Эта мера государственной поддержки позволит вывести на новый уровень региональных производителей автокомпонентов, которых в регионе насчитывается 321 с общей численностью занятых около 100 тыс. человек. В условиях сокращения объемов производства на ОАО «АвтоВАЗ», они смогут переориентировать

свои производственные программы на нужды автопроизводителей в других регионах Российской Федерации, стран СНГ и дальнего зарубежья, сохранить рабочие места и диверсифицировать свои производственные программы.

К участию в проекте создания ОЭЗ Правительством Самарской области приглашены более 40 ведущих производителей автокомпонентов, среди которых американская компания «ТРВ Аутомотив» (производство систем безопасности), совместное Российско-Германское предприятие «Анвис Рус» (производство шумоизоляции), концерн ZF (производство рулевых систем), американская компания «Лир Корпорейшн» (производство автомобильных сидений), германский завод «Майле», Штутгарт (производство силовых агрегатов), американская компания «Джонсон Контрол» (производство автомобильных сидений) и др. С целью обеспечения диверсификации производственного профиля ОЭЗ инициированы переговоры с 60 крупнейшими мировыми промышленными компаниями.

Транспортно-логистический кластер. Базовой предпосылкой развития транспортно-логистического кластера на территории Самарской области являются географические условия, определяющие выгодное расположение региона относительно транспортных путей. Кроме того, в регионе как следствие высокого уровня развития промышленности присутствуют крупные грузовладельцы, а также развитая транспортная инфраструктура. Самарская область — один из наиболее значимых в России транспортных узлов. На территории области сформировалась крупнейшая в Приволжском федеральном округе транспортная система, находящаяся на пересечении международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Запад-Восток» и обеспечивающая транспортные связи федерального и регионального значения во всех направлениях.

По мере развития системы международных транспортных коридоров по территории России самарский транспортный узел способен стать одним из основных центров грузопереработки и консолидации транзитных и экспортно-импортных грузопотоков в евроазиатских связях. Транспортно-логистический комплекс Самарской области представлен всеми видами транспорта кроме морского. При этом, ведущая роль отведена таким организациям, как филиал ОАО «РЖД» – Куйбышевская железная дорога, ОАО «Международный аэропорт "Курумоч"», ОАО «Самарский речной порт», ОАО «Порт Тольятти», автотранспортным и логистическим компаниям.

В рамках развития транспортно-логистического кластера предполагается реализовать ряд крупных стратегических инфраструктурных проектов, которые условно можно разделить на две группы. Первая группа — это проекты, направленные на развитие транспортной сети области (повышение пропускной способности автодорожной сети, ликвидация узких мест на подходах к крупным городам и транспортным узлам): строительство двух мостовых переходов «Кировский» и «Фрунзенский» через реку Самара в городском округе Самара; строительство первоочередного объекта в составе автодорожного маршрута «Центр—Поволжье—Урал» на территории Самарской области автомобильной дороги «Урал» — Обводная г. Самары» с мостовым переходом через реку Волгу в районе городского округа Октябрьск. Ко второй группе относятся проекты, связанные с развитием транспортно-логистической инфраструктуры региона: реконструкция и модернизация международного аэропорта «Курумоч», нового аэровокзального комплекса международного аэропорта «Курумоч»; объектов региональной транспортно-логистической системы Самарской области. Шагом на пути интеграции области в международные транспортные коридоры может стать создание Региональной транспортно-логистической системы Самарской области (РТЛС). Основной целью проекта является развитие объектов транспортной инфраструктуры Самарской области и повышение эффективности контейнерных перевозок грузов, а также создание современного автоматизированного транспортно-логистического комплекса со складскими площадями класса А, который позволит обеспечить высокое качество оказываемых услуг по конкурентоспособной цене, окупаемость и требуемую доходность финансовых вложений.

Оценка потенциала кластеризации Самарской области свидетельствует еще и о возможности реализации крупных инвестиционных проектов в рамках туристско-рекреационного кластера, формирования лесного кластера в северо-восточном субрегионе области, кластеров использования вторичных ресурсов, кластеров малого инновационного бизнеса и др.

А.Е. Суворов

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Егоров И.В. — Сценарное планирование как инструмент принятия инвестиционных решений на предприятии автомобилестроения 1
Кузнецов Е.С. — Прогнозирование размеров автомобильных парков в условиях стадийности процессов автомобилизации 5
АСМ-факты 7

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Гарипов М.Д. — Новая концепция организации бездетонационного сгорания низкооктановых топлив в ДВС с искровым зажиганием 8
Марков В.А., Девянин С.Н., Шустер А.Ю. — Работа транспортного дизеля на многокомпонентных топливах 12
Тарасик В.П., Горбатенко Н.Н., Егоров А.Н., Регина В.В. — Мехатронная система автоматического управления ГМП карьерного самосвала 16
Кравец В.Н., Мусарский Р.А., Мотренко А.В. — Алгоритм работы АБС для автомобиля ГАЗ-31105 19
Дьяков И.Ф. — Стабилизатор поперечной устойчивости АТС 20
Чупанов М.А. — Стабилизация центра масс АТС как способ повышения безопасности его движения. 23

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

Осипов А.Г. — Испытания тормозных систем АТС можно сделать более достоверными 25
Евсеев П.П. — О тарифе на автотранспортные услуги 28

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Петренко К.П. — Структурно-аналитическая модель формирования состояния поверхностного слоя на стадиях механической обработки 29
Макушин А.А., Зубков Е.В., Новиков А.А. — Проектирование технологий испытаний ДВС. 31
Абрамов М.И. — Расчетно-экспериментальный метод исследования нагруженности несущих систем АТС 34

ИНФОРМАЦИЯ

«Самарская инициатива: кластерная политика — основа инновационного развития национальной экономики» 38
Суворов А.Е. — Кластерные зоны Самарской области 38

Главный редактор Н. А. ПУГИН
Заместитель главного редактора В. Н. ФИЛИМОНОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. В. Балабин, С. В. Бахмутов, О. И. Гируцкий, В. И. Гладков, М. А. Григорьев, Ю. К. Есеновский-Лашков, А. С. Ковригин, Р. В. Козырев (ответственный секретарь), С. М. Круглов, Ю. А. Купеев, Г. И. Мамити, В. А. Марков, А.В. Николаенко, Э. Н. Никульников, В. И. Пашков, Н. Т. Сорокин, А. И. Титков

Белорусский региональный редакционный совет:
М. С. Высоцкий (председатель), В. Б. Альгин (зам. председателя), А. Н. Егоров, Ан. М. Захарик, Г. М. Кухаренок, П. Л. Мариев, Ю. И. Николаев, И. С. Сазонов, С. В. Харитончик

Корректор В.Г. Быстров
Сдано в набор 01.02.2010. Подписано в печать 17.03.2010.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 7,09. Зак. 280.
Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»
142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15

ООО «Издательство Машиностроение»
Адрес издательства и редакции:
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Телефон (499) 269-54-98, (915) 412-52-56
E-mail: avtoprom@mashin.ru, avtoprom@aport.ru
www.mashin.ru www.avtomash.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство ПН № 77-7184
Цена свободная.
Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.
Перепечатка материалов из журнала «Автомобильная промышленность» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.