

Автомобиль «Лада» – рекордсмен мира по топливной экономичности

В.В. Московкин, профессор МГУПИ, д.т.н.,

М.Н. Гуров, научный сотрудник Научно-исследовательского института автомобильного транспорта,

А.С. Шкель, преподаватель МГУПИ, к.т.н.

Изложена методика применения компьютерной программы MBK для создания на базе автомобилей ВАЗ рекордсмена мира по топливной экономичности.

Ключевые слова: топливный баланс автомобиля, тепловые потери, программный пакет MBK, автомобиль.

Автотранспортные средства (АТС) являются основными потребителями жидкого топлива в стране, поэтому выбор их оптимальных параметров, которые позволят снизить стоимость автоперевозок, сберечь энергоресурсы и улучшить экологическую обстановку, является актуальной задачей. Для ее решения на практике используются два вида исследований – экспериментальные и расчетные.

Стоимость испытаний на топливную экономичность достаточно высока. Так, по данным журнала *Ingeneurs de L'automobile*, 1 км пробега 38-тонного автопоезда оценивается в 30-40 евро. Причем в балансе общих затрат испытания составляют существенную долю. Это во многом связано с наличием случайных факторов, искажающих результаты экспериментов: нестабильностью погодных и дорожных условий, неодинаковым износом и степенью приработки механизмов, различием в их регулировках, неодинаковым физическим и психическим состоянием водителей, манерой их управления автомобилем и т.п.

Для снижения отрицательно-го влияния случайных факторов

экспериментаторы идут на увеличение числа однотипных объектов и их пробега. Например, фирма Mercedes для оценки влияния мощности двигателя на топливную экономичность седельных автопоездов проводила испытания (совмещая их с коммерческими перевозками), в которых участвовало несколько десятков объектов. Пробег каждого из них превосходил 100 тыс. км.

Из-за случайных факторов экспериментальным путем сложно определить даже качественное влияние на расход топлива автомобиля многих мероприятий: установки аэродинамических устройств на городских фургонах, применения магниевых дисков колес вместо стальных, использования новых моторных и трансмиссионных масел и т.п.

При расчетных исследованиях полностью отсутствуют случайные факторы, поэтому, если используемые нами теории корректны, мы доверяем расчетам, как правило, больше, чем экспериментам. Например, рассчитав площадь прямоугольной комнаты по известной формуле, маловероятно, что кто-то из нас попытается проверить полученный результат путем заполнения

пола комнаты эталонными квадратиками. Наше мнение не изменится даже в случае, если эксперименты ни количественно, ни качественно не совпадают с теорией. Так, собиравшись в дальний рейс на автопоезде, мы взяли с собой 10 кг продуктов. В результате мы точно знаем, что его масса увеличится на те же 10 кг. Однако при эксперименте (из-за погрешности автомобильных весов) она, например, может уменьшиться на 30 или увеличиться на 50 кг.

Следует отметить, что мы не оригинальны в своих убеждениях, поскольку к аналогичным выводам еще раньше нас пришли другие ученые. Так, известный физик Альберт Эйнштейн говорил, что «если верной теории противоречат факты, то тем хуже для фактов».

К нашим выводам присоединяются многие зарубежные фирмы. Они разрабатывают компьютерные программы для выполнения расчетных исследований, которые позволяют снизить сроки и стоимость работ, направленных на оптимизацию параметров АТС. Среди них: DAF, Renault, Scania, AVL (австрийская фирма, специализирующаяся на разработке компьютерных программ) и др.

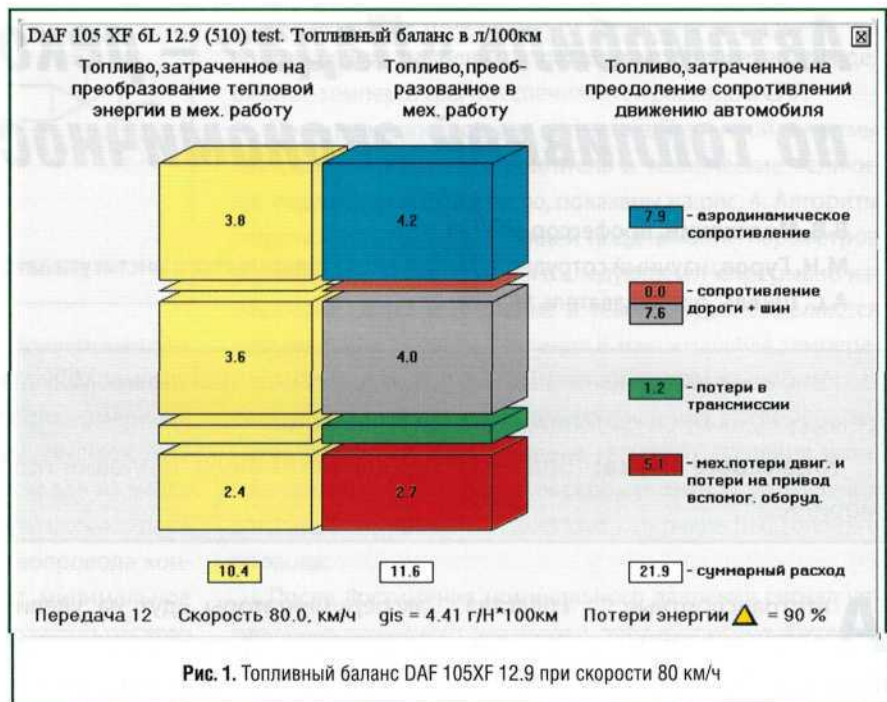
В настоящее время в России сложилась весьма странная ситуация. Разработанные учеными теории никто не отвергает и не критикует, однако результатам расчетов расхода топлива практически никто не верит. Это, по-видимому, произошло из-за того, что со временем факты, опровергающие расчеты ученых, оказали более сильное влияние на умы людей, чем авторитет этих ученых. В результате методики, созданные нашими учеными для расчетов топливной экономичности АТС, полностью дискредитированы.

Мы возродили расчетные исследования. Для этого создали компьютерную программу MBK [1], в основе которой лежит топливный баланс автомобиля, разработанный на новой теоретической основе [2, 3].

В компьютерной программе MBK топливный баланс автомобиля (рис. 1) вычисляется во всех режимах его движения. Это дает возможность пользователю MBK иметь четкое физическое представление о работе каждого агрегата исследуемого АТС и оценивать степень его совершенства по сравнению с агрегатами аналогов.

В MBK пополнение банка данных новыми агрегатами с полным комплектом их характеристик осуществляется с помощью встроенного в программу «Инженерного метода» [1] или на основе результатов лабораторных и дорожных испытаний, полученных из открытых информационных источников. Система контроля позволяет наглядно оценить, насколько корректны полученные таким образом характеристики.

В результате пользователь MBK располагает научными материалами, полученными на основе работ, выполненных большинством производителей АТС всего мира за



два последних десятилетия. Можно увидеть достижения и ошибки многих из них, в том числе лидеров мирового автостроения. Он имеет возможность воспользоваться данными также с помощью имеющейся системы анализа и синтеза. Таким образом, у пользователя формируется мнение относительно эффективности того или иного мероприятия. Это мнение может трансформироваться в уверенность, когда для его подтверждения имеется большое количество необходимых данных (многопараметровые характеристики 2500 двигателей, аэродинамические параметры более 1000 автомобилей и др.). Использование этих данных позволяет обнаружить отклонения от установленных закономерностей и отсеять ошибки. В итоге количество переходит в качество.

В MBK созданы условия, чтобы с минимальными затратами времени выполнять работы, на реализацию которых традиционными методами потребовалось бы ни одно десятилетие. Например, установить

влияние на тепловые потери двигателя определенных типа (дизель, бензиновый, роторный, газотурбинный и т.п.) и конструктивных параметров (рабочий объем двигателя, диаметр его цилиндра и ход поршня, степень сжатия, система подачи воздуха – турбонаддув, механическая, комбинированная).

Таким образом, пользователь MBK на основе имеющихся в его распоряжении данных, выполненных многими производителями АТС мира, может на высоком научном уровне решать свои насущные задачи.

В MBK также имеется функция, позволяющая выполнять поэлементный анализ и синтез составляющих топливного баланса автомобиля. Наглядное представление о полезности и необходимости такой функции покажем на конкретном примере.

Около 30 лет назад на расширенной коллегии Минавтопрома министр В.Н. Поляков на основе полученной информации о том, что наши автопоезда существенно

уступают по топливной экономичности зарубежным аналогам, поставил следующий вопрос. Кто в этом виноват – конструкторы МАЗа, которые неправильно сконструировали автопоезд, или работники ЯМЗа, которые поставили для него плохие агрегаты.

К решению данного вопроса подключились представители автозаводов, ряда научных организаций и наша группа. На основе новой разработанной методики мы провели испытания автопоезда МАЗ-6422 и его аналогов Mercedes 2238S, Volvo F 1227 и Scania R142H. В результате установлено, что наименьший расход топлива был у автопоезда Mercedes. При этом каждый из автопоездов имел характеристики, по которым он был лучше других: МАЗ – по аэродинамическому сопротивлению, двигатель Mercedes – по наименьшим тепловым потерям, Scania – по потерям в трансмиссии, Volvo – по механическому сопротивлению в двигателе и сопротивлению качению шин. Автопоезд, обладающий всеми этими характеристиками, имел бы расход топлива на 25 % меньше, чем Mercedes.

Принципы, заложенные в данной методике, мы стали использовать в компьютерной программе MBK. При этом учли, что топливная экономичность автомобиля не может рассматриваться без его динамических и скоростных свойств, а также тот факт, что в банке данных около 6000 автомобилей.

Была создана специальная функция, которая позволяет определить степень совершенства АТС, имеющихся в банке данных, не только по их свойствам (максимальная скорость, время разгона, расход топлива и т.п.), но и по некоторым параметрам, формирующим эти

свойства. Аналогичные действия можно провести для отдельно взятого агрегата.

Методику использования данной функции покажем на конкретном примере.

В ходе выполнения данной работы откажемся от проведения глубоких расчетных исследований, в связи с этим при решении возникающих вопросов будем использовать только готовые материалы из банка данных MBK, логику и факты. Попробуем на базе семейства автомобилей «Лада» синтезировать объект, который по топливной экономичности и скоростным свойствам превосходил бы самый экономичный серийный автомобиль 2013 г. Kia Rio.

Чтобы найти подходящий кузов, мы рассортировали в разделе «агрегаты» (аэродинамическое сопротивление) все имеющиеся там АТС по фактору обтекаемости. Он определяет аэродинамическое сопротивление АТС с учетом его формы и размеров. На основе этих данных выбрали кузов «Лада 2110», который является лучшим по аэродинамическому сопротивлению среди автомобилей «Лада», поскольку занял неплохое 110-е место из 1257 АТС [1]. Его соперник Kia Rio только на 581-м месте [1].

Шины выбирали с помощью «Инженерного метода». Согласно заложенным в нем зависимостям сопротивление качению шин при прочих равных условиях снижается, если увеличивать диаметр шины и ее ширину, уменьшать высоту профиля и т.п. Используя эти закономерности, мы выбрали из банка данных (в разделе «агрегаты») шину 205/45 R 15, которая по внешним габаритам и допустимой грузоподъемности пригодна для установки на автомобиль «Лада 2110».

Ведущий мост и главную передачу автомобиля «Лада 2110» оставили без изменений.

При выборе двигателя мы решили сначала оценить, насколько совершенны двигатели, установленные на наших объектах в их исходных комплектациях. Совершенство двигателя в MBK оценивается по величине его механических и тепловых потерь в топливном балансе автомобиля при различных режимах движения. В данном случае выбрали самый простой – движение с постоянной скоростью 90 км/ч на горизонтальной дороге – и рассортировали автомобили по упомянутым параметрам. В результате этого оказалось, что автомобиль Kia Rio по тепловым потерям в двигателе находится на 229-м месте [1], а по механическим – на 49-м [1]. У автомобиля «Лада 2110» более скромные показатели. Он по тепловым потерям двигателя занимает 4737-е место [1], по механическим – 972-е [1]. Эти данные свидетельствуют о том, например, что в данном режиме 228 автомобилей в MBK имеют меньшие тепловые потери в двигателе, чем рекордсмен 2013 г. Kia Rio [1].

Мы не стали анализировать параметры этих объектов, а просто сузили сферу поиска подходящего двигателя и упростили подход к поиску. Рассортировали в рассматриваемом режиме движения только легковые автомобили с дизельными двигателями. В полученном перечне для выбора двигателя использовали автомобили, занявшие по расходу топлива первые 25 мест [1]. Их двигатели имели рабочие объемы 0,8...2,0 л, при этом мощность их составляла 30,2...119,9 кВт.

Наша задача заключалась в том, чтобы создать автомобиль, который был бы лучше не только по

ное на
ивлений
эблия

мическое
вние

ление
ин

ин

и двиг. и
привод
боруд.

й расход

90 %

гери дви-
а (дизель,
газотур-
руктивных
ем двига-
дра и ход
, система
ддув, ме-
чная).
зователь
кся в его
ыполнен-
лями АТС
научном
щные за-
функция,
юэлемен-
звляющих
омобиля.
о полез-
кой фун-
ном при-
а расши-
втопрома
а основе
о том,
ественно

топливной экономичности, но и по тягово-скоростным свойствам, поэтому двигатели с меньшей мощностью, чем у Kia Rio (55,2 кВт), исключили из рассмотрения. В результате, для анализа, оставили три двигателя. Один установлен на автомобиле VW Polo (55,2 кВт). Этот двигатель в рассматриваемом режиме по расходу топлива занял 6-е место, опередив рекордсмена Kia Rio (10-е место) на 4 позиции [1]. Еще один выбранный нами двигатель, установленный на автомобиле Opel Corsa (69,9 кВт), находится на 9-м месте [1].

Двигатель VW Polo среди рассматриваемых имеет самую маленькую величину механических потерь (6-е место) [1]. Однако существенно уступает по тепловым потерям (245-е место среди легковых автомобилей с дизелем [1]). Это отрицательно влияет на топливную экономичность при движении автомобиля с повышенными нагрузками на двигатель (при разгонах, на подъемах и т.п.). Данное обстоятельство дало основание исключить этот двигатель из дальнейшего рассмотрения.

Двигатель Opel Corsa имеет меньшие тепловые потери (2-е место), чем Kia Rio (4-е место), однако проигрывает ему по механическим потерям – 27-е место по данному показателю против 9-го у Kia Rio [1].

Окончательный выбор в пользу двигателя Opel Corsa мы сделали, учитывая величину его тепловых потерь и тот факт, что у него величина максимального крутящего момента больше, чем у двигателя Kia Rio. Это позволяет при установке двигателя Opel Corsa на синтезированный автомобиль снизить механические потери в топливном балансе, например, за счет уменьшения передаточного числа ведущего моста, сохраняя по тяговым свойствам тот же уровень, что и с двигателем Kia Rio.

Коробку передач (КП) с шестью ступенями, как и у Kia Rio, выбирали с учетом уже имеющегося двигателя, принимая во внимание параметры, влияющие на кинематику (передаточное число ведущего моста и радиус качения шин), исходя из следующих соображений.

Нам известно, что при испытаниях на топливную экономичность в циклах EU Kia Rio трогается со второй передачи. При этом инженеры из Кореи выполнили расчеты, учитывая взаимосвязи передаточных чисел коробки на этой передаче и сцепления, а также тепловые нагрузки в пределах допустимых.

В связи с этим при выборе коробки передач мы поставили для себя условие: на второй передаче в КП при 1000 оборотах двигателя

кинематическая скорость синтезированного автомобиля должна быть такая же, как у Kia Rio. Этому условию удовлетворяла шестиступенчатая коробка передач Peugeot. В МКБ 27 автомобилей имеют эту коробку передач, наш автомобиль Lada (MVC) стал 28-м [1].

На основе анализа масс ряда легковых автомобилей мы установили, что дизельный двигатель с шестиступенчатой коробкой передач и системой Stop-Start дает прибавку к снаряженной массе примерно 50 кг. На это количество мы увеличили массу автомобиля «Лада 2110».

Сопоставление результатов Kia Rio и Lada (MVC) 2013 дано в таблице [1, 4].

Итак, с помощью МКБ, не проводя специальных расчетных исследований, например, по оптимизации передаточных чисел трансмиссии, мы из готовых агрегатов скомпоновали автомобиль Lada (MVC), который по скоростным свойствам и топливной экономичности на 10...23 % лучше рекордсмена мира Kia Rio.

Литература

1. **Московкин В.В., Парыгин С.П., Вохминов Д.Е.** МКБ Программный пакет для комплексных исследований автомобиля // Журнал ААИ. – 2004. – № 1.
2. **Гуров М.Н., Московкин В.В.** Формула топливного баланса // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 3 (27). – С. 58-61.
3. **Московкин В.В., Гуров М.Н., Шкель А.С.** Абсолютная шкала тепловых потерь двигателя // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 5 (29). – С. 41-42.
4. **Catalog Automobil revue 2013.** Bern. – 2013. – 594 P.

Сопоставление результатов испытаний

Параметры	Kia Rio	Lada (MVC)	Разница, %
Максимальная скорость, км/ч	162	187	15
Время разгона до 100 км/ч, с	15,2	10,5	14
Расход топлива при скоростях, л/100 км			
90 км/ч	3,3	2,7	18
120 км/ч	5,3	4,1	23
Расход топлива в циклах EU, л/100 км			
городской	3,5	3,1	11
скоростной	3,0	2,7	10
смешанный	3,2	2,8	12