

УДК 629.331

**ПОСТРОЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
УСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ
БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО МОЩНОСТНОГО
БАЛАНСА**

**BUILDING OF STEADY-STATE MOVING MODE FUEL
CHARACTERISTIC OF AUTOMOBILE WITHOUT USING
OF ITS POWER BALANCE**

Галямов П. М., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
P. Haliamau, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,
Belarusian national technical University,
Minsk, Belarus

В статье показана возможность построения топливной характеристики установившегося движения автомобиля на основе использования только силовых параметров процесса его движения, получаемых из его тяговой характеристики. Это позволяет получить топливную характеристику установившегося движения автомобиля без расчета его мощностного баланса, позволяя, тем не менее, при этом учесть в расчетах изменение удельного расхода топлива двигателем в зависимости от степени использования его мощности в процессе движения автомобиля.

In this paper is shown a possibility of building of steady state movement fuel consumption characteristic of automobile that is based on using only force parameters of process of its movement obtained from its traction characteristic. This allows to obtain vehicle steady state movement fuel consumption characteristics without its power balance calculation, allowing, by the way, to make account of changing of fuel consumption by its engine depending on part of power engine using during of automobile moving.

Ключевые слова: автомобиль, топливо, расход топлива, топливная экономичность, топливная характеристика установившегося движения автомобиля.

Keywords: automobile, fuel, fuel consumption, fuel efficiency, fuel consumption steady state movement vehicle characteristic.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование топливно-экономических свойств будущего автомобиля является одним из важных этапов его проектирования, поскольку оно позволяет оценить путевой расход топлива, который, в свою очередь, определяет такие оценочные показатели конкурентоспособности автомобиля как размер финансовых затрат на закупку топлива для автомобилей гражданского назначения и величину запаса хода для автомобилей военного назначения. Топливо-экономические свойства автомобиля весьма наглядно отображает топливная характеристика установившегося движения (ТХУД), представляющая собой график, на котором по оси абсцисс отложена скорость движения автомобиля на высшей передаче в трансмиссии, а по оси ординат – величина путевого расхода топлива в л/100 км [1]. Построение ТХУД автомобиля является заключительным этапом курсовой работы по учебной дисциплине «Теория автомобиля» и соответствующего раздела дипломного проекта у студентов, обучающихся на кафедре «Автомобили» БНТУ по специальности «Автомобилестроение», поскольку предыдущими этапами указанных учебных работ являются построение силового и мощностного балансов проектируемого автомобиля, причем силовой баланс автомобиля используется для анализа его тягово-скоростных свойств, а результаты расчета мощностного баланса служат исходными данными для построения ТХУД. Перевод студентов первой ступени получения высшего образования специальности «Автомобилестроение» с пятилетнего на четырехлетний срок обучения требует пропорционального сокращения количества часов на изучение всех дисциплин в учебных планах и программах, что делает актуальной задачу сохранения возможности обучения студентов построению ТХУД автомобиля в условиях исключения части учебного материала из курса «Теория автомобиля». В статье показана возможность решения данной задачи путем обоснования возможности построения ТХУД автомобиля на основе только его тяговой характеристики, что не требует использования в расчетах каких-либо мощностных параметров и тем самым позволит полностью исключить изучение мощностного баланса автомобиля из кур-

са «Теория автомобиля», одновременно упростив построение ТХУД автомобиля студентами в курсовом и дипломном проектировании.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ТХУД

Преподаваемая в настоящее время на кафедре «Автомобили» БНТУ методика построения ТХУД изложена в работе [1]. Она базируется на уравнении расхода топлива автомобилем, которое связывает удельный расход топлива его двигателем g_e , сумму мощности P_ψ , которую затрачивает автомобиль на преодоление сил дорожного сопротивления и мощности P_B , которую затрачивает автомобиль на преодоление силы сопротивления воздуха, а также скорость автомобиля V и плотность топлива ρ_T . Уравнение, связывающее вышеуказанные параметры, впервые было опубликовано Г. В. Зимелевым в работе [2], откуда затем переключалось в подавляющее большинство современных учебников и учебных пособий по теории автомобиля [1,3], в которых оно в последующем было дополнено учетом изменения удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя I и степени использования его частоты вращения E , а также переводом размерностей части величин в систему СИ. Следует отметить, что полный перевод в систему СИ размерностей всех величин, входящих в уравнение расхода топлива, невозможен, поскольку путевой расход топлива Q_s принято выражать во внесистемных единицах л/100 км, а производители двигателей данные об их удельном расходе топлива двигателем g_e дают в г/(кВт·ч), что также является внесистемной единицей.

С учетом вышесказанного в работе [1] предлагается следующее выражение (1) для расчета путевого расхода топлива автомобилем:

$$Q_s = 100 \cdot \frac{g_{eP} \cdot k_I(I) \cdot k_E(E) \cdot (P_\psi + P_B)}{\eta_{TP} \cdot \rho_T \cdot V}. \quad (1)$$

Выражение (1) удобно для использования в тех случаях, когда из мощностного баланса автомобиля расчетным путем найдены мощности, необходимые для преодоления сил сопротивления дороги и воздуха. Однако оно обладает следующими недостатками:

– перед расчетом ТХУД необходимо полностью рассчитать мощностной баланс автомобиля, причем сделать это нужно не только потому, что мощности, затрачиваемые на преодоление сил сопротивления дороги и воздуха непосредственно входят в числитель выражения (1), но и потому, что входящий в него коэффициент использования двигателя по мощности $k_{и}$ зависит от степени использования мощности двигателя И, нахождение которой согласно существующей методике построения ТХУД невозможно без нахождения отношения суммы мощностей, затрачиваемых на преодоление сил сопротивления дороги и воздуха, к мощности, подводимой от двигателя к ведущим колесам;

– в числитель (1) нужно подставлять значения мощностей в кВт, вычисленные по значениям скорости автомобиля в м/с, в то время как в знаменатель этого же выражения скорость автомобиля должна подставляться в км/ч;

– переменные величины, зависящие от условий движения автомобиля, входят как в числитель, так и в знаменатель (1), что затрудняет его аналитическое исследование на наличие экстремума;

– деление на переменную величину увеличивает время счета на компьютере, что приводит к значительному росту машинного времени при численном решении оптимизационных задач.

Все это свидетельствует о необходимости поиска более простой и удобной методики построения ТХУД, не требующей привлечения мощностного баланса автомобиля для ее расчета.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ТХУД БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЩНОСТНОГО БАЛАНСА АВТОМОБИЛЯ

В выражении (1) можно заметить, что отношения мощностей затрачиваемых на преодоление сил сопротивления движению автомобиля к его скорости есть сами силы сопротивления движению автомобиля, и тогда преобразуем (1) к виду (2):

$$Q_s = \frac{g_{eP} \cdot k_{и}(И) \cdot k_E(E) \cdot (F_{\psi} + F_B)}{36 \cdot \eta_{TP} \cdot \rho_T}, \quad (2)$$

где F_{ψ} и F_B – соответственно силы сопротивления дороги и воздуха. Значения путевого расхода топлива Q_s , вычисленные по выражению

(2), будут иметь размерность в л/100 км, если в него подставлять значения удельного расхода топлива двигателем g_e , выраженные, как это принято в двигателестроении, в г/(кВт·ч), а все остальные величины подставлять с размерностями в системе СИ.

Подобная форма записи выражения для путевого расхода топлива была получена Б. С. Фалькевичем в работе [4], в которой оно было записано в системе СГС, однако почему-то даже в самых современных учебниках по теории автомобиля [3] такая форма записи выражения для путевого расхода топлива распространения не получила. Причиной ее малой распространенности по мнению автора данной статьи является необходимость учета степени использования мощности двигателя N , нахождение которой по ее определению опять-таки требует расчета мощностного баланса автомобиля. Однако это не так, и степень использования мощности двигателя N при равномерном движении автомобиля может быть легко найдена из графика его тяговой характеристики как отношение суммы сил дорожного сопротивления и сопротивления воздуха к касательной силе тяги на ведущих колесах, что не требует расчета мощностного баланса автомобиля.

По сравнению с выражением (1) выражение (2) обладает следующими преимуществами:

- в выражение (2) входит меньше величин, чем в выражение (1), что делает расчет более простым;

- при расчете по выражению (2) среди исходных данных только одна из величин должна иметь размерность, не соответствующую системе СИ, а при расчете по (1) – две;

- для использования выражения (2) должна быть предварительно построена только тяговая характеристика, в то время как использование выражения (1) требует построения мощностного баланса автомобиля, что позволит исключить мощностной баланс автомобиля из курсовых и дипломных проектов студентов автомобилестроительных специальностей, а также из учебных программ дисциплины «Теория автомобиля»;

- в выражение (2) в числитель входит сумма всех сил, на преодоление которых затрачивается касательная сила тяги, создаваемая двигателем на ведущих колесах автомобиля. При учете сил сопротивления дороги и воздуха при установившемся равномерном движении автомобиля оно позволяет рассчитать расход топлива при

его установившемся движении, а при необходимости расчета расхода топлива на других режимах (равноускоренное движение, движение на подъем, движение с прицепом) в числитель выражения (2) следует дополнительно ввести силы инерции, сопротивления подъему и сопротивления движению прицепа соответственно. При использовании выражения (1) эти дополнительные факторы учесть затруднительно;

– в знаменатель выражения (2) входят параметры, постоянные для одного и того же автомобиля, что позволяет аналитически находить его экстремум проще, чем экстремум выражения (1);

– благодаря вышеупомянутому постоянству знаменателя при решении оптимизационных задач на компьютере достаточно минимизировать только числитель выражения (2), не содержащий ресурсоемких операций деления вещественных чисел, и затем после завершения цикла оптимизации один раз умножить минимизированный числитель на число, обратное знаменателю, что даст колоссальную экономию машинного времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе обоснована возможность и дана методика построения ТХУД автомобиля без использования его мощностного баланса, основанная на использовании только его тяговой характеристики. Внедрение рассмотренной методики в учебную и расчетную практику взамен традиционной позволит упростить процесс ручного расчета ТХУД и ускорить компьютерное решение задач проектирования автомобиля, связанных с оптимизацией расхода топлива, а также отказаться от изучения мощностного баланса автомобиля при изучении его теории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руктешель, О. С. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля: учеб. пособие / О. С. Руктешель. – Минск: БНТУ, 2015. – 80 с.
2. Зимелев, Г. В. Теория автомобиля. / Г. В. Зимелев. – М.: Машгиз, 1959. – 314 с.
3. Тарасик, В. П. Теория движения автомобиля / В. П. Тарасик. – 2-е издание. – СПб. : БХВ, 2022. – 576 с.

4. Фалькевич, Б. С. Теория, конструирование и расчет автомобиля. / Б. С. Фалькевич. – М.: Машгиз, 1963. – 239 с.

Представлено 23.05.2022

УДК 629.33.02

**АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ
В ТРАНСМИССИИ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ
СИНХРОНИЗАЦИЕЙ И МОТОРНЫМ ТОРМОЗОМ**

**ALGORITHMIZATION OF GEAR SHIFTING
IN THE TRANSMISSION OF A CAR WITH CENTRAL
SYNCHRONIZATION AND A MOTOR BRAKE**

О. С. Руктешель, д-р техн. наук, проф.,

В. А. Кусяк, канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

O. Rukteshel, Doctor of technical Sciences, Professor,

V. Kusjak, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Belarusian National Technical University,

Minsk, Belarus

В статье описана структура алгоритмов переключения передач. Раскрыт смысл центральной синхронизации и указана последовательность операций, приводящих к её реализации.

Использование центральной синхронизации позволяет снизить вес, стоимость и размеры механической ступенчатой коробки передач. Доказывается, что неотъемлемым условием работы коробки передач с центральной синхронизацией при переключении на смежную высшую ступень является использование моторного тормоза.

The article describes the structure of gearshift algorithms. The meaning of central synchronization is revealed and the sequence of operations leading to its implementation is indicated.

The use of central synchronization allows you to reduce the weight, cost and size of a manual step gearbox. It is proved that an essential