

Сопоставление удельных энергии изнашивания образцов шлифовальных кругов, полученных при экспресс-анализе и реальном процессе шлифования, указывает на наличие между ними линейной зависимости с коэффициентом корреляции $\sim 0,84$.

Заключение. На основе проведенных исследований разработан метод экспресс-контроля важнейшей характеристик шлифовального круга износостойкости. Установлено, что между износом шлифовального круга в реальном процессе обработки и износом образца, определяемым экспресс-методом наблюдается прямая линейная зависимость. Определение энергетических показателей процесса изнашивания экспресс-методом может быть полезно при проектировании новых инструментов для заданных условий их эксплуатации, в частности, при необходимости снижения энергозатрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов, Н.И. Исследование износа абразива при микрорезании / Н.И. Богомолов, Г.И. Саютин, И.В. Харченко // Физико-химическая механика материалов. – Т. 6. – № 2. – 1970.
2. Богомолов, Н.И. Исследование износа абразивных материалов в условиях больших контактных давлений / Н.И. Богомолов, И.В. Харченко, Г.И. Саютин // Физико-химическая механика материалов. – Т. 6. – № 2. – 1970.
3. Бокучава, Г.В. Трибология процесса шлифования / Г.В. Бокучава. – Тбилиси : Сабчота Сакартвело, 1984. – 238 с.
4. Королев, А.В. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки. Ч. 1: Состояние рабочей поверхности инструмента / А.В. Королев, Ю.К. Новоселов. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1987. – 160 с.
5. Корчик, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчик. – М. : Машиностроение, 1974. – 280 с.
6. Пушкарев, О.И. Микромеханические и эксплуатационные характеристики зерен абразива при шлифовании / О.И. Пушкарев, В.М. Шумячер // Технология машиностроения. – 2006. – № 12. – С. 29–32.
7. Шумячер, В.М. Исследование механизма износа абразивного материала в процессе микрорезания / В.М. Шумячер [и др.] // Вестник СГТУ. – 2006. – Т. 1. – № 2. – С. 56–59.

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., к.т.н., доцент,
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь
Haliamau P.M., candidate of technical Sciences, docent,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Аннотация. 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 получать 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.

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

Abstract. 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.

Key words: 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» Белорусский национальный технический университет 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 курса «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» Белорусский национальный технический университет 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 пара-

метры, впервые было опубликовано Г.В. Зимелевым в работе [2], откуда затем перекочевало 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 И 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:

$$Q_s = 100 \frac{g_{eP} k_{и} (И) k_E (E) (P_{\Psi} + P_B)}{\eta_{TP} \rho_T V}. \quad (1)$$

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):

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

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 I , нахождение которой по ее определению опять-таки требует расчета мощностного баланса автомобиля. Однако это не так, и степень использования мощности двигателя I 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: учебно-методическое пособие / О.С. Руктешель. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 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 изд. – СПб.: БХВ, 2022. – 576 с.
4. Фалькевич, Б.С. Теория, конструирование и расчет автомобиля / Б.С. Фалькевич. – М.: Машгиз, 1963. – 239 с.

УДК 624.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА FEMAP NX NASTRAN ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ШАРНИРНО-СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМ USING THE FEMAP NX NASTRAN SOFTWARE PACKAGE TO OPTIMIZE THE HINGE-ROD SYSTEM

Бынькова А.Ю., аспирант, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, Минск, sm@bntu.by
Bynkova A.Y., Belarusian National Technical University, Minsk, sm@bntu.by

Аннотация. На сегодняшний день оптимальное проектирование конструкций в строительной механике является одной из наиболее актуальных задач. Основой оптимизации конструкций является выбор наилучших значений переменных проектирования удовлетворяющих заданным ограничениям по прочности, устойчивости, перемещениям узлов конструкций и т. д. Для реализации этого используются различные методы и программы. В данной работе будет использоваться метод на основе коэффициентов чувствительности для переменных проектирования и программный комплекс Femap NX Nastran.

Ключевые слова: переменные проектирования, коэффициенты чувствительности, оптимизация строительных конструкций

Abstract. Today, the optimal design of structures in structural mechanics is one of the most urgent tasks. The basis for the structures optimization is the choice of the best values of design variables that satisfy the given constraints on strength, stability, movements of nodes structures, etc. Various methods and programs are used for it. In this work, the method based on sensitivity coefficients for design variables and the Femap NX Nastran software package will be used.

Key words: design variables, sensitivity factors, optimization of building structures.

Введение. Программный комплекс Femap NX Nastran дает возможность решения задач оптимизации посредством конечно-элементного анализа отклика конструкции на изменение параметров рассчитываемой модели. Исследователь задает целевую функцию, выбирает параметр изменения и описывает требуемые ограничения. Решение задач оптимизации довольно часто построены на нахождении коэффициентов чувствительности, которые задают необходимые ограничения, к изменению переменных проектирования. Это позволяет сформировать поиск оптимального решения исследуемой системы.