

Оценка времени разгона автомобилей до заданной скорости

С.П. Пожидаев, к.т.н., НУБИП Украины

Динамические свойства автомобилей играют решающую роль при их разгонах после трогания с места и при обгонах. Основная характеристика динамических свойств – время разгона автомобиля до некоторой заданной скорости движения, которое определяется экспериментальным путём. Точное и оперативное определение данного показателя теоретическим путём невозможно по ряду объективных обстоятельств. Например, в основе упомянутого определения должны лежать внешние скоростные характеристики двигателя, полученные в неустановившихся режимах его работы, но на сегодняшний день для подавляющего большинства двигателей они отсутствуют. Кроме того, для расчётов нужен и ряд других показателей, значения которых можно получить только экспериментальным путём.

Специалисты Камского автомобильного завода методами теории размерностей построили приближённую математическую модель для определения времени разгона грузовых автомобилей «КамАЗ» и Scania до некоторой произвольно заданной скорости движения [1, 2]. Полученная ими модель позволяет определять время разгона автомобиля с погрешностью не более 6%, но она не совсем проста и требует значительного количества исходных данных (9 величин), треть из которых нужно получать в результате предварительных вычислений.

Цель исследования – построить предельно простую приближённую математическую модель для оценки времени разгона автомобиля до заданной скорости движения.

Результаты исследования. Предполагаем, что на время разгона автомобиля до некоторой заданной скорости V существенно влияют лишь следующие факторы:

- полная масса автомобиля m ;
- номинальная мощность двигателя N ;
- заданная скорость движения V .

Нужную модель ищем в виде:

$$t = \tilde{N} \cdot f(m, N, V) = C \cdot m^a \cdot N^b \cdot V^d. \quad (1)$$

Формула размерности модели (1) имеет вид

$$\begin{aligned} T &= (M)^a (ML^2T^{-3})^b (LT^{-1})^d = \\ &= L^{(2b+d)} M^{(a+b)} T^{(-3b-d)}. \end{aligned}$$

Она имеет следующие показатели размерности:

- длины L : $0 = 2b + d$; (2)
- массы M : $0 = a + b$; (3)
- времени T : $1 = -3b - d$. (4)

Просуммировав уравнения (2) и (4), получаем $b = -1$, потом из уравнения (3) получаем $a = -b = 1$, а из уравнения (2) $d = -2b = 2$, что приводит модель (1) к виду:

$$t = C \cdot m^1 \cdot N^{-1} \cdot V^2 = C \cdot \frac{m}{N} \cdot V^2. \quad (5)$$

Для определения коэффициента \tilde{N} надо иметь числовые значения всех других величин, входящих в выражение (5). Воспользовавшись данными В.С. Карабцева и Д.Х. Валева [1], получаем ряд значений коэффициента \tilde{N} , среднее арифметическое которых равно 88,5 (табл.).

Таким образом, окончательно получаем, что время разгона автомобилей «КамАЗ», выраженное в секундах, может быть вычислено с помощью предельно простой модели:

$$t = 88,5 \cdot \frac{m \cdot V^2}{N} \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где значение массы автомобиля следует подставлять в тоннах, номинальной мощности двигателя в киловаттах, а скорости – в км/час.

Проверка полученной математической модели показывает, что погрешность результата не превышает 12,4%, а в среднем равна 5,7% (табл.), что вполне приемлемо для прогнозной оценки времени разгона. Это также свидетельствует о том, что, несмотря на огромное количество конструктивных параметров автомобиля, доминирующее влияние на его динамические свойства оказывают только два конструктивных параметра – масса и номинальная мощность двигателя (или, что то же, удельная мощность автомобиля N/m , кВт/т).

В частности, если необходимо определять время разгона автомобиля строго до 60 км/час, то величину V^2 можно объединить с коэффициентом \tilde{N} , вследствие чего уравнение (6) принимает вид

$$t = 318,5 \cdot \frac{m}{N}. \quad (7)$$

Определяя значение коэффициента \tilde{N} для любой другой более или менее однородной совокупности автомобилей, можно получить математическую модель времени их разгона. Например, можно показать, что с погрешностью, не превышающей 10%, время разгона современного легкового автомобиля класса B с кузовом типа седан от 0 до 100 км/ч может быть вычислено по модели:

$$t = 0,735 \frac{m}{N} \approx \frac{m}{N'}, \quad (8)$$

Исходные данные и результаты расчёта времени разгона некоторых автомобилей «КамАЗ»

Исходные данные [1]					Результаты расчётов		
модель автомобиля и его колёсная формула	вид транспортного средства (ТС)	полная масса ТС, т	мощность двигателя, кВт	время разгона до 60 км/час	значение коэффициента С	время разгона до 60 км/час	относительная погрешность, %
КамАЗ-5320, 6×4	автомобиль	15,3	154	30,5	$85,3 \cdot 10^{-3}$	31,6	+3,7
КамАЗ-5320, 6×4	автопоезд	26,3	154	62,1	$101 \cdot 10^{-3}$	54,4	-12,4
КамАЗ-53215, 6×4	автомобиль	19,3	176	33,6	$85,1 \cdot 10^{-3}$	34,9	+3,9
КамАЗ-53215, 6×4	автопоезд	33,3	176	63,9	$93,8 \cdot 10^{-3}$	60,3	-5,7
КамАЗ-54115, 6×4	автопоезд	34,2	176	64,8	$92,6 \cdot 10^{-3}$	61,9	-4,5
КамАЗ-55111, 6×4	самосвал	22,2	176	39,6	$87,2 \cdot 10^{-3}$	40,2	+1,5
КамАЗ-65115, 6×4	самосвал	25,2	191	38,4	$80,8 \cdot 10^{-3}$	42,0	+9,4
КамАЗ-6520, 6×4	самосвал	33,1	235	42,3	$83,4 \cdot 10^{-3}$	44,9	+6,1
КамАЗ-5460, 4×2	автопоезд	40,0	265	49,0	$90,2 \cdot 10^{-3}$	48,1	-1,9
КамАЗ-6460, 6×4	автопоезд	46,0	265	58,1	$93,0 \cdot 10^{-3}$	55,3	-4,8
КамАЗ-43114, 6×6	автопоезд	15,4	191	23,5	$81,0 \cdot 10^{-3}$	25,7	+9,3
Среднее значение модуля					$88,5 \cdot 10^{-3}$		5,7

где значение снаряжённой массы автомобиля m выражено в килограммах, номинальная мощность двигателя N – в киловаттах, а N' – в лошадиных силах.

Расчёты по моделям вида (7) или (8) проводят на основании паспортных данных транспортных средств. Но реальные автомобили в зависимости от их технического состояния могут иметь существенный разброс значений мощности, вследствие чего результаты расчётов по моделям (7) или (8) следует принимать как ориентировочные, прогнозные, которые применяются только при отсутствии экспериментальных данных.

Выводы. Установлено, что доминирующее влияние на динамические свойства автомо-

билей имеют лишь два их конструктивных параметра – масса и номинальная мощность двигателя. Благодаря этому для ориентировочной оценки времени разгона автомобиля до любой заданной скорости движения достаточно иметь информацию только о его массе, номинальной мощности двигателя и числом значении одного эмпирического коэффициента, определённого по экспериментальным данным для нескольких автомобилей, подобных исследуемому по назначению, размерам и техническому уровню.

Литература

1. Карабцев В.С., Валеев Д.Х. Расчётная оценка динамических характеристик грузовых АТС // Автомобильная промышленность. 2004. № 2. С. 7–9.
2. Хантли Г. Анализ размерностей. М.: Мир, 1970. 174 с.