

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Якимов Михаил Ростиславович

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный

исследовательский политехнический университет»

г. Пермь, Пермский край

Арепьева Анна Алексеевна

специалист по имитационному моделированию

транспортных потоков

ООО «Агентство дорожной информации «Радар»

г. Пермь, Пермский край

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК: МАССА И МОЩНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ КРУПНЫХ ГОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕРМИ

Аннотация: в данной статье определяется необходимость мониторинга технических характеристик транспортных средств. Описывается подход к формированию технических характеристик «определение базовых транспортных средств», в том числе: исходные данные, методы расчета функций ускорения и замедления. Приводится пример расчета технических характеристик базовых автомобилей на примере транспортного потока города Перми.

Ключевые слова: транспортные средства, технические характеристики, ускорение транспортного средства, замедление транспортного средства.

В настоящее время наблюдается постоянный рост и модификация парка транспортных средств (далее – ТС) в крупных городах [3, с. 7]. Рост парка ТС, в отличие от модификации парка, негативно влияет на дорожное движение. Для того, чтобы обеспечить бесперебойное движение участников дорожного движения, зачастую следует изменять организацию дорожного движения на том или

ином участке улично-дорожной сети и проводить имитационное моделирование движения транспортных потоков.

Однако, постоянная модификация парка ТС сказывается на технических характеристиках ТС, что, в свою очередь, сказывается на результатах моделирования. Поэтому необходимо производить периодическую актуализацию технических характеристик парка ТС, в том числе и динамических – ускорения и замедления.

Для того, чтобы облегчить процесс анализа динамических характеристик был изобретен подход «определение базовых ТС». Визуально подход представлен на рисунке 1 (рис. 1).



Рис. 1. Подход «определение базовых транспортных средств»

Подход включает в себя следующие этапы:

1) определение базовой структуры транспортного потока на УДС:

а) определение основных типов ТС, отношения количества ТС внутри каждого типа к общему числу ТС;

б) определение базовых автомобилей для типа ТС;

2) определение динамических характеристик базовых ТС.

Первым шагом следует проанализировать количество каждого типа ТС (легковые, грузовые ТС и ТС общего пользования), а также отношение данного количества к общему транспортному потоку.

Далее, согласно этапу 1 б, необходимо определить базовые автомобили для каждого типа ТС. Для определения базовых автомобилей следует использовать

информацию о парке ТС. Это, например, может быть база данных зарегистрированных ТС в городе.

Для г. Перми базовым легковым автомобилем является ВАЗ-2107, грузовым – КАМАЗ 55111, общего пользования – МАЗ 104С.

Получение технических характеристик для базовых автомобилей должно происходить по специальным методикам тягово-динамического расчета. Методические указания включают в себя следующую формулу для расчета ускорения:

$$j_a = (D - \psi) * \frac{g}{\delta}, \quad (1)$$

где: g – ускорение свободного падения, м/с, δ – коэффициент учета вращающихся масс. Коэффициент учета вращающихся масс зависит от передаточного числа k -той передачи; Ψ – суммарный коэффициент дорожных сопротивлений (зависит от уклона дороги и коэффициента сопротивления качению); D – динамический фактор. Значения его зависят от веса автомобиля, тяговой силы сил сопротивления [2, с. 25].

Тяговая сила, в свою очередь, зависит от передаточного числа передачи, радиуса колеса, крутящего момента двигателя и коэффициента полезного действия трансмиссии, которая зависит от типа и конструкции автомобиля.

Сила сопротивления воздуха очень мала, поэтому зачастую при тягово-динамическом расчете ею пренебрегают.

Так как значения тяговой силы и коэффициента учета вращающихся масс зависят, в том числе, от скорости автомобиля, то можно получить значения динамического фактора и ускорения для каждого значения скорости.

В связи с тем, что расчет ускорения должен проводиться отдельно для каждой передачи, график ускорения будет содержать в себе несколько функций. Для того, чтобы объединить максимально возможные ускорения автомобиля на разных передачах в единую кривую ускорения, необходимо выявить точки, в которых возможен переход на следующую передачу, и при помощи интерполяции добавить соответствующие значения (рис. 2).

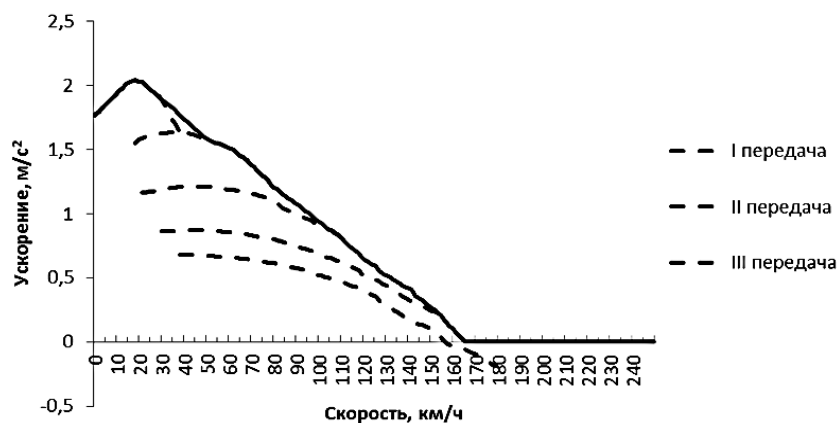


Рис. 2. График функции ускорения автомобиля ВАЗ-2107

Таким образом, рассчитав функции ускорения для базовых автомобилей всех типов ТС, можно получить функции ускорения, характеризующие весь транспортный поток.

Необходимо также рассчитать функции замедления.

Начать расчет нужно с понимания процесса торможения. Процесс можно определить при помощи графика (рис. 3).

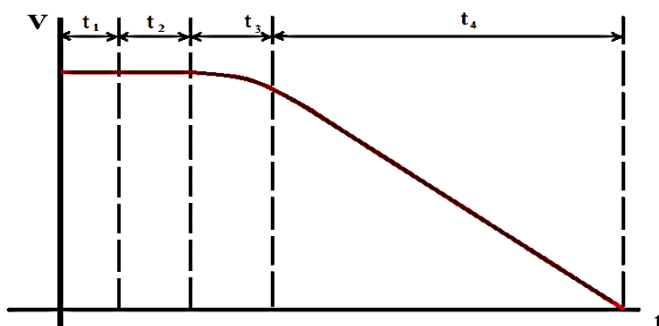


Рис. 3. Процесс замедления транспортного средства

где: t_1 — время реакции водителя (скорость при этом остается неизменной, так как замедление не применяется — водитель только реагирует на опасность), t_2 — время срабатывания привода (скорость также неизменна — замедление не начало действовать так как тормозная система не начала функционировать). Время срабатывания привода — от начала давления на педаль до срабатывания тормозной системы, t_3 — время нарастания торможения (начало изменения скорости. При этом скорость изменяется нелинейно), t_4 — непосредственно торможение (скорость

при этом линейно уменьшается до 0). На этом этапе принято говорить об «установившемся замедлении» [1, с. 27].

Определить торможение можно также следующим образом:

$$J = \frac{v_{\text{нач}} - v_{\text{кон}}}{0,5 * t_{\text{нач}} + t_{\text{тор}}}, \quad (2)$$

где: $v_{\text{нач}}$ начальная скорость (м/с), $v_{\text{кон}}$ конечная скорость (м/с), $t_{\text{нач}}$ – время начала замедления. Данный показатель характеризует время реакции водителя t_1 – и будет принят как 0,2; $t_{\text{тор}}$ – время непосредственного торможения. Время непосредственного торможения вычисляется по формуле:

$$t_{\text{тор}} = t_{\text{зам}} + \frac{(V_{\text{нач}} * K_э)}{(\varphi * g)}, \quad (3)$$

где: $t_{\text{зам}}$ – время срабатывания тормозной системы (соответствует явлению t_2 процесса торможения) изменяется в зависимости от типа тормозных систем, φ – коэффициент сцепления колес с дорогой, $K_э$ – коэффициент торможения, g – ускорение свободного падения.

По результатам расчетов замедления можно построить график замедления в зависимости от скорости для легковых ТС (рис. 4).

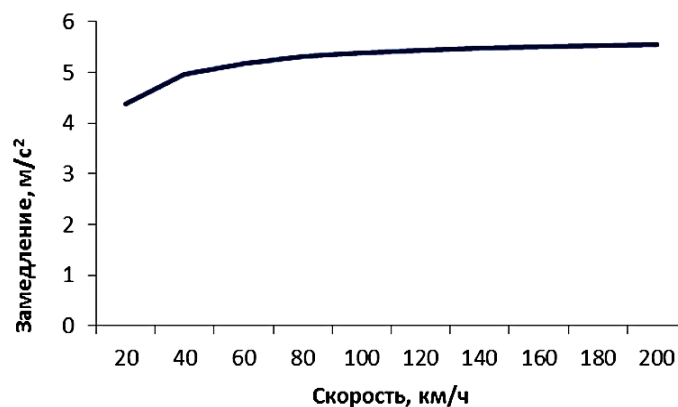


Рис. 4. График функции замедления легковых транспортных средств

Стоит отметить, что при расчете динамических характеристик всегда следует учитывать важнейшие характеристики дорог и проезжих частей, в частности, уклон дороги, состояние покрытия и т.п. Также, в процессе расчета, следует учитывать и время года, ведь, в зависимости от него может измениться коэффи-

циент сцепления колес с дорогой, что также влияет на динамические характеристики транспортного потока, и, соответственно, повлияет на приведенные выше графики ускорения и замедления.

Однако, при помощи подхода «определение базовых ТС» и методик расчета ускорения и замедления, можно в кратчайшие сроки получить актуальные графики соответствующих функций, характеризующие весь транспортный поток крупного города. Периодическая актуализация графиков функций в программных комплексах имитационного моделирования, в свою очередь, позволит корректно оценивать существующую и прогнозные ситуации.

Список литературы

1. Нарбут А.Н. Теория автомобиля: Учеб. пособие: Часть 1. – М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 39с
2. Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля: Учеб. пособие. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 102 с.
3. Якимов М.Р., Ю.А. Попов. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM: Монография. – М.: Логос, 2014. – 200 с.