

Рабінович Ернест Хаїмович, к.т.н., доцент, erjara3@gmail.com
Зибцев Юрій Васильович, старший викладач,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОЦІНКА ДІЇ ВІТРУ НА АВТОМОБІЛЬ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОРОЖНІХ ВИПРОБУВАНЬ

Дорожні випробування – необхідна частина процесів розробки, постановки на виробництво і технічної експлуатації автомобілів. Основою теорії дорожніх випробувань є загальновідоме рівняння тягового балансу, одна зі складових якого – сила опору повітря:

$$P_w = kF \cdot v^2 = 0,5\rho C_x F \cdot v^2,$$

де kF – фактор обтічності ($k = 0,5\rho C_x$, де ρ – густина повітря під час виміру, кг/м^3 ; C_x – коефіцієнт аеродинамічного (лобового) опору); F – лобова площа автомобіля, м^2 ; v – швидкість автомобіля, м/с .

Показник степеня $n = 2$ – загальноприйняте округлення, а насправді це досить складна функція від швидкості $n(v)$ з великою варіацією значень, особливо при швидкостях нижче 50 км/ .

Для підвищення ефективності дослідів треба знати швидкість і напрямок вітру. Наші виміри ручним анемометром показали значну мінливість вітру – за 36 хв середня швидкість знизилася від $2,98$ до $1,36 \text{ м/с}$. Навіть протягом одного виміру ($4\ldots 6$ хв) швидкість змінювалася в 2 рази, причому різкі зміни відбувалися за $3\ldots 10$ секунд. Практично такі ж результати були отримані на дорозі, що йде дамбою водосховища, – там протягом 2 хвилин вітер змінювався від $2,6 \text{ м/с}$ до 1 м/с і знову до $2,8$ при середній швидкості $1,75 \text{ м/с}$ на рівні $1,6 \text{ м}$ від дороги. У різних місцях дороги вітер був різний: на західному кінці $2,74 \text{ м/с}$, посередині (через 16 хвилин) – $1,65 \text{ м/с}$, на східному кінці (через ще 12 хвилин) – 1 м/с . Ясно, що під час дорожніх випробувань вітер буде змінюватися не тільки на протязі робочого дня, а й від заїзду до заїзду. Отже, не треба визначати швидкість вітру прямими вимірами – це несе значні трудові й грошові витрати і не дає бажаного результату через велику невизначеність кожного показника. Коли потрібна не щосекундна картина вітру, а його вплив на автомобіль, слід відшукувати хоча б непрямі методи інтегральної оцінки такого впливу протягом конкретного заїзду.

Свого часу ми запропонували спосіб, що включає в себе виконання пари заїздів з розгоном і вибігом в прямому і зворотному напрямках. У кожному заїзді реєструються параметри розгону і вибігу, зокрема – середні уповільнення за період руху накатом від швидкості v_1 до швидкості v_2 . Швидкість вітру в м/с і коефіцієнт опору повітря обчислюють за такими формулами:

$$v_w = \frac{m \cdot \delta \cdot (j_1 - j_2)}{4kF \cdot v_1}, \quad C_x = \frac{2 \cdot m \cdot (\delta \cdot j_1 - g \cdot K_V \cdot \psi_2)}{\rho \cdot F \cdot (v_1 \pm v_w)^2}.$$

де m – маса автомобіля, кг; δ – коефіцієнт урахування обертових мас автомобіля; j_1 і j_2 – уповільнення при швидкостях v_1 і v_2 відповідно; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; K_V – коефіцієнт, що враховує зміну опору коченню при підвищенні швидкості від v_2 до v_1 ; ψ_2 – коефіцієнт сумарного дорожнього опору при швидкості v_2 .

Оскільки шуканий коефіцієнт C_x неявно входить в коефіцієнт обтічності k , завдання доводиться вирішувати методом послідовних наближень, починаючи з передбачуваного значення C_x . Складена за цією методикою програма в редакторі Excel дає рішення після 5-6 ітерацій.

Далі обчислюються таблиці часу досягнення автомобілем ряду швидкостей у випадках руху за вітром (аркуш 1) і проти вітру (аркуш 2) та виводиться різниця двох тривалостей вибігу. Розрахунок закінчується, коли розрахункова різниця тривалостей зрівняється з визначеною в експерименті (із заданою точністю).

Результатом розрахунку є не повна швидкість вітру, а її проекція на вісь руху автомобіля, прикладена в його центрі тиску.

Якщо випробування проводяться на двох перетинних дорогах, можна відновити і повний вектор швидкості вітру, тобто модуль і напрямок. Для відновлення повного вектора швидкості вітру обчислюють його проекції на осі руху автомобіля по двох дорогах, а потім ці вектори складають.

Така обробка результатів трьох груп заїздів автомобіля Ford Fiesta дала значення швидкості вітру 3,22, 2,18 і 1,30 м/с з азимутами 244,6, 255,7 і 267,7°. Ці результати не суперечать даним метеоспостережень.

У нашій методиці швидкість визначається за проїздом повз стандартну огорожу з кроком елементів 30, 4, 3. 2 і 1 м, а також за показаннями приймача супутникових сигналів. Час визначається за шкалою програми Virtual Dub з кроком 0,033 с. Тривалість вибігу обчислюється методом скінченних різниць. Відносна похибка при кроці сітки 5 км/год – менше 0,1%. Тривалість оцінюваного інтервалу швидкостей – 30...50 с.

Результати перевірки за згаданим випадком: в експерименті час вибігу по довгій дорозі від 121,7 до 90 км/год склав 18,5 с; за стандартним розрахунком – 20,02 с; за уточненою тут моделлю – 18,66 с (відносні помилки 8,2% і 0,86% відповідно). На короткій дорозі час вибігу від 50 до 20 км/год склав 48,0 с в прямому напрямку, 47,7 с у зворотному напрямку. За стандартним розрахунком 56,9 с, за уточненою моделлю 46,95 с (відносні помилки 18,5% і 2,2% відповідно).

Таким чином, уточнена модель і запропонована тут методика знижують похибку урахування дії вітру і розрахунку часу вибігу в 8...9 разів. Не треба прямих вимірювань, зведення їх в один комплекс і подолання невизначеності кожного окремого результату. Необхідна інформація про картину вітру в кожному блоці вимірів отримується без додаткових експериментів, тобто без витрат праці і часу.

Додамо, що отримати таку інформацію щодо раніше виконаних експериментів загальноприйнятим методом просто неможливо.