

УДК 629.1-48

Кривич П.П., наук. кер. Пасічник В.А., д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВ АЕРОДИНАМІКИ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ ДЛЯ ПЕРЕГОНІВ SHELL ECO MARATHON

Відомі розробники автомобілів, для підвищення аеродинаміки, тяжіють до використання пластичних округлих форм кузова, при цьому не жертвуючи зовнішнім виглядом та ергономікою транспорту. Проте навіть сьогодні існує проблема оптимальної форми кузова, що містила б у собі ті технічні якості, для зменшення витрат енергоресурсу, та візуальну привабливість для покупця.

Аеродинамічні сили, що впливають на поверхню тіла автомобіля, утворюють тиск, дія якого сповільнює його до повної зупинки. Ці сили можна охарактеризувати такими показниками як аеродинамічний опір та число Рейнольдса. Чим більша швидкість руху, тим інтенсивніше зростання аеродинамічного опору [1]:

$$P_x = 0.5C_x\rho FV^2 \quad (1)$$

де, F – площа поперекового перерізу, m^2 ; V – швидкість повітряного потоку, m/s ; ρ – щільність повітря ($1,23 \text{ kg/m}^3$); C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору[3].

Сучасні автомобілі мають коеф. C_x менший за показник 0.3 [1]

Число Рейнольдса - базується на відношенні інертності руху течії повітря до його в'язкості [2]:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\eta}, \quad (2)$$

де,

V - швидкість руху;

L - висота авто;

η - динамічна в'язкість повітря;

ρ - густина повітря

Рівність чисел Re для автомобіля і його моделі характеризує рівність відносин сил тиску і сил в'язкості.[5]

Аеродинаміка автомобіля була досліджена спочатку за допомогою комп'ютерного моделювання у програмному забезпеченні «Autodesk Flow Design», що надало нам інформацію щодо критичних точок тиску. З CAD моделі, виготовили на кафедрі Інтегрованих технологій машинобудування макет кузова, у масштабі 1:10. Макет досліджувався у лабораторії, на кафедрі Прикладної гідромеханіки та мехатроніки в аеродинамічній трубі при сприянні д.т.н., професора Ковальова Василя Анатолійовича.

Розглянемо дослід, проведений у аеротрубі:

Технічні характеристики обладнання:

- розміри робочої частини $B \times Ш \times Д$, мм - $790 \times 790 \times 1000$
- площа поперекового розрізу сопла – $0,62 m^2$
- діаметр вентилятора – 1200 мм
- число лопатей вентилятора - 8
- потужність електродвигуна – 3,5 кВт

Характеристики випробуваної моделі:

- $B \times Д \times Ш$ - $120 \times 280 \times 120$ мм
- Матеріал – Деревина МДФ
- Дорожній просвіт – 12 мм

Визначаємо силу лобового опору

$$P_x = 0.5 C_x \rho F V^2 = 0.5 \cdot 0.10 \cdot 1,23 \cdot 0,132 \cdot 49 \approx 4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = 4 \text{Н}$$

де, коефіцієнт C_x взятий з Табл. 2.2 с.39 [3] як напівтіло обтічної форми, встановлене із зазором. Для повітря при нормальних умовах ($t = 15^\circ\text{C}$; $V_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$) [5]

$$R_e = \frac{1,23 \cdot 7 \cdot 0,12}{17,9 \cdot 10^6} = 57720$$

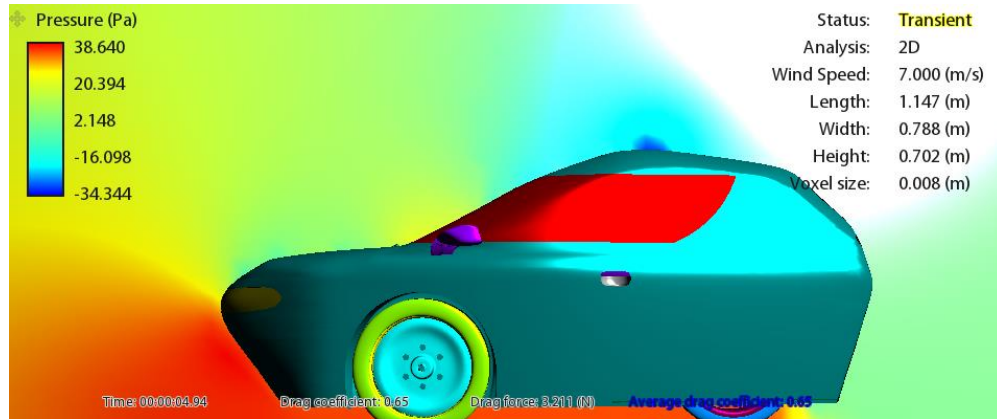


Рис.1. Комп'ютерне моделювання виробу

На рис.1 зображена шкала тиску відносно атмосферного (101325кПа) з урахуванням атмосферного, при швидкості руху автомобіля – 7 м/с ($\approx 25 \text{ км/год}$). Комп'ютерне моделювання надає лише можливість виявити області найбільшого тиску у повздовжньому розрізі автомобіля.

Як видно з рисунку 1, сила лобового опору має значення 3.211Н, що має не велику різницю з розрахунковими даними – 4Н.

Фізичний експеримент надав інформацію щодо лобового тиску та візуальне представлення обтікання боліду повітрям. Для проведення експерименту, в масштабній моделі вздовж осі х лобової частини було висвердлено 5 наскрізних отворів, через які потім проведені трубки. Трубки з'єднувалися з диференційним манометром, шкала якого вимірює в одиницях: міліметр водного стовпчика. Кожна з трубок по чергово, під час продування під'єднується до манометра. Похибка таких вимірювань досягає до 25%. Показник манометра під час випробування в усіх п'яти точках коливався в межах 0,5 мм. вод. стовпа. Це означає, що сила лобового опору в точках коливається в межах 5Н.

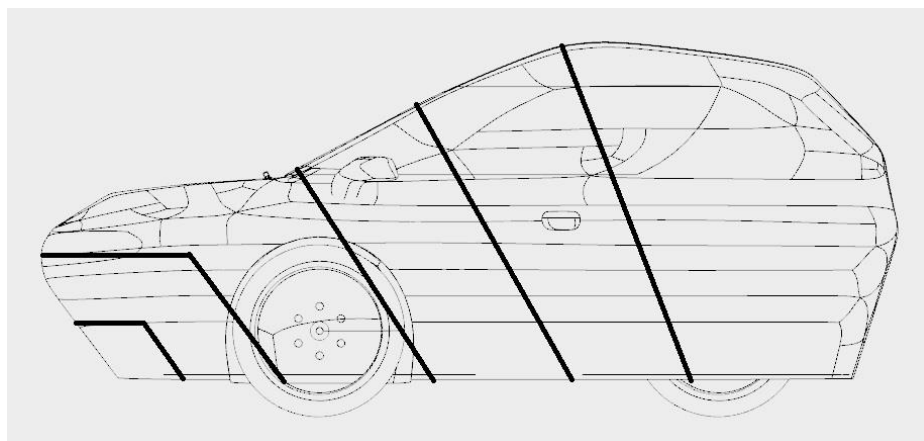


Рис. 2. Схема розміщення отворів

Під час випробування моделі було відтворено рух повітря за допомогою програмного забезпечення та фізично за допомогою диму.

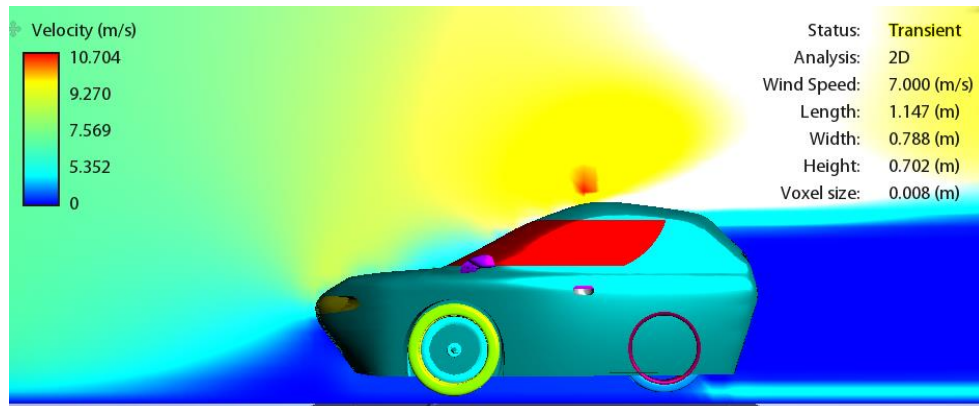


Рис. 3. Відтворення руху повітря по формі у програмному забезпеченні

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Різниця між показниками лобового опору у розрахунках, за допомогою програмного забезпечення та при фізичному випробуванні відрізняються з малою похибкою.
2. Число Рейнольдса отримане з розрахунків підтверджує наявність турбулентних потоків повітря.
3. Аеродинамічні сили не мають значного впливу на рух боліду при заданих режимах руху.

Список використаних джерел

1. <http://magazine.autotechnic.su/technology/aero/aero.html> «Autotechnic.su» (дата звернення 09.04.2018)
2. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11469> «Электронный научный журнал «Современные проблемы науки и образования» (дата звернення 10.04.2018)
3. Евграфов А.Н. «Аэродинамика автомобиля» навчальний посібник. – М.: МГИУ – 2010. – 356с. (дата звернення 11.04.2018)
4. <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/fizicheskie-svoystva-vozduha-plotnost-vyazkost-teploemkost-entropiya> «Thermalinfo.ru» (дата звернення 11.04.2018)
5. <http://carlines.ru/modules/Articles/article.php?storyid=99> «CARLINES.RU» «Элементы теории подобия в аэродинамике автомобиля» - автор С.В. Михайловский (дата звернення 11.04.2018)