

УДК 004.92; 004.925.84; 004.94

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ОБТІЧНОСТІ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ОБЛАДНАНОГО АЕРОДИНАМІЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Назарько О.О., к.т.н.,

olganazamail@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3496-8533

Рагулін В.М., к.т.н.,

ragulinrvn@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2083-4937

Зайцев І.С.,

vanya2073@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7328-7426

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

Задача надання кузову автомобіля оптимальної з точки зору аеродинаміки форми залишається актуальною з часів виникнення перших автомобілів й до теперішнього часу. Автомобілі сучасності мають відповідати ряду вимог, як з точки зору експлуатаційних показників, так і з точки зору дизайну. Зовнішній вигляд автомобіля визначається перш за все формою його кузова. В прагненні до унікальності екстер'єру транспортного засобу автовласники часто застосовують елементи тюнінга кузова, які можна встановити, а іноді і навіть виробити власноруч. Найбільш популярними зовнішніми «прикрасами» автомобіля є спойлери та антикрила. Але встановлення таких деталей в якості дизайнерських елементів має бути технічно обґрунтованим. Призначення аеродинамічних деталей кузова полягає в правильному розподілі повітряного потоку під час руху. Це означає мінімізацію впливу зовнішнього середовища на витрати палива за рахунок підвищення обтічності форми та найважливіше – підвищення стійкості руху автомобіля, особливо при проходженні поворотів.

На стадії проектування транспортного засобу в залежності від його призначення, компоновання, потужнісних та швидкісних характеристик розробляється форма та дизайн кузова. Окрім конструктивних параметрів, враховують також дію зовнішніх збурень, основним з яких є вітрове навантаження. Найбільше вітрове навантаження сприймається саме кузовною частиною автомобіля, тому обов'язковим виробничим етапом є дослідження його аеродинамічних характеристик. Визначальним параметром для аеродинамічних досліджень є значення коефіцієнту обтічності, що залежить від форми. В залежності від типу кузова та призначення транспортного засобу встановлено певні граничні значення цього коефіцієнту, перевищення яких веде до погіршення експлуатаційних характеристик. Відомо, що в теперішній час комп'ютерне моделювання стало поширеним методом дослідження аеродинаміки автомобіля.

В цій роботі розглянуті можливості програмного продукту Autodesk Flow Design при дослідженні обтічності легкового автомобіля обладнаного допоміжними аеродинамічними елементами.

Ключові слова: аеродинаміка, комп'ютерне моделювання, Autodesk Flow Design, спойлер, антикрило, коефіцієнт обтічності.

Постановка проблеми. В даний час широкої популярності набув поверхневий тюнінг автомобіля. Автовласникам пропонується широкий вибір універсальних навісних деталей. Та поліпшення екстер'єру транспортного засобу за рахунок додаткових елементів не передбачених стандартною комплектацією може серйозно відобразитись на експлуатаційних показниках. Зокрема встановлення задніх спойлерів та антикрил має бути функціонально доречним, адже неправильна робота таких елементів ставить під сумнів безпечність експлуатації автомобіля.

Використання сучасних CAD і CAE - систем дають змогу проведення аеродинамічного комп'ютерного аналізу. В даній роботі були використані програмні продукти Autodesk Inventor 2018 та Autodesk Flow Design.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що для автомобіля основною складовою опору повітря є лобовий опір, який складає до 60% загального, окрім цього 15% додаткового опору створюється виступаючими частинами кузова [1]. Судити про обтічність автомобіля дозволяє значення коефіцієнту опору повітря C_x , що залежить від форми і визначається експериментальним шляхом [1-4]. Збільшення значення C_x вказує на те, що автомобіль гірше протистоїть впливу повітряного потоку, так як збільшується сила лобового опору. Для визначення коефіцієнту опору повітря проводять дослідження моделі в аеродинамічній трубі. В даній роботі запропоновано комп'ютерний метод дослідження аеродинаміки автомобіля в програмі Autodesk Flow Design, що є віртуальним аналогом аеродинамічної труби.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є дослідження обтічності кузова легкового автомобіля при встановленні додаткових аеродинамічних деталей та обґрунтування доцільності їх використання, що базується на комп'ютерному дослідженні тривимірної моделі автомобіля з типом кузова седан у середовищі Autodesk Flow Design.

Основна частина. Кузов автомобіля є тілом складної форми, що сприймає найбільше аеродинамічне навантаження. В якості прототипу досліджуваної моделі був обраний седан Lexus IS 200, що не має в заводській комплектації додаткових аеродинамічних деталей. Максимальна швидкість даного автомобіля 200 км/год. Відомо, що зі збільшенням швидкості руху автомобіля зростає і сила лобового опору, при цьому коефіцієнт опору повітря C_x не залежить від швидкості [2]. Для створення тривимірної моделі кузова та аеродинамічних елементів використовувалась система просторового проектування Autodesk Inventor 2018 (рис. 1).

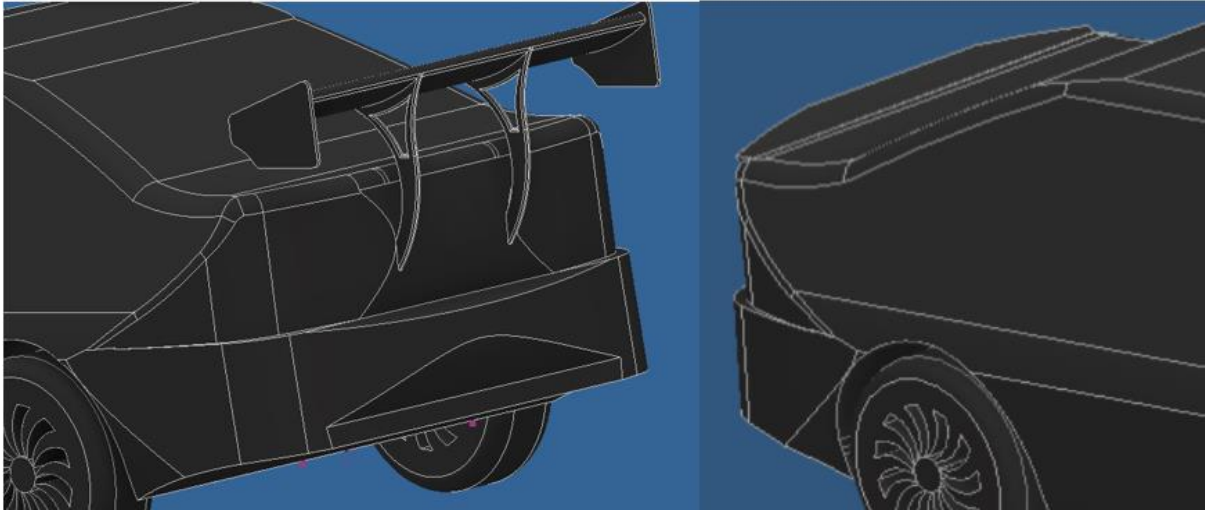


Рис. 1. Моделі антикрила та спойлера розроблені в Autodesk Inventor

Для дослідження аеродинаміки до моделі кузова почергово приєднували спойлер (рис. 2) та антикрило (рис. 3) з подальшим збереженням файлів складання Autodesk Inventor з розширенням (*.sat), що дало змогу експортувати їх у Flow Design.

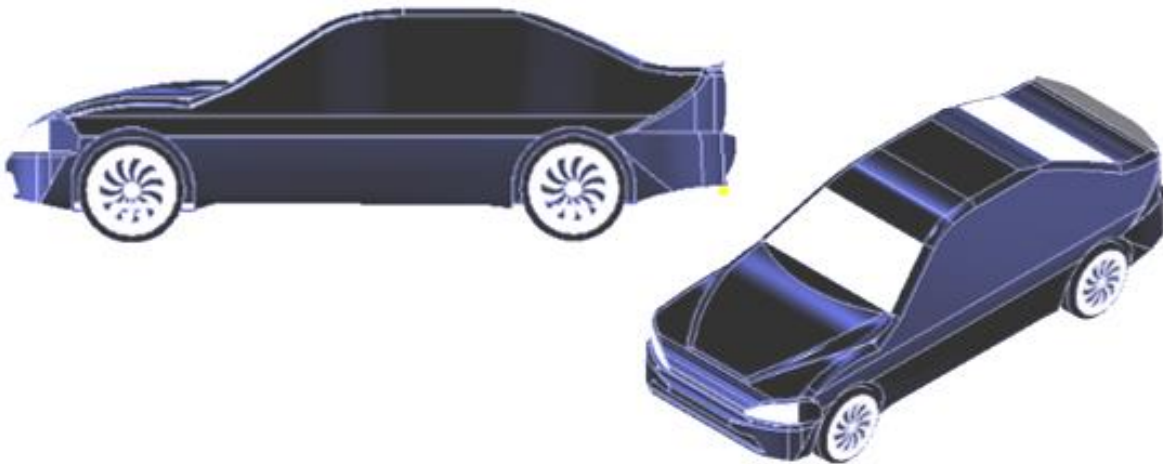


Рис. 2. Тривимірна модель автомобіля зі встановленим спойлером



Рис. 3. Тривимірна модель автомобіля зі встановленим антикрилом

Ця система дозволяє виконувати складання та задавати фізичні параметри деталей. У відповідності до форми та розмірів задньої частини

кузова були змодельовані антикрило та спойлер як окремі приєднувальні деталі.

При аналізі процесу обдуву моделі повітрям у Flow Design є можливість задавати швидкість руху набігаючого потоку та межі повітряного коридору. Ці параметри відображаються у правому верхньому кутку робочого поля, крім цього програма візуалізує повітряний спектр [3], тобто відтворює картину обтікання моделі повітрям та підраховує середнє значення коефіцієнту обтічності (рис. 4).

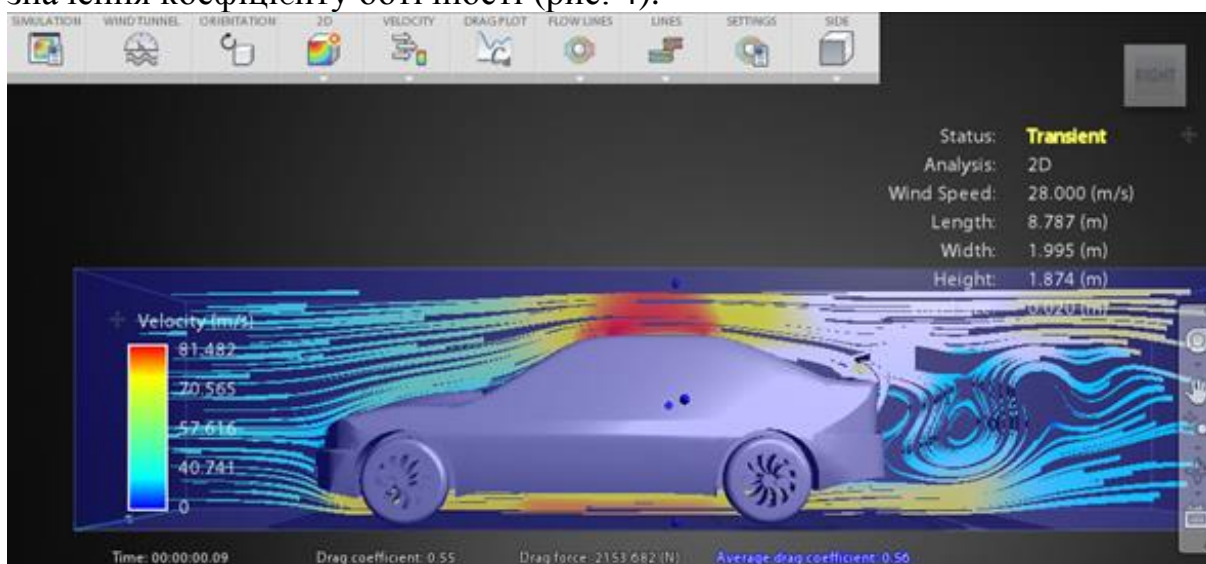


Рис. 4. Залежність сили лобового опору повітря від швидкості руху автомобіля

Дослідження аеродинаміки моделі відбувалося в три етапи: при незмінних значеннях швидкості потоку та розмірів повітряного коридору дії вітрового навантаження піддавалась модель кузова без аеродинамічних деталей; потім – з приєднанням спойлера; останній дослід – з приєднанням антикрила. Це дало змогу отримати три значення коефіцієнту аеродинамічного опору C_x відповідно для кожного дослід ($C_x = 0,39$, $C_x = 0,35$, $C_x = 0,55$). Підставивши ці значення у формулу (1), відому з теорії автомобіля [4] для визначення сили лобового опору:

$$P_w = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2, \quad (1)$$

де C_x - коефіцієнт обтічності;

ρ - щільність повітря (за нормальних умов $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$);

F - лобова площа;

V - швидкість руху автомобіля.

Отримано її залежність від швидкості руху досліджуваного автомобіля, яка представлена у вигляді графіку (рис. 5).

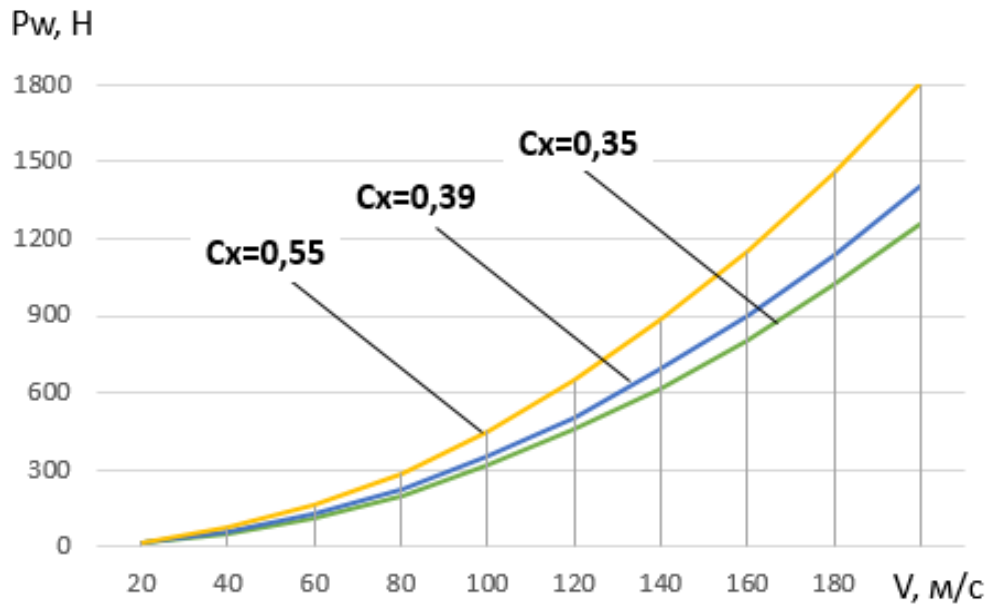


Рис. 5. Залежність сили лобового опору повітря від швидкості руху автомобіля

Аналіз отриманих даних з графіку наглядно відображає теоретичні положення, щодо квадратичного зростання сили лобового опору зі збільшенням швидкості руху. При цьому використання на досліджуваній моделі заднього спойлера здатне знизити значення сили опору повітря, а встановлення антикрила веде до збільшення останньої.

Висновки. Проведене в роботі дослідження тривимірної моделі показало, що встановлення заднього спойлера призводить до зниження коефіцієнту аеродинамічного опору C_x на 11% в порівнянні з моделлю без аеродинамічних деталей, що свідчить про поліпшення обтічності кузова автомобіля. Використання ж антикрила суттєво вплинуло на аеродинаміку автомобіля, значення C_x для досліджуваної моделі підвищилось на 28%. Цей показник дає змогу зробити висновок про те, що використання антикрил в якості елементів декору недоречно, так як збільшує силу опору повітряного середовища і веде до зростання витрат палива. Встановлення такої аеродинамічної деталі потребує детального аналізу та ретельного підбору під форму кузова конкретного автомобіля, зокрема засобами комп'ютерного моделювання.

Література

1. Волков В. П., Вільський Г.Б. Теорія руху автомобіля: підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.
2. Евграфов А.Н. Аэродинамика автомобиля: учебное пособие. М.: МГИУ, 2010. 356 с.
3. Михайловский Е. В. Аэродинамика автомобиля. М : Машиностроение, 1973. 224 с.
4. Зимелев Г.В. Теория автомобиля. М : Машгиз, 1959. 312 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ОБТЕКАЕМОСТИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ОБОРУДОВАННОГО АЭРОДИНАМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Назарько О.А., Рагулин В.Н., Зайцев И.С.

Задача предоставления кузова автомобиля оптимальной с точки зрения аэродинамики формы остается актуальной со времен возникновения первых автомобилей и до настоящего времени. Автомобили современности должны отвечать ряду требований, как с точки зрения эксплуатационных показателей, так и с точки зрения дизайна. Внешний вид автомобиля определяется прежде всего формой его кузова. В стремлении к уникальности экстерьера транспортного средства автовладельцы часто применяют элементы тюнинга кузова, которые можно установить, а иногда и даже выработать самостоятельно. Наиболее популярными внешними «украшениями» автомобиля являются спойлеры и антикрылья. Но установление таких деталей в качестве дизайнерских элементов должно быть технически обоснованным. Назначение аэродинамических деталей кузова заключается в правильном распределении воздушного потока во время движения. Это означает минимизацию влияния внешней среды на расход топлива за счет повышения обтекаемости формы и самое важное - повышение устойчивости движения автомобиля, особенно при прохождении поворотов.

На стадии проектирования транспортного средства в зависимости от его назначения, компоновки, мощностной и скоростных характеристик разрабатывается форма и дизайн кузова. Кроме конструктивных параметров, учитывают также действие внешних возмущений, основным из которых является ветровая нагрузка. Больше всего ветровая нагрузка воспринимается именно кузовной частью автомобиля, поэтому обязательным производственным этапом является исследование его аэродинамических характеристик. Определяющим параметром для аэродинамических исследований является значение коэффициента обтекаемости, зависит от формы. В зависимости от типа кузова и назначения транспортного средства установлены определенные предельные значения этого коэффициента, превышение которых ведет к ухудшению эксплуатационных характеристик. Известно, что в настоящее время компьютерное моделирование стало распространенным методом исследования аэродинамики автомобиля.

В этой работе рассмотрены возможности программного продукта Autodesk Flow Design при исследовании обтекаемости легкового автомобиля оборудованного вспомогательными аэродинамическими элементами.

Ключевые слова: аэродинамика, компьютерное моделирование, Autodesk Flow Design, спойлер, антикрыло, коэффициент обтекаемости.

USE OF THE COMPUTER SIMULATION METHOD IN THE STUDY OF THE CAR FLOW EQUIPPED WITH AERODYNAMIC ELEMENTS

Olga Nazarko, Vitaliy Ragulin, Ivan Zaitsev

The task of giving the car body the optimal shape from the point of aerodynamics view remains relevant from the time of the first cars to the present day. Modern cars must meet a number of requirements, both in performance terms and in design terms. The appearance of the car is determined primarily by the shape of its body. In an effort to make the vehicle's exterior unique, car owners often use body tuning elements that can be installed and sometimes even made by hand. The most popular exterior "decorations" of the car are spoilers and fenders. But the installation of such parts as design elements must be technically justified. The purpose of the aerodynamic parts of the body is the correct distribution of air flow during movement. This means minimizing the impact of the environment on fuel consumption by increasing the fluidity of the form and most importantly - increasing the stability of the car, especially when cornering.

At the design stage of the vehicle, depending on its purpose, layout, power and speed characteristics, the shape and design of the body is developed. In addition to design parameters, also take into account the action of external perturbations, the main of which is the wind load. The greatest wind load is perceived by the body part of the car, so the obligatory production stage is the study of its aerodynamic characteristics. The determining parameter for aerodynamic research is the value of the flow coefficient, which depends on the shape. Depending on the type of body and the purpose of the vehicle, certain limit values of this factor are set, the excess of which leads to the deterioration of performance. It is known that computer simulation has now become a common method of studying car aerodynamics.

This article considers the capabilities of the software product Autodesk Flow Design in the study of the smoothness of the car equipped with auxiliary aerodynamic elements.

Key words: aerodynamics, computer simulation, Autodesk Flow Design, spoiler, wing, flow coefficient.

References

1. Volkov V. P., Vilskyi H.B. (2010) Teoriia rukhu avtomobilia: pidruchnyk. Sumy : Universytetska knyha, [in Ukrainian].
2. Evhrafov A.N. (2010) Aэrodynamyka avtomobyliya: uchebnoe posobyе. M.: MHYU [in Russian].
3. Mykhailovskyi E. V. (1973) Aэrodynamyka avtomobyliya. M.: Mashynostroenyе [in Russian].
4. Zymelev H.V. (1959) Teoryia avtomobyliya. M : Mashhyz [in Russian].