

## АЕРОДИНАМІКА ТА ПРИТИСКНА СИЛА ГОНОЧНИХ АВТОМОБІЛІВ

*У статті висвітлюються основні поняття про аеродинаміку гоночного автомобіля. Наведено фундаментальні закономірності впливу аеродинамічних елементів на параметри руху автомобіля. Представлені основні типи аеродинамічних елементів на прикладі боліда Ferrari SF90 сезону F1 2019 року.*

**Вступ.** Аеродинаміка – це наука, що вивчає закони руху повітря і сили, що виникають на поверхні тіл відносно яких відбувається рух. В автоспорті вона потрібна для того, щоб вияснити, як поводить себе автомобіль при русі у повітряному середовищі. Конструктори стараються зробити так, щоб автомобіль зазнавав найменшого опору повітря. Більш плавні форми забезпечують меншу кількість гальмівних завихрень, меншу силу опору повітря и тим швидше автомобіль може рухатись.

**Постановка проблеми.** Сьогодні у вищих навчальних закладах, на кафедрах автомобільного транспорту, темі аеродинаміки приділяється не достатньо уваги. Часто студенти не знають основних понять пов'язаних з притискною силою автомобіля та рівнянь тотожних з даним питанням, що ускладнює їх розуміння теми аеродинаміки в цілому та викликає труднощі в науковій діяльності за даною темою.

**Цілі статті та постановка завдання.** Дана стаття має мету ознайомити студентів з основними поняттями аеродинаміки, які характерні для гоночних автомобілів, адже саме новітні розробки у сфері автоперегонів, згодом отримують своє застосування і на серійних автомобілях. Ознайомившись із фундаментальними закономірностями впливу аеродинамічних елементів на параметри руху автомобіля, студенти зможуть краще зрозуміти принципи притискної сили автомобіля та матимуть базові знання для подальшої наукової діяльності у даному напрямку.

**Основна частина.** Високі аеродинамічні якості автомобіля важливі там, де великі швидкості, наприклад, у автомобілів з відкритими колесами, які беруть участь у перегонах «Інді-500» та «Формула – 1». Встановлення лише однієї радіоантени на носовій частині боліда рівноцінна зменшенню потужності двигуна на 10 кінських сил. Ефект Бернуллі грає величезну роль в роботі аеродинамічних поверхонь болідів F1. Він виражається рівнянням, відоме як «рівняння Бернуллі», яке підтверджує, що об'ємне енергетичне значення не змінюється і це описується на принципі консервативності енергії. Коли ми розглядаємо відносно сильний рух, то енергія ділиться три частини: 1) тиск у повітрі; 2) кінетична енергія повітря (енергія руху), 3) потенційна енергія повітря. В такому випадку, рівняння має вигляд:

$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h + p = const,$$

де  $p$  – тиск;  $\rho$  - щільність;  $v$  - швидкість повітря;  $g$  - прискорення сили тяжіння;  $h$  – висота відносно певного рівня;

Крило змушує літак підніматись у повітря, а автомобільні «антикрила» притискають автомобіль до землі. Розглянемо аеродинамічну конструкцію "простого" крила літака. Крило розсікає повітря і утворює дві уявні частини повітряного простору, точніше, два різних повітряних потоки. Один з потоків переміщається по поверхні під крилом, інший – над. Через конструкції крила частки верхнього повітряного потоку рухаються «на відстані» від крила, прямо протилежна ситуація з нижнім потоком. Це і викликає ефект того, що верхній потік значно швидший нижнього. Під крилом опиняється більший тиск, ніж над крилом, що і

сприяє появі так званої підйомної сили (рис. 1,а). Зворотна ситуація з антикрилами. Антикрила функціонують абсолютно по тому ж принципу, але забезпечують ефект «притиснення» до траси, і відбувається це за рахунок форми (рис. 1,б). Тобто достатньо просто повернути нормальне крило передньою частиною вниз. Такий тип крил, що встановлюються позаду багатьох автомобілів для ралійних і кільцевих перегонів, називається спойлер (рис.2). Повітря, що обтікає спойлер, створює більш високий тиск на верхню частину крила, притискаючи задню частину автомобіля до землі. Це сприяє збільшенню зчеплення шин з дорогою и дозволяє проходити повороти на більшій швидкості, але в той же час створює небажане гальмування. Конструкції антикрил болідів повинні бути оптимальні, тобто забезпечення притискної сили повинно бути реалізовано так, щоб це не викликало сили опору повітря, та й сам болід повинен бути найбільш пристосований до подолання цієї самої сили. Для обчислення сили опору використовується наступна формула:

$$F = \frac{c_x \cdot \rho \cdot S \cdot V^2}{2},$$

де  $F$  - сила аеродинамічного опору;  $c_x$  - коефіцієнт аероопору;  $\rho$  - щільність повітря;  $V$  - швидкість повітря;  $S$  - лобова площа.

Для підтримання балансу між швидкістю і притискною силою команди налаштовують аеродинаміку автомобіля з урахуванням особливостей кожної гоночної траси.

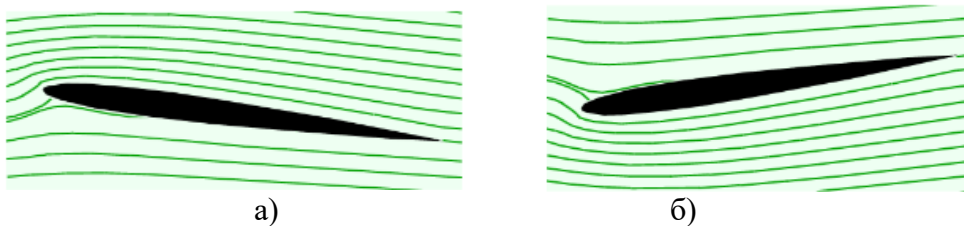


Рисунок 1 – Схематичні зображення дії потоку повітря на крило (а) та антикрило (б)



Рисунок 2 – Один із перших гоночних автомобілів, на котрому було встановлено велике антикрило, змонтоване на тонких стійках для збільшення притискної сили (Chaparral 2F 1967р.)

Для удосконалення гоночних автомобілів інженери та дизайнери використовують передові технології і методи. Кожний елемент конструкції, що впливає на швидкість машини і аеродинамічні якості, проходить багатогодинні випробування в аеродинамічній трубі, перевіряється на комп'ютері з використанням програм, що моделюють поведінку рідин і

газів. За допомогою аеродинамічної труби можна аналізувати, як в реальних умовах повітряне середовище діє на автомобіль, що рухається.

На рисунку 3 зображено гоночний болід Ferrari SF90 сезону 2019 року, який має такі аеродинамічні елементи: переднє антикрило (1) може створювати до 25% притискної сили автомобіля, а також слугує для направлення повітряного потоку вздовж автомобіля; поворотні лопаті (2) допомагають згладити потоки повітря, що створюються передніми колесами, а також розділяють потік повітря на дві частини – одна відклоняється, щоб зменшити опір, інша направляється через бокові повітрезбирачі, щоб охолоджувати двигун; днище (3) саме по собі не створює значної притискної сили, але у задній частині має дифузор (4) для згладжування потоку повітря, що виходить з-під боліда, і допомагає пропускати його під днищем на високій швидкості; заднє антикрило (5) забезпечує до третини притискної сили авто.



1 - переднє антикрило; 2 - поворотні лопаті; 3 – днище; 4 – дифузор; 5 - заднє антикрило

Рисунок 3 – Ferrari SF90 (2019)

**Висновки.** Сучасний автоспорт, зокрема змагання «Формули - 1», досягли значних технічних успіхів в питанні аеродинаміки. Багато нововведень, які були раніше застосовані на гоночних автомобілях, знайшли своє застосування і у серійних авто, які оптимізували їх експлуатаційні властивості і сприяли підвищенню економічності. Студентам, котрі зацікавлені у вивченні аеродинамічних властивостей автомобіля, дана стаття дає підґрунття і основні поняття для більш поглибленого ознайомлення з даною темою, а тому вони матимуть кращі можливості для наукової діяльності за зазначеним напрямком.

#### Список літературних джерел

1. F1 2019: Ferrari SF90 e Mercedes W10 a confronto [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.automoto.it/formula1/f1-2019-ferrari-sf90-e-mercedes-w10-a-confronto.html>
2. Анатомия болида F1: Аэродинамика [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://www.f1-portal.ru/index.php?id\\_notes=12140](https://www.f1-portal.ru/index.php?id_notes=12140)
3. File:Chaparral 2F - Mike Spence – 1967. jpg [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chaparral\\_2F\\_-\\_Mike\\_Spence\\_-\\_1967.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chaparral_2F_-_Mike_Spence_-_1967.jpg)
4. Sliders: Compare the Ferrari SF90 with the SF71H [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.motorsportweek.com/news/id/21565>

**Кашканов Віталій Альбертович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

**Люльчак Сергій Олегович** – магістрант факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [1at.14b.liulchak@gmail.com](mailto:1at.14b.liulchak@gmail.com)