

Авершин Андрій Геннадійови, к.т.н., асистент каф. деталей машин і теорії механізмів і машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [avershin.andrey@gmail.com](mailto:avershin.andrey@gmail.com), +380506472696

## **АЕРОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТИПУ «МИНИВЭН» ПІД ЧАС ЗБЛИЖЕННЯ НА ОДНІЙ ПОЛОСІ**

Питаннями дослідження й удосконалювання аеродинамічних характеристик гоночних автомобілів почали займатися ще на зорі автомобільної ери. Спочатку це було сліпе копіювання форм із суміжних галузей таких як кораблебудування та дирижаблебудування. Реальні комплексні дослідження в галузі аеродинаміки автомобіля, в тому числі гоночного, стали розвиватися з 50-х років ХХ століття.

З 90-х років минулого століття спостерігається бурхливий ріст досліджень у галузі аеродинаміки гоночних автомобілів, пов'язаних із чисельними методами.

Однак аналіз публікацій вказує на те що, аеродинамічна оптимізація дорожнього транспорту часто проводиться в повномасштабних автомобільних аеродинамічних трубах без урахування реальних умов дорожнього руху, які можуть суттєво змінити аеродинамічні характеристики ізолюваного транспортного засобу. Отже спостережувані явища не завжди репрезентативні для дійсності. Особливо це стосується транспортних засобів різного розміру та форми, де ефекти маневру при обгоні можуть призвести до можливих проблем зі стійкістю, а також до зміни напрямку руху. Це демонструє необхідність певної обережності при проектуванні транспортних засобів і що стратегія оптимізації форм автомобіля все ще необхідна [1, 2].

Найважливішими елементами при маневрах обгону є різкі зміни аеродинамічних коефіцієнтів (бічної сили та моменту похитування), оскільки транспортні засоби знаходяться близько один до одного. Найчастіше ці відхилення можна порівняти з раптовими змінами дорожніх умов та призвести до втрати керування водієм. Аеродинамічні явища, пов'язані з маневрами можуть бути подібними до явищ, що діють на транспортний засіб, під час подолання перешкоди (раптова зміна швидкості вітру), і можуть бути пов'язані з транспортним засобом під боковими поривами вітру.

Тому вдосконалювання аеродинамічних характеристик транспортних засобів, відпрацьовування методів математичного моделювання аеродинамічних характеристик є актуальним завданням і визначає напрямок дослідження

### **Постановка задачі**

Чисельне моделювання [1,3] стаціонарного та нестаціонарного обтікання виконане за допомогою програмного комплексу OpenFOAM. Розрахункова область будувалася за принципом аеродинамічної труби. Твердотільна модель занурена в розрахункову область із розмірами  $L \times H \times W = 10l \times 5l \times 5l$  (рис. 1) де

$l$  - довжина автомобіля. Розрахункова область описувалася тетрадральною сіткою потужністю близько 10 млн. вузлів зі згущеннями поблизу твердих поверхонь для опису прикордонного шару.

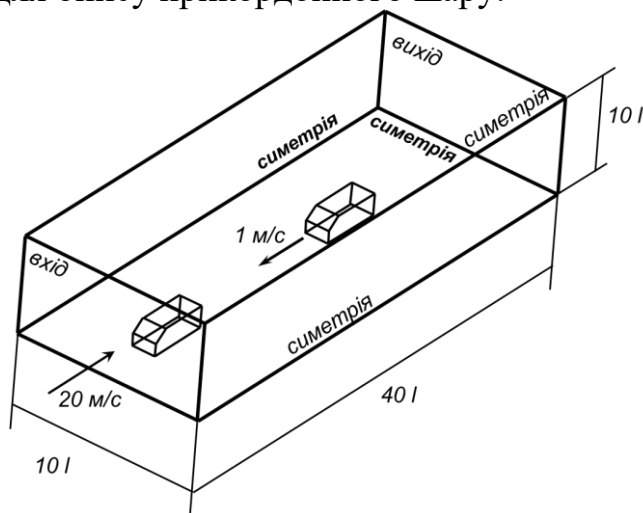


Рисунок 1 – Схема розрахункової області навколо автомобілів

Інтегрування повних осереднених рівнянь Нав'є-Стокса здійснювалося різницевою схемою 2-го порядку точності на основі *TVD* апроксимації при замиканні *SST* моделлю турбулентності у формулюванні *k-ε*. Для опису в'язких ефектів у прикордонному шарі на деяких елементах конструкцій використовувалися пристінні функції, при цьому мінімальне значення змінної погранслою вибиралося за умови  $Y^+ < 5$ . Поза розрахунковою областю передбачався незбурений потік.

Атмосферне середовище описувалося моделлю ідеального газу. У чисельних експериментах використовувалися наступні граничні умови: швидкість потоку, що набігає, повітря направлялася уздовж поздовжньої осі автомобіля, становила  $20 \text{ м/с}$  і збігалася зі швидкістю дорожнього полотна; на видаленні задавався тиск  $P_\infty$  стандартної атмосфери [4].

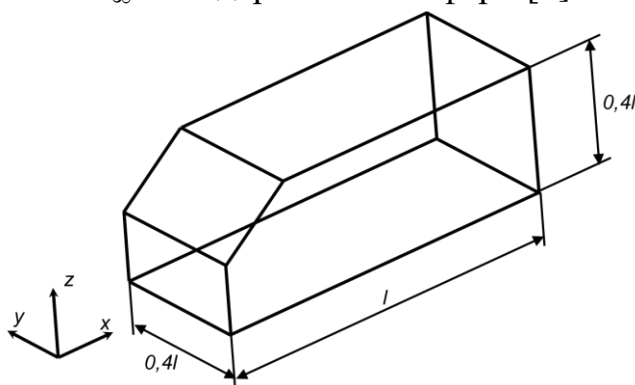


Рисунок 2 – Тривимірний модель

Транспортний засіб Рис. 2 являє собою «мінівен» з зазначеними на рисунку відносними розмірами.

Питання обгону одного транспортного засобу іншим вирішувалось як відносний рух одно транспортного засобу відносно нерухомого іншого транспортного засобу, які обдувалися зустрічним потоком повітря (Рис. 3) [5,6].

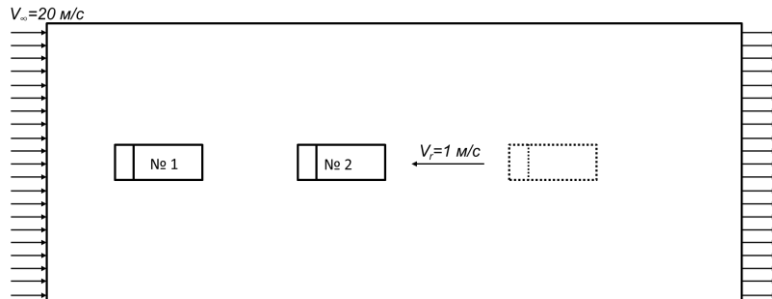


Рисунок 3 – Постановка задачі

Дослідження аеродинамічних характеристик транспортних засобі під час зближення на одній полосі

Результати нестационарного розрахунку представлено на рисунках 4 –9

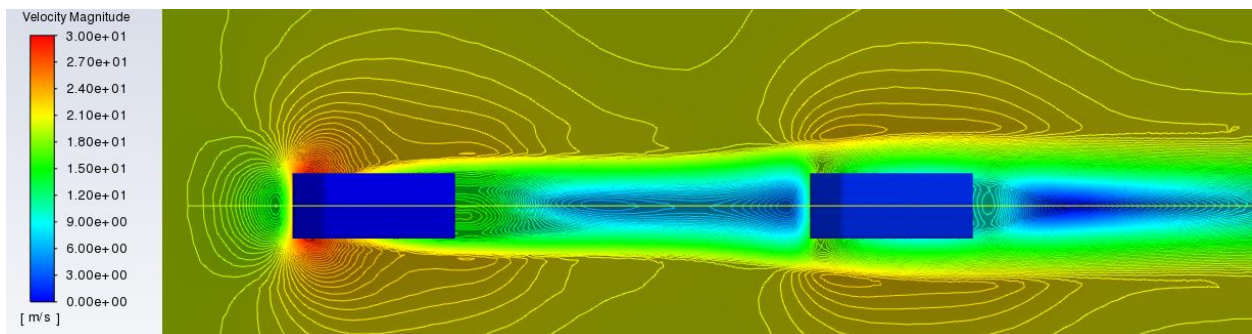


Рисунок 2.4 Поля швидкостей навколо транспортних засобів (відстань 10м)

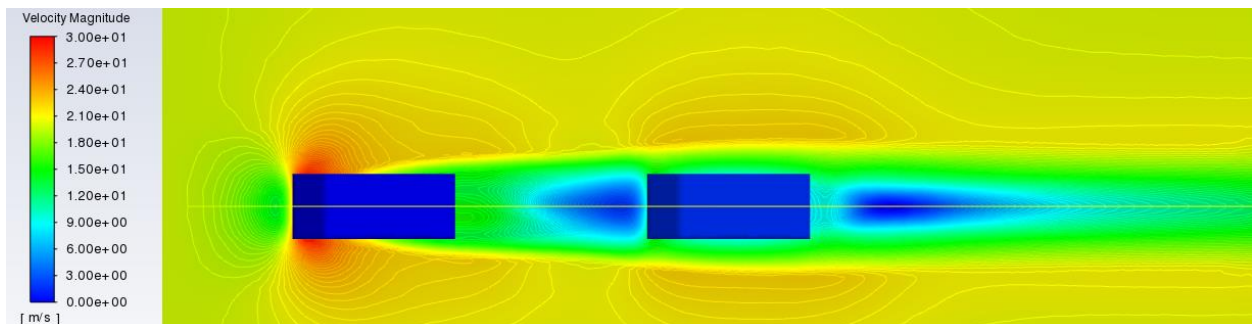


Рисунок 2.5 Поля швидкостей навколо транспортних засобів (відстань 5м)

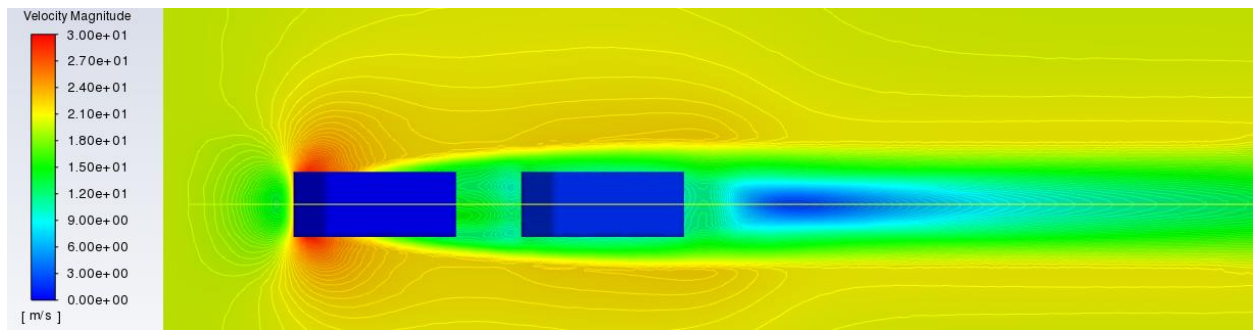


Рисунок 2.6 Поля швидкостей навколо транспортних засобів (відстань 2м)

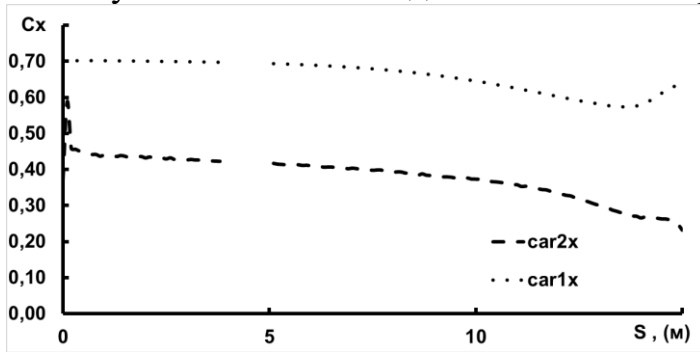


Рисунок 2.7 Коефіцієнт аеродинамічного опору транспортних засобів

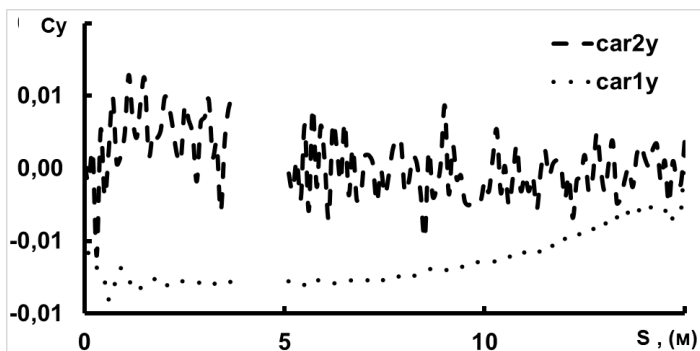


Рисунок 2.8 Коефіцієнт бічного опору транспортних засобів

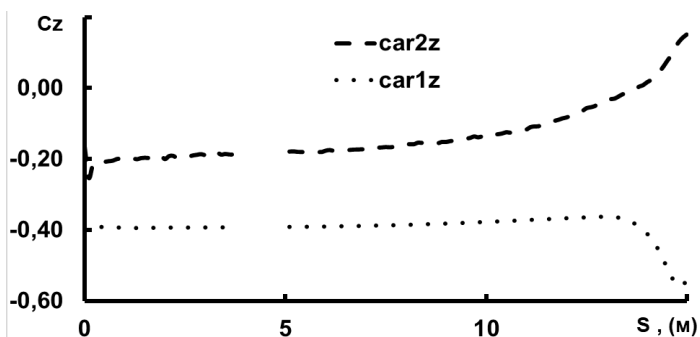


Рисунок 2.9 Коефіцієнт підйимальної сили транспортних засобів

Аналіз нестационарного розрахунку дає нам уявлення про аеродинамічну взаємодію двох транспортних засобів. Завдяки чому можна оцінити вплив аеродинамічних сил, що діють на транспортні засоби під час обгону. Уявлення

про цей вплив дозволяє проектувати інтелектуальні системи керування транспортних засобів.

#### 2.4 Висновки

1. Сформульовано задачу щодо чисельного моделювання течії навколо транспортних засобів; розроблено методику чисельного експерименту по моделюванню зовнішніх потоків навколо транспортних засобів в нестационарній постановці.

2. Дослідження обтікання транспортних засобів під час обгону дозволило обчислити аеродинамічні сили.

3. Встановлено залежності аеродинамічних сил від їх взаємного положення транспортних засобів

#### Література

1. Аэродинамика автомобиля / под ред. В.Г. Гухо. – М.: Машиностроение, –1987. – 420 с.

2. Михайловский Е.В. Аэродинамика автомобиля [Текст] / Е.В. Михайловский. – М.: Машиностроение, 1973. – 224 с.

3. Рабинович Э.Х. Определение сопротивлений движению автомобиля методом однократного выбега / Рабинович Э.Х., Кемалов З.Э., Соновый А.В // Автомобильный транспорт : Сб. науч. Трудов - Харьков: ХНАДУ, 2008 - Вып. 22. - С. 46-48

4. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля [текст]/ Б.С Фалькевич М.: Машиностроение. – 1963. – с.239

5. Gopalarathnam A. Design of High Lift Airfoils For Low Aspect Ratio Wings With Endplates [Текст] / A. Gopalarathnam, M.S. Selig, F. Hsu, // AIAA 15th Applied Aerodynamics Conference. AIAA Paper 97-2232, Atlanta, GA, June 1997.

6. Katz Joseph. Race Car Aerodynamics: Designing for Speed [текст] / Joseph Katz. – 1995. – 224p. – ISBN 0-8376-0142-8.

Біловол О.В., к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## **ВНУТРІШНІЙ ЧАС МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ**

Розглянемо класичну молекулярну модель тіла у вигляді системи матеріальних точок. Руху такої системи відповідає рух фазової рідини у багатовимірному просторі.

Невизначеність процедури осереднення для частки фазової рідини передбачає необхідність розглядати кілька траєкторій частки. Одну з них можна вважати основною, а інші результатом її збурення. Канонічні рівняння мають вигляд рівнянь автономної динамічної системи, тобто