



УДК 629.113

**THE INFLUENCE OF SOME GEOMETRIC PARAMETERS OF TWO-LINE CARS ON THEIR AERODYNAMIC CHARACTERISTICS****ВПЛИВ ДЕЯКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ НА ЇХ АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ****Beherskyi D.B. / Бегерський Д.Б.***s.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-8357-0038

**Koval A.O. / Коваль А.О.***postgrad. / аспірант***Levkivskyi O.A. / Левківський О.А.***assistant / асистент***Baginskyi O.O. / Багінський, О.О.***assistant / асистент*

ORCID: 0000-0003-0272-3707

*State University «Zhytomyr Polytechnic», Zhytomyr, Chudnivska, 103, 10005***Pchenko A.V. / Ільченко А.В.***s.t.s., as. prof / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-7927-8745

*Polissia National University, Zhytomyr, Stary Bulvar, 7, 10002*

**Анотація.** У статті показано, що сила опору повітря має суттєвий вплив на силовий баланс руху автомобіля та її зменшення може бути одним зі шляхів покращення його паливної економічності. Проведено аналіз відомих досліджень, пов'язаних з особливостями формування сили опору повітря під час руху автомобілів. На підставі цього аналізу було встановлено вплив геометричних параметрів автопоїздів на їх аеродинамічний опір, отже, на необхідність підвищення потужності їх двигунів, що у кінцевому випадку призводить до збільшення витрати палива.

Метою дослідження є визначення можливості покращення аеродинамічних характеристик автопоїздів шляхом вибору раціональної відстані між кабіною і напівпричепом. Показано, що для найбільш розповсюджених комбінацій тягачів і напівпричепів відстань між кабіною і напівпричепом може змінюватись у широкому діапазоні. Попередні дослідження, проведені засобами комп'ютерного моделювання, показують, що зазначена відстань чинить суттєвий вплив на сумарні аеродинамічні сили опору автопоїзда через виникнення у цій зоні турбулентних завихрень потоку повітря. Встановлено, що в науково-технічній літературі практично відсутні дані щодо досліджень впливу відстані між кабіною і напівпричепом на аеродинамічні характеристики автопоїздів, що підкреслює актуальність напрямку дослідження.

**Ключові слова:** автопоїзд, опір повітря, паливна економічність, напівпричеп, комп'ютерне моделювання, аеродинаміка, аеродинамічні сили, аеродинамічні моменти.

**Вступ.**

У сучасних умовах екологічні задачі виходять на перший план всіх галузей народного господарства, включаючи і автотранспорт. На даний час більшість вантажних перевезень у міжміських та міжміських (міжнародних) сполученнях здійснюється за допомогою автопоїздів та вантажних автомобілів. В процесі руху автомобілів, особливо на великих швидкостях, виникає задача зниження витрат палива на подолання сил опору руху, включаючи силу опору повітря, значення якої суттєво залежать від коефіцієнту лобового опору автомобіля і вимагає використання більш потужних двигунів.



В населених пунктах вантажні автомобілі рухаються відносно повільно, але у міжміському сполученні їх швидкості збільшуються і практично наближаються до високих швидкостей легкових автомобілів. Таким чином, зменшення аеродинамічного опору стає одним з ключових завдань покращення показників паливної економічності вантажних автомобілів. В порівнянні з легковими автомобілями вантажні мають більший поперечний переріз та менш плавні обриси через їх призначення та функціональність.

Розробка універсальних вантажних автомобілів вимагає досягнення максимального об'єму вантажного простору при мінімальній площі в плані. Зважаючи на те, що частина цієї площі припадає на двигун і кабінку, коригування їх поперечного перерізу, зокрема висоти, обмежено.

#### **Огляд відомих досліджень.**

В [1] наведено аналіз відомих досліджень, що пов'язано з вивченням особливостей формування сили опору повітря при русі магістральних автопоїздів. Проведені аналітичні дослідження показали, що наявність відстаней між елементами автопоїзда (напівпричепи і причепа, тягача і причепа) суттєво впливають на величину сили опору повітря, тобто на енерговитрати для їх подолання. Зазначено, що існуючі методи розрахунку величини сили опору повітря не враховують окремий вплив цих відстаней, а отримані результати експериментальних досліджень підтвердили необхідність раціонального вибору їх значень.

В [2] автори провели аналіз відомих досліджень, які пов'язані із вивченням особливостей формування сили опору повітря при русі автомобілів. На основі потужнісного балансу зроблено висновки про те, що значна частка потужності двигуна витрачається на подолання сили опору повітря, і чим більша швидкість автопоїзда, тим більший вказаний опір.

В [3] встановлено, що кожні 2 % зниження лобового опору автомобіля призводять до 1 % покращення його паливної економічності. Показано, що для легкового автомобіля одним зі шляхів зниження аеродинамічного опору є зменшення його висоти, але для магістрального вантажного автомобіля або автопоїзда потрібно шукати інші шляхи.

На основі [1, 2] можна зробити висновки, що для магістральних автопоїздів одним з шляхів зменшення сумарних аеродинамічних сил опору руху може бути раціональний вибір відстані між кабіною та напівпричепом. Але, з великою імовірністю можна стверджувати, що ця відстань впливає на керованість автопоїзда, такі як радіус повороту та критичні швидкості по заносу і перекиданню, а отже і на безпеку дорожнього руху [4, 5].

Проте, як слідує з [6], рішенням даної задачі може бути адаптивна геометрія простору між кабіною і напівпричепом автопоїзда. Такий варіант є можливим, оскільки при русі з високими швидкостями зменшуються необхідність у забезпеченні відносних високих показників керованості, таких як критичні швидкості по заносу і перекиданню та малих значень радіусу повороту автопоїздів, за винятком випадків виконання маневрів типу «переставка», але вони не вимагають використання малих радіусів повороту. Крім того очевидно, що при великих швидкостях рух по криволінійних траєкторіях з малими



радіусами кривизни неможливий через необхідність дотримання докритичних швидкостей заносу і перекидання.

Як відомо, крім лобового опору автопоїзда на величину сумарних аеродинамічних сил значний вплив чинять і внутрішні аеродинамічні параметри автомобіля. Питання взаємодії зовнішньої й внутрішньої аеродинаміки розглянуто в [7], де приділена увага зокрема системі охолодження. Розглянуто особливості повітряних потоків у підднищевій зоні та підкапотному просторі, встановлено механізм утворення прикордонного шару повітря на днищі і його вплив на аеродинамічний опір автомобіля. Результати дають можливість визначити найкращі розташування вхідних перетинів повітрязабірників у межах обмежень щодо компоновки кабіни.

### **Актуальність досліджень.**

Покращення аеродинамічних характеристик магістральних тягачів є актуальним завданням, оскільки воно безпосередньо впливає на витрату палива, а, отже, і до зменшення загальних витрат на перевезення вантажів, зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. Загальні питання аеродинаміки автомобілів є достатньо вивченими, проте, коли мова йде про магістральні автопоїзди, ще залишаються питання щодо аеродинамічних процесів в просторі між кабіною та напівпричепом автопоїзда та їх впливу на загальну аеродинаміку автопоїзда. Однак, при розгляді вказаних питань необхідно брати до уваги не тільки зменшення аеродинамічних сил опору, а також і питання безпеки руху, оскільки геометрія простору між кабіною і напівпричепом впливає на керованість автопоїзда, збільшуючи радіуси криволінійних траєкторій по яким він може рухатись внаслідок зменшення максимально можливого кута між поздовжніми осями тягача і напівпричепа. Тому аеродинамічні процеси в просторі між кабіною та напівпричепом автопоїзда з погляду зменшення їх впливу на сумарні аеродинамічні сили потребують більш ретельного та глибокого дослідження, а отже їх вивчення є актуальним науковим завданням.

### **Мета і задачі дослідження.**

Таким чином, загальну мету дослідження можна сформулювати як визначення можливості покращення аеродинамічних характеристик автопоїздів шляхом вибору раціональної відстані між кабіною і напівпричепом із врахуванням забезпечення необхідних показників керованості та безпеки руху.

Для досягнення зазначеної мети необхідно виконати наступні завдання:

- встановити особливості формування та способи зменшення сумарних аеродинамічних сил опору руху автопоїздів врахуванням впливу відстані між кабіною і напівпричепом на сумарний аеродинамічний опір, ступінь впливу вказаної відстані на загальний потужнісний і силовий баланс руху автопоїзда;
- на основі технічних даних сучасних найбільш розповсюджених тягачів і напівпричепів встановити можливий в експлуатації діапазон зміни відстані між їх кабіною і напівпричепом та запропонувати шляхи зменшення впливу вказаної відстані на сумарну аеродинамічну силу опору автопоїзда.



### Основний матеріал.

Сила опору повітря складає суттєву частину силового балансу автомобіля, представленого формулою (1.1), що стає особливо важливо через сучасні тенденції зростання швидкостей руху автопоїздів.

$$P_i = P_d + P_o + P_{пр} + P_f + P_a + P_w + P_j + P_{кр} \quad (1.1)$$

де  $P_i$  - індикаторна сила тяги автомобіля, Н;

$P_d$  - сила інерції обертальних мас двигуна, Н;

$P_o$  - сила опору допоміжного обладнання, Н;

$P_{пр}$  - сила опору трансмісії, Н;

$P_f$  - сила опору коченню, Н;

$P_a$  - сила опору підйому, Н;

$P_w$  - сила аеродинамічного опору повітря, Н;

$P_j$  - загальна (зведена) сила інерції автомобіля, Н;

$P_{кр}$  - сила на тягово-зчіпному пристрої, Н.

Під час руху автомобіля деякі сили можуть бути відсутніми. При рівномірному русі відсутня сила інерції  $P_j$ , без причепа відсутня сила на тягово-зчіпному пристрої  $P_{кр}$ , при відсутності повздовжнього нахилу відсутня сила опору підйому  $P_a$ . При відключенні двигуна від трансмісії, наприклад, під час руху на спуск або в процесі перемикавання передач індикаторна сила тяги автомобіля також відсутня, проте, сила опору повітря діє завжди.

Перенісши в рівнянні (1.1) в ліву частину внутрішні сили опору ( $P_d$ ,  $P_o$ ,  $P_{тр}$ ), отримуємо рівняння силового балансу, де сила тяги автомобіля, Н:

$$P_m = P_f + P_a + P_w + P_j + P_{кр} \quad (1.2)$$

Розглянемо докладніше кожний елемент з (1.2). Сила тяги  $P_m$  виникає в контактні ведучих коліс з опорною поверхнею внаслідок підведення до ведучих коліс крутного моменту двигуна. Вона залежить від параметрів двигуна, трансмісії та параметрів шин. Сила опору коченню  $P_f$  має місце із-за деформації пневматичних шин і опорної поверхні. Вона залежить від ряду факторів, включаючи тип покриття дороги та його стан. Сила опору підйому  $P_a$  має своєю природою гравітацію і проявляється при підйомі (спуску) автомобіля. Сила аеродинамічного опору повітря  $P_w$  виникає внаслідок руху автомобіля в пружному повітряному середовищі, яке має певні значення щільності. Вона залежить від форми автомобіля та взаємної відносної швидкості автомобіля і потоку повітря. Сила інерції автомобіля  $P_j$  виникає внаслідок зміни швидкості автомобіля, як ньютонова, та за рахунок дії обертальних мас. Якщо автомобіль буксирує причіп або інший автомобіль, виникає сила на тягово-зчіпному пристрої  $P_{кр}$ .

З рівняння силового балансу (1.2) можна зробити висновок, що існує низка параметрів, на які можна впливати зміною конструктивних особливостей автомобіля, і важливі з них - сила аеродинамічного опору та загальна маса автопоїзда.

Опір повітря виникає через тертя шарів повітря по поверхні автомобіля, зіткнення їх з рухомим автомобілем, що призводить до появи зони високого



тиску перед автомобілем, зони низького тиску за ним та завихрень в оточуючих автомобіль шарах повітря. Сила аеродинамічного опору має квадратичну залежність від відносної швидкості потоку повітря та автомобіля, тому її зменшення є необхідним.

Опір форми, який складається з опору тиску та лобового опору, є основною складовою всього опору повітря. Його значення може становити до 60 % від загального опору. Цей вид опору виникає внаслідок взаємодії передньої частини автомобіля з потоком повітря, що призводить до створення зони підвищеного тиску перед ним та утворення зони низького тиску позаду. Опір тертя виникає через наявність шорсткості зовнішніх поверхонь автомобіля та складає 10-20 % від загального опору. На цей показник мають вплив якість лакофарбового покриття та наявність частин автомобіля, що виступають, а саме: підняті вночі фари збільшують силу опору повітря на 10 %, відкриті вікна на 5 %, встановлені брудозахисні фартухи на всіх колесах на 3 %, багажник на даху на 10-12 %, зовнішні дзеркала заднього виду на 5-7 %, широкопрофільні шини на 2-4 %, антена на 2 %, відкритий люк в даху на 2-5 % [3].

Під час зіткнення потоку повітря з автомобілем виникає їх взаємодія, що породжує аеродинамічну силу та аеродинамічний момент. Аеродинамічна сила  $F_a$  представляє собою суму всіх елементарних аеродинамічних сил, які діють на поверхню автомобіля. Аеродинамічний момент  $M_a$  визначається як добуток сили, що створюється всіма діючими на автомобіль аеродинамічними силами, на її плече відносно центру ваги автомобіля. Аеродинамічна сила та аеродинамічний момент визначаються наступним чином:

$$F_a = 0.5 \cdot C_a \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \quad (1.3)$$

$$M_a = 0.5 \cdot m_a \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot B, \quad (1.4)$$

де  $C_a$  і  $m_a$  - коефіцієнти повної аеродинамічної сили й моменту;

$\rho$  - густина повітря кг/м<sup>3</sup>;

$S$  - лобова площа (площа міделя) автомобіля м<sup>2</sup> ;

$V_\infty$  - швидкість натікання незбуреного повітряного потоку, м/с;

$B$  – габаритна ширина автомобіля м.

Розклавши аеродинамічну силу і аеродинамічний момент по трьом осям зв'язаної системи координат, початок якої звичайно сполучають із центром мас автомобіля (рис. 1), одержуємо складові:  $F_x$  – сила лобового опору, Н;  $F_y$  – підймальна (притискна) сила, Н;  $F_z$  – бічна сила, Н;  $M_x$  – момент крену, Нм;  $M_y$  – момент, що повертає, або момент рискання, Нм;  $M_z$  – перекидаючий момент, або момент тангажу, Нм.

Сила лобового опору, Н:

$$F_x = 0.5 \cdot C_x \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \quad (1.5)$$

де  $C_x$  – коефіцієнт аеродинамічного опору.

Підймальна сила, Н:

$$F_y = 0.5 \cdot C_y \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \quad (1.6)$$

де  $C_y$  – коефіцієнт піднімальної сили.

Бічна сила, Н:

$$F_z = 0.5 \cdot C_z \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \quad (1.7)$$



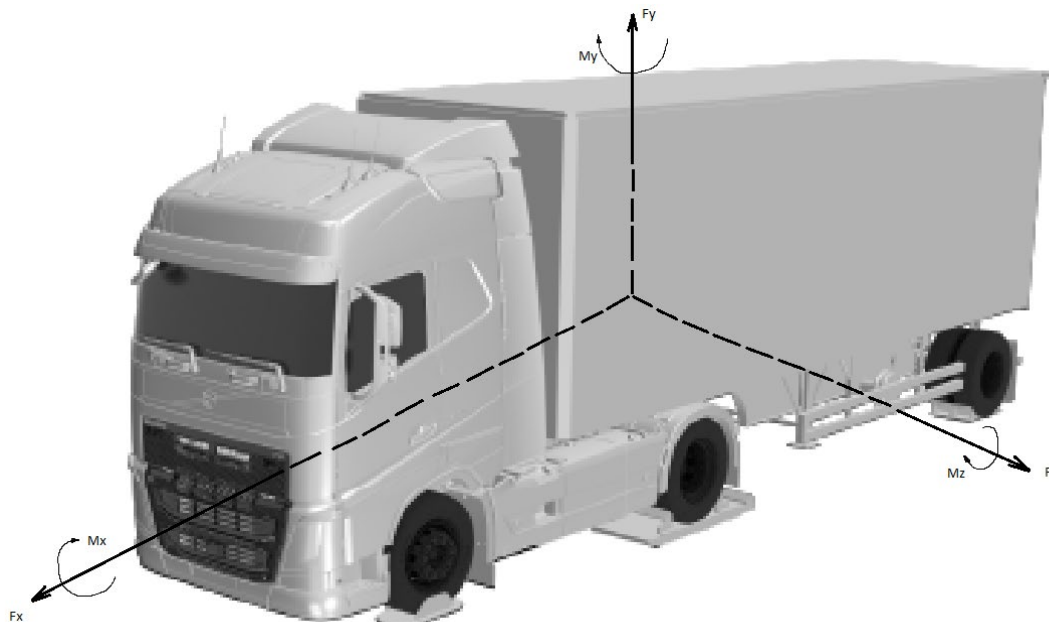
де  $C_z$  – коефіцієнт бічної сили.

Момент крену, Нм:

$$M_x = 0.5 \cdot m_x \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot B, \quad (1.8)$$

де  $m_x$  – коефіцієнт моменту крену;

$B$  – габаритна ширина автомобіля, м.



**Рисунок 1 – Схема дії аеродинамічних сил і моментів на автомобіль**

*Авторська розробка*

Момент, що повертає (момент ристання), Нм:

$$M_y = 0.5 \cdot m_y \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot B, \quad (1.9)$$

де  $m_y$  – коефіцієнт моменту, що повертає.

Перекидаючий момент (момент тангажу), Нм:

$$M_z = 0.5 \cdot m_z \cdot S \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot B, \quad (1.10)$$

де  $m_z$  – коефіцієнт перекидаючого моменту

Коефіцієнти повної аеродинамічної сили  $C_a$  та моменту  $m_a$  визначаються в такий спосіб:

$$C_a = \sqrt{C_x^2 + C_y^2 + C_z^2} \quad (1.11)$$

$$m_a = \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + m_z^2} \quad (1.12)$$

Зовнішня сила, що впливає на автомобіль, визначається лобовою аеродинамічною силою  $F_x$ , яка має суттєвий вплив на необхідну для руху в заданих умовах потужність двигуна під час руху автомобіля на великих швидкостях. Бічна сила  $F_z$  виникає внаслідок нерівномірного впливу бічного вітру на автомобіль. Піднімальна (притискна) сила  $F_y$  виникає в результаті неоднакового тиску на дно автомобіля та його верхню частину.

З метою зменшення лобового опору конструктори автомобілів можуть використовувати різні техніки та засоби: створення профілів зовнішніх поверхонь автомобіля з меншим аеродинамічним опором, використання



аеродинамічних елементів (спойлери, дефлектори тощо), вдосконалення форми ручок дверей, дзеркал заднього виду. Мінімізація лобового опору є важливим інструментом покращення паливної економічності, зниження емісій CO<sub>2</sub> та шкідливих викидів при експлуатації автомобілів.

Сила опору повітря визначається за формулою:

$$P_w = c_x \cdot \rho \cdot F \cdot \frac{v_a^2}{2} = k_w \cdot F \cdot v_a^2, H \quad (1.13)$$

де  $c_x$  – коефіцієнт обтічності;

$\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$F$  – площа міделевого перерізу, м<sup>2</sup>;

$v_a$  – швидкість відносного руху повітря і автомобіля, м/с;

$k_w$  – коефіцієнт опору повітря, Н·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup> [2].

Тягачі магістральних автопоїздів часто мають безкапотне компонування, де передня стінка кабіни розташована майже вертикально внизу і з нахилом назад вгору у верхній частині. Це суттєво впливає на обтікання повітрям, створює завихрення та зони зниженого тиску, що впливають на кабіну та кузов, спричиняє додатковий тиск на них та підвищує сумарний аеродинамічний опір.

Покращення аеродинаміки магістральних автопоїздів включає в себе різні заходи, такі як вдосконалення форми кабіни, зменшення величини перевищення кузова над кабіною, збільшення кута нахилу лобового скла, використання обтічних кабін, гладких суцільнометалевих кузовів та інші. Поліпшення обтікання передньої частини автопоїзда, зокрема форми кабіни, виявляється ефективним заходом для зниження сумарних аеродинамічних сил опору, оскільки саме лобовий опір чинить на них найбільший вплив [2].

На сучасних магістральних автопоїздах використовуються кабіни із збільшеною висотою, що виявляють значно кращі аеродинамічні властивості порівняно із стандартними, менш високими кабінами. Це обумовлено більш досконалою формою лобової панелі та більшими радіусами закруглення фронтальних крайок. Використання високих кабін може забезпечити безрозривний потік повітря, особливо при правильно спроектованій з точки зору обтічності лобовій панелі кабіни, і створює передумови для ефективного перетікання повітря від кабіни безпосередньо на дах і бічні стінки кузова. Це призводить до помітного зменшення аеродинамічного опору автопоїзда у всьому діапазоні зміни кута набігання потоку повітря.

Додаткове встановлення зовнішніх аеродинамічних пристроїв є ще одним способом поліпшення обтічності магістральних автопоїздів. Застосування таких елементів дозволяє істотно покращити аеродинамічні характеристики без змін основних форм кабіни та кузова, а також без великих капіталовкладень на проектування кабін з кращими аеродинамічними показниками. Ефективність використання таких пристроїв визначається обґрунтованістю їх установки на конкретному автопоїзді, а також правильністю вибору типу та місця розташування.

Окрім встановлення додаткових елементів важливим є значення відстані між кабіною автопоїзда та напівпричепом. На сьогоднішній день ця відстань визначається, як правило, характеристиками керованості та стійкості автопоїзда



[4, 5], але, оскільки найбільший опір повітря виникає саме на максимальних швидкостях руху автопоїзда, коли характеристики керованості є менш актуальними через практичну відсутність необхідних маневрів. Для зменшення опору повітря при високих швидкостях руху автопоїздів можна рекомендувати до використання пристрої з адаптивною зміною відстані між кабіною і напівпричепом, що дозволить мати необхідні характеристики керованості в умовах міст при низьких швидкостях руху та низьке значення аеродинамічного опору при русі з великими швидкостями. Загальні значення відстані між кабіною та напівпричепом можна визначити, розглянувши геометричні характеристики найпопулярніших моделей тягачів та напівпричепів. За технічними даними заводів виробників визначено відстань від тягово-зчіпного пристрою до задньої стінки кабіни у тягачів, а у напівпричепів відстань від тягово-зчіпного пристрою до передньої стінки напівпричепу (табл. 1).

**Таблиця 1 – Відстані від зчіпного пристрою до задньої стінки кабіни тягачів та від зчіпного пристрою до передньої стінки напівпричепів**

Тягач		Напівпричіп	
Модель	Відстань, мм	Модель	Відстань, мм
DAF XF105	2220	Shmitz	1690
MAN TGX	2105	Krone	1668
Volvo FH	2510	Koegel	1685
Renault Magnum	2040	Kassbohrer	1680
Mercedes-Benz Actros	2000	Wielton	1400

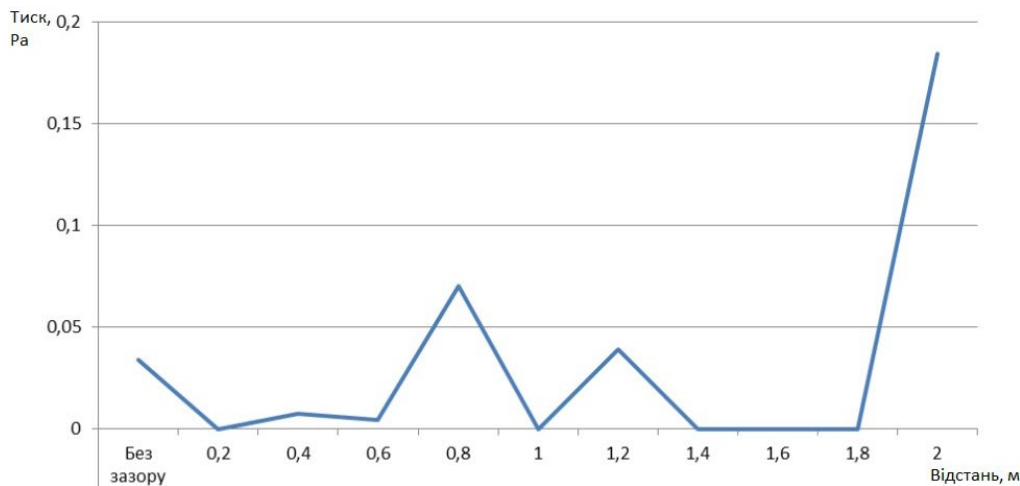
*Авторська розробка*

З отриманих даних визначено, що значення відстані між кабіною і напівпричепом можуть знаходитись в межах 310...1110 мм. Таким чином, імовірним стає припущення, що для різних комбінацій тягача і напівпричепу мають місце різні аеродинамічні характеристики автопоїзда в цілому, а через рекомендовані відстані між кабіною і напівпричепом можна зменшити аеродинамічний опір та вплинути на витрату палива автопоїзда.

Разом з тим, на основі аналізу [2, 3], де представлено результати комп'ютерного моделювання впливу відстані від кабіни до напівпричепу на величину сумарних аеродинамічних сил опору руху автопоїзда (рис. 2), через наявність екстремумів в наведених залежностях, можна зробити висновок, що при певних значеннях відстані між кабіною і напівпричепом, приведений тиск повітря в зоні цієї відстані зменшується до нуля. Слід зазначити, що дані результати отримані для конкретного значення відносної швидкості автопоїзда і повітря, а тому потребують подальшого доповнення.

Таким чином, з отриманих результатів слідує, що зменшення сумарних аеродинамічних сил шляхом вибору раціональної відстані між кабіною і напівпричепом або через адаптивну геометрію простору між кабіною і напівпричепом, є цілком можливим.





**Рисунок 2 – Залежність тиску повітря у просторі між кабіною і напівпричепом від відстані між ними**

Джерело [3]

### Висновки:

1. Проаналізовано особливості формування сумарних аеродинамічних сил опору руху автопоїзда. Показано, що одним зі шляхів зменшення загальної сили опору повітря є вибір раціональної з точки зору зменшення сумарних аеродинамічних сил опору відстані між кабіною і напівпричепом автопоїзда. Показано, що аеродинаміка магістральних автопоїздів має велике значення для забезпечення їх паливної економічності.

2. На основі технічних даних сучасних найбільш розповсюджених тягачів і напівпричепів отримано, що відстань між їх кабінами та напівпричіпами може змінюватись від 310 до 1110 мм. В залежності від величини вказаної відстані матимуть місце різні значення сумарних аеродинамічних сил опору, а з урахуванням їх впливу на керованість зроблене припущення про необхідність взаємоузгодження питань зменшення аеродинамічного опору зміною значень відстані між кабіною і напівпричепом автопоїзда і його керованістю.

### Література:

1. Опанасюк Є.Г., Бегерський Д.Б., Можаровський М.М., Опанасюк О.Є. Дослідження аеродинамічних показників автопоїзда методом фізичного моделювання. // «Вісник Житомирського державного технологічного університету». – Житомир: РВВ ЖДТУ, 2019. - № 1 (83). С. 25 – 34.

2. Бегерський Д.Б., Вітюк І.В., Коваль А.О. Залежність витрати пального від аеродинаміки автопоїзда. // Технічна інженерія. Автомобільний транспорт. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2023. - №2(92). С. 3 – 8. DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-2\(92\)-3-8](https://doi.org/10.26642/ten-2023-2(92)-3-8)

3. Бегерський Д. Б., Вітюк І. В., Коваль А. О., Цимбал С. В. Вплив геометричних параметрів автопоїзда на його аеродинамічні характеристики. Вісник машинобудування та транспорту. 2024. Вип. 18 (2). С. 10–15.

4. Сахно В.П., Поляков В.М., Файчук М.І., Кузнецов Р.М., Глінчук В.М. Порівняльна оцінка маневреності триланкових автомобільних поїздів різних компоновальних схем. // «Автошляховик України». – Київ:



ДержавтотрансНДІпроект, 2013. - №1. С. 2 – 6.

5. Сахно В.П., Поляков В.М., Кузнєцов Р.М., Гуменюк П.О. Маневреність автопоїзда з керованим напівпричепом. // «Наукові нотатки». – Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2014. - №45. С. 500 – 507.

6. García-Baena, C., Camacho-Sánchez, J. M., Lorite-Díez, M., Gutiérrez-Montes, C., & Jiménez-González, J. I. Drag reduction on a blunt body by self-adaption of rear flexibly hinged flaps. // *Journal of Fluids and Structures*, 2023, Vol. 118: 103854. . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2023.103854>.

7. Walker T. Some Aspects of the Aerodynamic and Thermodynamic Development of the new Volvo XC90 / T.Walker // International Stuttgart Symposium, Automotive and Engine Technology.

### References:

1. Opanasiuk Ye.H., Beherskyi D.B., Mozharovskyi M.M., Opanasiuk O. Ye. 2019 Doslidzhennia aerodynamichnykh pokaznykiv avtopoizda metodom fizychnoho modeliuвання [Study of the aerodynamic parameters of the road train by the method of physical modeling] *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu*, issue 1 (83). pp. 25–34.

2. Beherskyi D.B., Vitiuk I.V., Koval A.O. 2023 Zalezhnist vytraty palnoho vid aerodynamiky avtopoizda [Dependence of fuel consumption on the aerodynamics of the road train] *Tekhnichna inzheneriia. Avtomobilnyi transport*, issue 2(92). pp. 3–8. DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-2\(92\)-3-8](https://doi.org/10.26642/ten-2023-2(92)-3-8)

3. Beherskyi D. B., Vitiuk I. V., Koval A. O., Tsymbal S. V. Vplyv heometrychnykh parametriv avtopoizda na yoho aerodynamichni kharakterystyky. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*. 2024. Vyp. 18 (2). pp. 10–15.

4. Sakhno V.P., Poliakov V.M., Faichuk M.I., Kuznietsov R.M., Hlinchuk V.M. Porivnialna otsinka manevrenosti trylankovykh avtomobilnykh poizdiv riznykh komponovalnykh skhem. «Avtoshliakhovyk Ukrainy». 2013. №1. pp. 2 – 6.

5. Sakhno V.P., Poliakov V.M., Kuznietsov R.M., Humeniuk P.O. Manevrenist avtopoizda z kerovanyim napivprychepom. «Naukovi notatky». Lutskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet. 2014. №45. pp. 500 – 507.

6. García-Baena, C., Camacho-Sánchez, J. M., Lorite-Díez, M., Gutiérrez-Montes, C., & Jiménez-González, J. I. 2023 Drag reduction on a blunt body by self-adaption of rear flexibly hinged flaps. *Journal of Fluids and Structures*, Vol. 118: 103854. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2023.103854>.

7. Walker T. Some Aspects of the Aerodynamic and Thermodynamic Development of the new Volvo XC90 / T.Walker // International Stuttgart Symposium, Automotive and Engine Technology.

**Abstract.** *The article shows that the force of air resistance has a significant effect on the power balance of the car's movement, and its reduction can be one of the ways to improve its fuel efficiency. An analysis of known studies related to the features of the formation of air resistance during the movement of motor vehicles was carried out. Based on this analysis, the influence of the geometric parameters of road trains on their aerodynamic resistance and, therefore, on the need to increase the power of their engines, which ultimately leads to an increase in fuel consumption, was established.*

*The purpose of the study is to determine the possibility of improving the aerodynamic characteristics of road trains by choosing a rational distance between the cabin and the semi-trailer. It is shown that for the most common combinations of tractors and semi-trailers, the distance between the cab and the semi-trailer can vary in a fairly wide range of values. Preliminary studies carried out by means of computer modeling show that the specified distance has a significant impact on the total aerodynamic resistance forces of the road train due to the occurrence of turbulent eddies of the air flow in this zone. It has been established that in the scientific and technical literature, there are practically no data on studies of the influence of the distance between the cabin and the semi-trailer*



*on the aerodynamic characteristics of road trains, which emphasizes the relevance of the research direction.*

**Key words:** *road train, air resistance, fuel efficiency, semi-trailer, computer simulation, aerodynamics, aerodynamic forces.*

Стаття надіслана: 28.07.2024 р.

© Бегерський Д.Б., Коваль А.О., Левківський О.А.,  
Багінський О.О., Ільченко А.В.,