

порту" / В.Л. Файст. – Харків, 2012. – 20 с.

3. Динамика автомобиля / [Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.], под.ред. М.А. Подригало. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.

4. Подригало М.А. Определение предельных динамических показателей легковых автомобилей / М.А. Подригало, Д.В. Абрамов // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 1. – С. 81-91.

5. Абрамов Д.В. Предельные динамические показатели переднеприводных легковых автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы / Д.В. Абрамов // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. – №1(3). – С. 10-15.

6. Авершин А.Г. Аэродинамическое совершенствование заднего диффузора гоночного автомобиля формулы 1600 / А.Г. Авершин, Ю.В. Стародубцев // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. Харьк.: ХНАДУ. – 2010. – Вып. 2.– С. 35-41.

Абрамов Д.В. Предельные динамические показатели полноприводных легковых автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы

В данной статье определены предельные по условию сцепления ведущих колес с дорогой динамические показатели полноприводных автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы, динамического перераспределения нормальных реакций между колесами передней и задней осей автомобиля.

Ключевые слова: предельное ускорение, предельная скорость, подъемная аэродинамическая сила, полноприводный автомобиль.

Abramov D.V. Limit dynamic performance all-wheel drive passenger cars taking into account lifting aerodynamic forces

This article defines the limit of dynamic parameters with condition of adhesion with the road of the drive wheels of all wheel drive vehicles, taking in to account the aerodynamic lift forces, the dynamic redistribution of the normal reactions between the wheels of the front and rear axles of the vehicle. Dynamic properties include traction-speed property of cars. Limit of traction-speed properties of wheel-drive vehicles have a significantly higher indices than the other machines schemes. At high speeds the car the limit of its dynamic indices will be significantly affected by the lifting (pressing) the aerodynamic force. The limit of acceleration and speed with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive vehicles are determined taking into account the application of traction forces on the axis of the drive wheel, and not in the contact area, as it did previously. In addition, obtained the dependence of the coefficient to determine the allocation of the total traction on the front axle of the car taking into account the actions of aerodynamic lift force. The dependencies obtained and graphs plotted of changes the limit of acceleration with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive vehicles in dependence on its speed considering of action the aerodynamic lift force. Also the dependencies obtained and graphs plotted of changes the limit of speed with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive vehicles in dependence on the maximum adhesion with the road of the drive wheels on the example of wheel-drive passenger car Mitsubishi Pajero Wagon. The analytical expressions allow to assess the limit of dynamic parameters with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive passenger cars considering lifting (pressing) the aerodynamic force with high accuracy.

Keywords: acceleration limit, speed limit, lifting aerodynamic force, all-wheel drive car.

Дата надходження до редакції: 24.11.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.

УДК 621.614.1

АЕРОДИНАМІЧНІ АВТОФУРГОНИ

С. Г. Бондарев, к.т.н., доцент

О. В. Рясна, ст. викладач

Сумський національний аграрний університет

Розглянуто проблеми пов'язані з витратами паливних ресурсів при автомобільних перевезеннях вантажів. Запропоновано перспективний напрям економії палива, шляхом зменшення аеродинамічного опору автофургонів з порожнім, або частково завантаженим фургоном.

Ключові слова: аеродинаміка, опір повітря, витрата палива, фургон

Вступ: Автомобільний транспорт, здійснює | Основними сферами подальшого застосування перевезення вантажів по безрейкових шляхах. | автомобільного транспорту є розвезення та

підвезення вантажів до магістральних видів транспорту, перевезення промислових і сільськогосподарських вантажів на короткі відстані, внутрішньо-міські перевезення, перевезення вантажів для цивільного та промислового будівництва, можливість доставки вантажів «від дверей до дверей». На великі відстані автомобільний транспорт перевозить швидкопсувні продукти, особливо цінні речі, які потребують швидкої доставки, і незручні для перевантаження іншими видами транспорту вантажі. Нині без автомобільного транспорту неможлива діяльність жодної галузі господарства.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Автомобільний транспорт почав розвиватися з ХХ ст. зі зростанням виробництва автомобілів та будівництва автошляхів. У наш час доля автомобільних перевезень, відносно усіх інших складає 54%, рис 1.

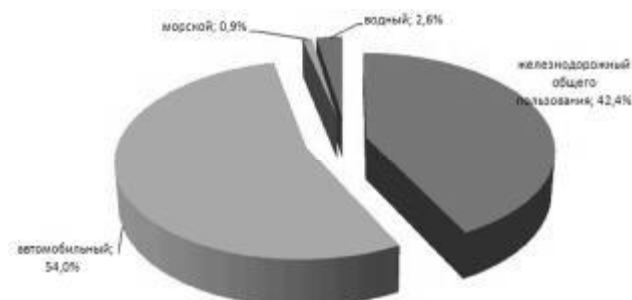


Рис. 1 Структура українського ринку комерційного вантажоперевезення в Україні по видах транспорту станом на 2013р. у відсотках.

Однією зі складових витрат при перевезенні вантажів на великі відстані є витрати на паливе, яке є домінуючим показником і у середньому складає 30% рис. 2.

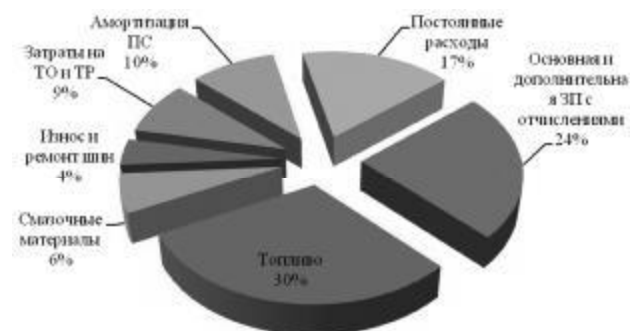


Рис. 2 Загальні витрати при автоперевезенні вантажів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій Розвиток автомобільної промисловості надзвичайно швидкими темпами розвивався на рівні легкових автомобілів. Вимоги заможних клієнтів, спец підрозділів різних структур та автоспорту, спонукає автовиробників створювати більш сучасні автомобілі, які б мали більшу потужність двигуна, задля досягнення максимальної швидкості зменшувати аеродинамічний опір кузова, покращувати оздоблення інтер'єру та екстер'єру тощо. Але так розвивалась промисловість по

випуску легкових автомобілів, в той же час приділялось набагато менше уваги при створенні вантажних автомобілів, зокрема автомобілів для перевезення вантажів на великі відстані на відносно великих швидкостях. Починаючи з 30-50 х років минулого сторіччя і до сьогодні принцип конструювання автофургонів, на причепах та напівпричепах для сідлові тягачів практично залишився незмінним (1). Єдине на що спромоглися автовиробники, це встановлення аеродинамічних повітряних обтікачів на кабіну, які дещо зменшили коефіцієнт лобового опору (C_x).

Детальний аналіз аеродинаміки при швидкісному русі автофургонів, показав низку напрямів вирішення, яких би суттєво зменшило C_x , це і встановлення передніх, бокових та днищевих спойлерів, зменшення відстані між кабіною тягача та самим фургоном, встановлення камер, замість дзеркал заднього огляду, встановлення повітряних обтікачів на колеса та візок напівпричепа, форма даху фургона, тощо (2).

На виставці «Трейлер-2011», що проходив у Бельгії, компанія Mercedes представила аеродинамічний комплект для напівпричепа магістрального тягача. Набір знижує рівень аеродинамічного опору, знижуючи витрату палива і викиди шкідливих речовин в атмосферу, що є в наші дні головною темою серед автовиробників. Передній фартух закриває колеса напівпричепа спереду, довгі панелі— збоку, задній дифузор під нижньою кромкою дверей і спойлер по їх периметру перерозподіляють повітряні потоки. Особливу цінність нововведення додає той факт, що автопоїзд укладається в дозволені параметри по довжині. За словами інженерів, комплект знижує аеродинамічний опір на 18%, рис. 3, (3). Але навіть такий світовий лідер автовиробників не запропонував нічого більш суттєвого, окрім встановлення банальних накладок.



Рис. 3

У даній статті автор здійснює спробу фокусування уваги на елемент, який до цього часу

залишався осторонь і вважався елементом недо-торканим та догматичним. Йдеться про кормову частину вантажного автофургону, у якій утворюється зона розрядженого повітря, або зона турбулентності, що спричиняє підвищення коефіцієнту лобового опору до 30-40% рис. 4 Б.

Формування цілей статті та постановка задач досліджень. Метою цієї статті є пошук перспективних напрямів конструювання аеродинамічних автофургонів зі змінним коефіцієнтом лобового опору в залежності від їх використаного об'єму, які могли бути встановлені на автомобільне шасі, та на рами автомобільних причепів та напівпричепів, а також на інтегровані трансмісії у якості блочного модуля. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Обґрунтувати перспективність розробки аеродинамічних автофургонів;

2. Запропонувати новий напрям створення аеродинамічних автофургонів зі змінним коефіцієнтом лобового опору у залежності від його завантаження, шляхом створення безвідривного обтікання повітрям елементів автофургону.

3. Розробити принципово нову конструкцію автофургону та кінематику приводів, для реалізації руху, рухливих елементів конструкції;

4. Перевірити на практиці зменшення коефіцієнту лобового опору автофургонів при їх частковому завантаженні, або при його відсутності.

Викладення основного матеріалу. Ефективність автомобільного транспорту визначається низкою переваг серед яких головними є швидкісні та паливо - економічні властивості. Суттєво підвищити швидкість і водночас зменшити витрати пального не змінюючи потужності двигуна, можливо лише шляхом зменшення аеродинамічного опору. Аеродинамічний опір автомобіля обумовлено рухом останнього з певною відносною швидкістю в навколишньому повітряному середовищі. Серед усіх сил, складових опір руху автомобіля, зазначена сила представляє найбільший інтерес в контексті зростаючих швидкостей руху транспортних засобів і саме тому, вже при швидкості руху 50 – 60 км/год. вона перевищує будь-яку іншу силу опору руху автомобіля, а на швидкостях 100 – 120 км/год. перевершує всі їх разом узяті. Аеродинамічний опір автомобільних фургонів можливо уявити як суму декількох його складових, до яких слід відвести у першу чергу опір форми.

Опір форми, або коефіцієнт лобового опору є основною складовою опору повітря, яке досягає 60% від загальної. Механізм виникнення цього виду опору полягає в тому, що при русі транспортного засобу в навколишньому повітряному середовищі відбувається стискання потоку повітря яке набігає в передній частині автомобіля. В

результаті, у зазначеній зоні створюється область підвищеного тиску. Під його впливом струмені повітря спрямовуються до задньої частини автомобіля. Ковзаючи по його поверхні, вони обтікають контур транспортного засобу. Однак у певний момент починає проявлятися явище відриву елементарних струминок від обтічним ними поверхні і освіти в цих місцях завихрень. У задній частині автомобіля повітряний потік остаточно зривається з кузова транспортного засобу. Це сприяє утворенню тут області зниженого тиску, куди постійно здійснюється підсмоктування повітря з навколишнього повітряного простору. Класичною ілюстрацією наявності зони зниженого тиску є пил і бруд, які осідають на елементи конструкції задньої частини транспортного засобу. За рахунок різниці тисків повітря попереду і позаду автомобіля створюється сила лобового опору. Чим пізніше відбувається зрив повітряного потоку з обтічної поверхні і відповідно менше область зниженого тиску, тим меншою буде і сила лобового опору.

Автофургони необхідно створити таким чином, щоб процес переміщення повітря з передньої зони автомобіля в кормову, у якій визначається головним чином характер вихроутворення, походив з найменшими витратами енергії. Чим менше утворюється локальних завихрень, що заважають нормальному перетіканню цівок повітря під дією різниці тисків, тим знов таки буде менша і сила лобового опору.

При русі автомобіля в міському потоці аеродинамічний опір автомобіля незначний, на трасі ж його значення досягає великих величин. В таких умовах практично вся вироблювана двигуном потужність витрачається на подолання опору повітря.

Причому за кожен зайвий км/год. приросту максимальної швидкості автомобіля доводиться платити істотним збільшенням його потужності, або зниженням C_x . Коефіцієнт лобового опору визначають експериментальним методом шляхом продувки автомобіля, або його моделі в аеродинамічних трубах. Від величини C_x автофургону в прямій залежності знаходиться кількість витраченого їм палива, а значить і загальні витрати на перевезення вантажу. Тому конструктори всіх фірм-виробників автомобільної техніки постійно намагаються знизити коефіцієнт лобового опору своїх творінь. C_x для кращих зразків сучасних автофургонів становить величину порядку 0,6 – 0,9.

Для максимального зменшення зони розрядження у кормовій частині необхідно змістити задні частини бокових стінок до повздовжньої площини симетрії, при цьому задні завантажувальні дверні проєми змістяться у внутрішню частину автофургону. Цілком зрозуміло, що наслідком такої трансформації є зменшення корисного об'єму автофургону орієнтовно на 20-30

відсотків, але як показує практика об'єм автофургонів зазвичай використовується лише на 50-80 відсотків. Отримання максимального об'єму можливе встановленням бокових стін автофургону у початкове положення. На рис. 4 зображено повздовжній горизонтальний перетин фургону, у се-

редній його частині, де літерою "А" позначено його праву половину, у складеному стані при використанні мінімального об'єму, а літерою "Б" ліву частину, у розгорнутому стані, для максимального використання об'єму фургону.

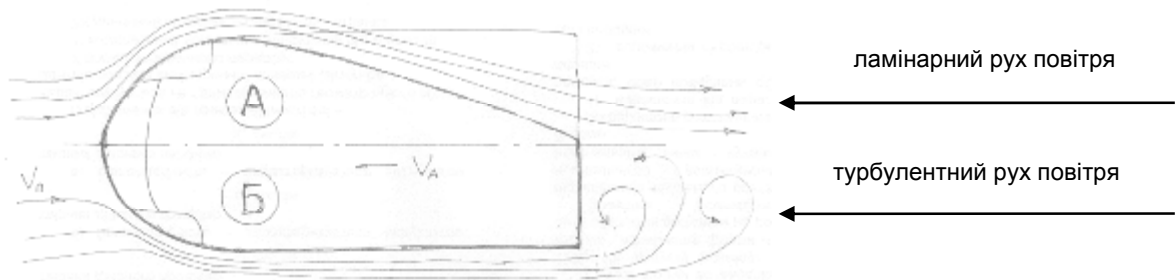


Рис. 4 Зображення повітряних потоків, які утворюються під час руху автомобільного фургону зі складеними бортами - А, та у розгорнутому стані- Б.

Реалізувати конструктивно, зміну об'єму автофургону можливо використовуючи кінематичну схему зображену на Рис. 5.

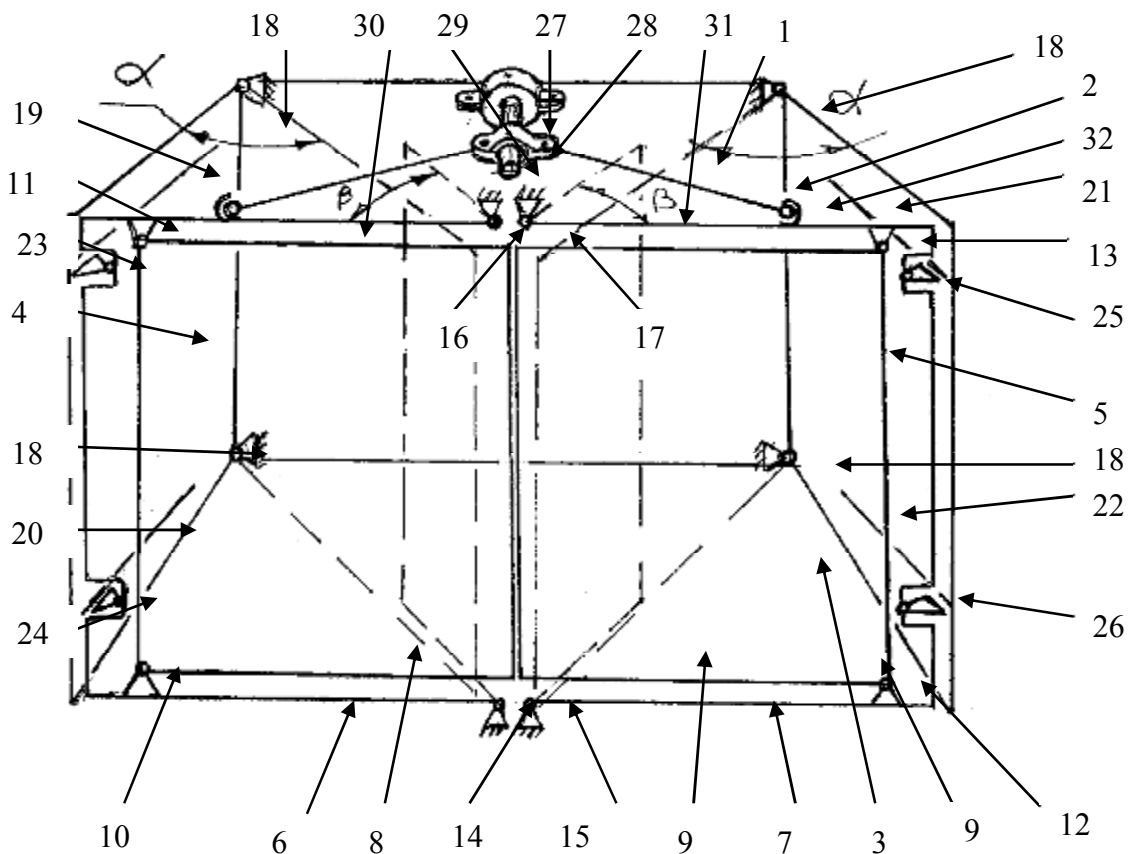


Рис. 5. Кінематична схема приводу складання бічних панелей автофургона

Автофургон рис. 5 має передню панель 1, дахову панель 2, підлогу 3, бічні панелі, ліву 4 та праву 5, напіврами задньої лівої панелі 6 та правої 7, створки задніх дверей лівої 8 та правої 9, які встановлені за допомогою шарнірів 10 та 11 закріплюють ліву створку задніх дверей 8, ташарнірів 12 та 13, які закріплюють праву створку задніх дверей 9, напіврами задньої лівої панелі 6 та правої 7 приєднані до підлоги у нижній частині,

відповідно шарнірами 14 та 15, та у верхній частині до дахової панелі 2, відповідно шарнірами 16 та 17. Бічні панелі, ліву 4 та праву 5, приєднані до передньої панелі 1 за допомогою чотирьох сайлентблоків 18, попарно до лівої та правої. До бічних панелей, лівої 4 та правої 5, приєднані повздовжні трубчасті напрямні 19 та 20 на ліву панель 4, та трубчасті напрямні 21 та 22, на які встановлено повзуни з шарнірами відповідно на

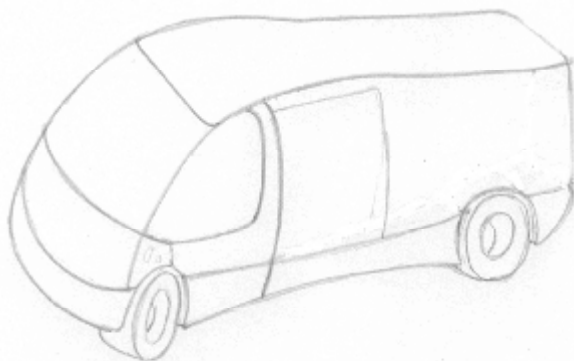
ліву панель 23 та 24, та на праву панель 25 та 26. Зазначені повзуни з шарнірами приєднані до напіврам задньої лівої панелі 6 та правої 7. До дахової панелі 2 встановлено електричний двигун постійного струму 27, ротор якого поєднано з ходовим валом 28, на якому встановлено ходова гайка 29. Ходова гайка 29 має дві пров'язи, які розташовані під кутом 180° , у кожну з яких під'єднані дві туги 30 та 31, другі кінці яких під'єднані до створок задніх дверей відповідно лівої 8 та правої 9, завдяки шарнірів відповідно 31 та 32.

Привод складання бічних панелей автофургону працює наступним чином. На рис. 5 зображений автофургон у розкладеному стані. Завантаження автофургону здійснюється з кормової частини, шляхом відкриття створок задніх дверей лівої 8 та правої 9, які приєднані шарнірами відповідно 10 та 11 та 12 та 13, відповідно до напіврам задньої лівої панелі 6 та правої 7.

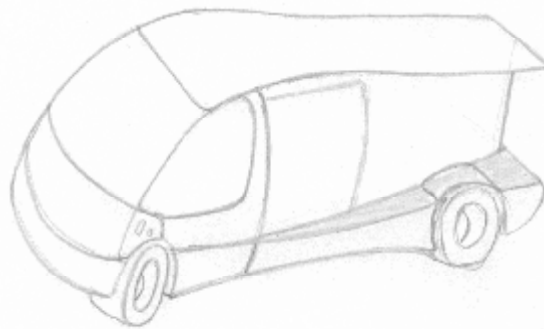
Для зменшення його коефіцієнту лобового опору, до електричного двигуна 27 постійного

струму подається напруга бортової мережі, після чого починає обертатися ходовий вал 28, який оснащений різьбою. При обертанні ходового валу, ходова гайка 29 починає переміщуватись до двигуна. Оскільки до ходової гайки 29 під'єднані дві туги 30 та 31, а другі кінці яких під'єднані до створок задніх дверей відповідно лівої 8 та правої 9, через шарніри 31 та 32, напіврами задньої лівої панелі 6 та правої 7 починають обертатись в шарнірах відповідно 14 та 16, та 15 і 17 на кут β , у бік передньої панелі 1. Оскільки рами задньої лівої панелі 6 та правої 7 під'єднані до бічних панелей, лівої 4 та правої 5, через повзуни з шарнірами, відповідно 23 та 24, і 25 та 26 то ковзаючи татрубчастим напрямним 19 та 20 і 21 та 22 бічні панелі лівої 4 та правої 5 сторони, почнуть переміщуватись на кут α , до положення коли задні кромки зазначених панелей з'єднаються одне з одним без зазору, після чого двигун 27 повинен вимкнутись.

На рис.6 запропоновано варіант загального вигляду аеродинамічного фургону.



а.



б.

Рис. 6 Загальний вигляд аеродинамічного фургону; а.) при використанні повного об'єму фургону; б.) при частковому завантаженні, або відсутності вантажу.

При продуванні макетної моделі у масштабі 1:10 у аеродинамічній трубі було виявлено, у першому випадку рис. 4 "А" плавний, безперервний, або ламінарний рух повітряних потоків забарвлених димом, у другому випадку "Б" повітряні потоки мали ламінарний рух лише до кінця бокових стінок фургону, після чого вони відривались

від фургону і утворювали велику турбулентність повітряних потоків. При проведенні випробувань при розкритому автофургоні таскладеному, виявилась різниця не менше, як 0.5 одиниць, з чого можливо припустити, що очікувана економія пального складе не менш 12%.

Список використаної літератури:

1. <http://amonov.livejournal.com/135457.html>
2. http://ema-rus.ru/netcat_files/userfiles/Prezentatsiya_Aerodinamicheskie_furgony.pdf
3. <http://www.mitchell-auto.ru/news/2/mercedes-benz-gotovit-aerodinamicheskij-komplekt-dlja-gruzovyh-avtopoezdov.html>
4. <http://reno-symbol.ru/texty/forma-i-aerodinam.html>

Бондарев С.Г., Рясна О.В. Аэродинамические автофургоны

В данной статье затронуты вопросы повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта при перевозке грузов на большие расстояния при высоких скоростях.

Выявлено, что одним из основных путей повышения экономичности с одновременным увеличением скорости передвижения автофургонов, без увеличения мощности двигателя, является уменьшение аэродинамического сопротивления, путём уменьшения коэффициента лобового сопротивления. Аэродинамическое сопротивление автомобиля обусловлено движением последнего с

некоторой относительной скоростью в окружающей воздушной среде. Среди всех сил, составляющих сопротивление движению автомобиля, указанная сила представляет наибольший интерес в контексте возрастающих скоростей движения транспортных средств. Уже при скорости движения 50 – 60 км/час. аэродинамическое сопротивление превышает любую другую силу сопротивления движению автомобиля, а на скоростях 100 – 120 км/час. превосходит все их вместе взятые. Аэродинамическое сопротивление автомобильных фургонов можно представить как сумму нескольких его составляющих, к которым следует отнести в первую очередь коэффициент лобового сопротивления. От величины коэффициента лобового сопротивления автофургона в прямой зависимости находится количество расходуемого им топлива, а значит и общие затраты на перевозку груза. Поэтому конструкторы всех фирм-производителей автомобильной техники постоянно пытаются снизить коэффициент лобового сопротивления своих изделий. Для лучших образцов современных автофургонов коэффициент лобового сопротивления составляет величину порядка 0,6 – 0,9. Коэффициент лобового сопротивления возможно существенно уменьшить, уменьшив зону разрежения в кормовой части, путём смещения задних частей боковых стенок к продольной плоскости симметрии автофургона, при этом кормовые загрузочные дверные проемы сместятся во внутреннюю часть автофургона. Вполне очевидно, что следствием такой трансформации является уменьшение полезного объема автофургона ориентировочно на 20-30 процентов, однако, как показывает практика, максимальный объем автофургонов обычно используется лишь на 50-80 процентов. Получение максимального объема возможно установкой боковых стен автофургона в исходное положение.

При продувке макетной модели в масштабе 1:10 в аэродинамической трубе, было выявлено, что в случае со сложенными боковыми панелями, движение воздушных потоков, окрашенных дымом, наблюдалось плавное и непрерывное, в случае с раскрытыми боковыми панелями, воздушные потоки имели ламинарное движение только до конца боковых стенок фургона, после чего, в кормовой части они отрывались от фургона и образовывали большую турбулентность воздушных потоков. При проведении испытаний при раскрытом автофургоне и сложенном, разница коэффициентов лобового сопротивления оказалась около 0,5 единиц, из чего следует, что реальная экономия топлива составит не менее 15%.

Ключевые слова: аэродинамика, сопротивление воздуха, расход топлива, фургон.

Bondarev S., Ryasna O. Aerodynamic commercial vehicles

The article discusses the issues of increasing the efficiency of motor transport operation for the carriage of goods long distances at high speeds. It is revealed that one of the main ways of increasing the efficiency with simultaneous increase in the speed of movement of the RV, without increasing engine power is to reduce aerodynamic drag by reducing the shape factor or drag coefficient. Aerodynamic resistance of the vehicle due to the movement of the latter with some relative velocity to the surrounding air. Among all forces that compose the resistance to movement of the vehicle, the specified power is of the greatest interest in the context of increasing vehicle speeds. Already at speeds of 50 – 60 km/h. aerodynamic resistance exceeds any other force of resistance to movement of the vehicle, and at speeds 100 – 120 km/h. exceeds all of them put together. The aerodynamic drag of road vans can be represented as a sum of its components, which should be given primarily resistance form. The value of the drag coefficient of the van in direct proportion is the amount of spent fuel to them, and hence the overall cost of shipping. Therefore, the designers of all the firms of automotive manufacturers are constantly trying to reduce the drag coefficient of their products. For the best in contemporary vans the drag coefficient is on the order of 0.6 – 0.9. The drag coefficient may significantly reduce by reducing the zone of suction in the aft, by moving the rear parts of the side walls to the longitudinal plane of symmetry of the camper, aft of the boot door openings will move to the inner part of the van. It is obvious that the result of this transformation is the reduction of useful volume of the van by approximately 20-30 percent, however, as practice shows, the maximum volume of the RV is normally used only by 50-80 per cent. Getting the maximum amount possible by the installation of the side walls of the van to its original position.

When blowing breadboard model in scale of 1:10 in a wind tunnel it was found that in the case of the folded side panels of air flow, colored smoke was observed smooth and continuous, in the case with open side panels, air flow was laminar motion only until the end of the side walls of the van, and then, aft they broke away from the van and formed a great turbulence of air flow. When tested in an open van and folded, the difference of coefficient of head resistance was about 0.5 units, which means that the real fuel savings will be at least 15%.

Key words: aerodynamics, air resistance, fuel consumption, van.

Дата надходження до редакції: 11.02.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.