

BADANIA NUMERYCZNE WPŁYWU KĄTA POCHYLENIA OWIEWKI MOTOCYKLOWEJ NA WYBRANE PARAMETRY AERODYNAMICZNE

JAKUBOWSKI Mirosław, Dr. Inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska,
miroslaw.jakubowski@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0001-9619-8215

ЦИФРОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУТА НАХИЛУ ВІТРОВОГО СКЛА МОТОЦИКЛУ НА ОКРЕМІ АЕРОДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ

ЯКУБОВСКИ Мірослав, кандидат технічних наук, Жешувська Політехніка, Жешув, Польща,
miroslaw.jakubowski@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0001-9619-8215

NUMERICAL TESTS OF THE INFLUENCE OF THE TILT ANGLE OF THE MOTORCYCLE WINDSHIELD ON SELECTED AERODYNAMIC PARAMETERS

JAKUBOWSKI Mirosław, PhD in Technical Sciences, Rzeszow University of Technology, Rzeszow,
Poland, miroslaw.jakubowski@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0001-9619-8215

WSTĘP

Opór aerodynamiczny jest jedną z sił oporów działających na pojazd w czasie jazdy. Powyżej prędkości ok. 75 km/h siła ta zaczyna mieć dominujące znaczenie natomiast poniżej - największą wartością cechują się opory toczenia [1].

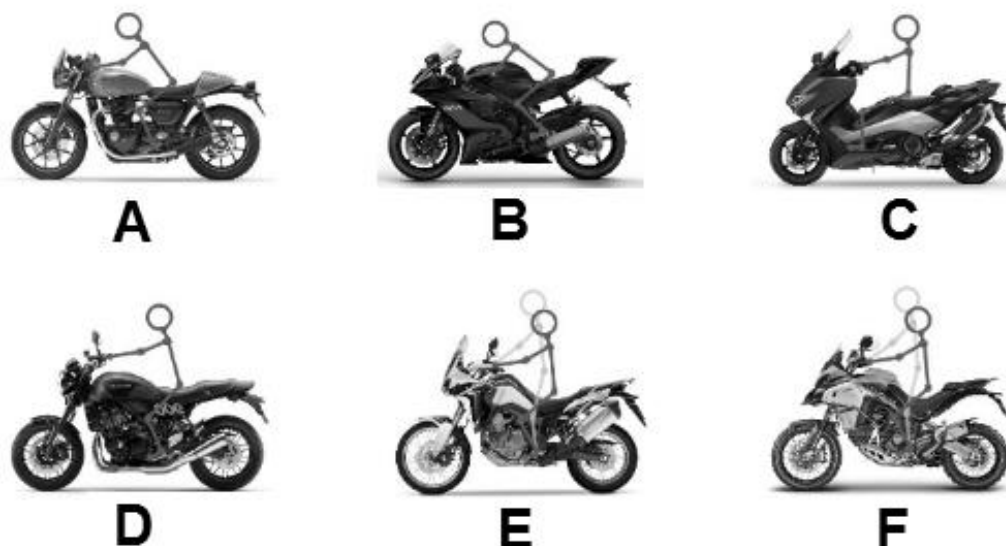
Opór aerodynamiczny jest sumą oporów [1,2,3]:

- profilowego (udział ok. 60%),
- zakłóceń (ok. 15%),
- tarcia (ok. 7%),
- indukcyjnego.

Powyżej prędkości 100 km/h opór aerodynamiczny stanowi ok. 90% całkowitego oporu ruchu motocykla [4].

W kontekście badań nad aerodynamiką pojazdów pomiary w tunelu aerodynamicznym nadal są najpowszechniejsze i szeroko stosowane, niemniej ewolucja komputerów w zakresie elektronicznego przetwarzania i przechowywania danych oraz postęp w obliczeniowej dynamice płynów (CFD) stanowią o znaczącej użyteczności tej metod w przedmiotowych badaniach [5].

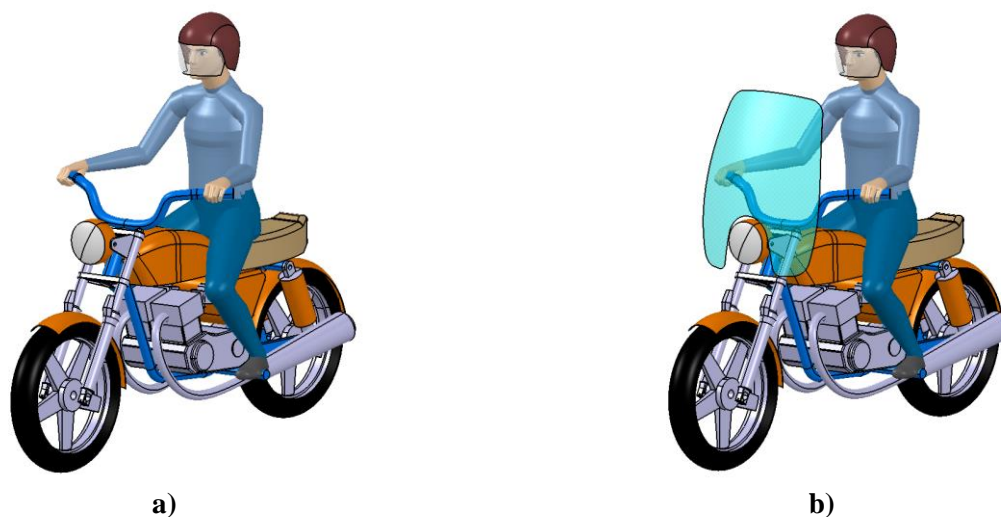
Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów motocykli różniących się m.in. geometrią ramy, pojemnością skokową i mocą silnika, rozmiarem kół itd. Parametry te stanowią w głównej mierze o zastosowaniu i funkcjonalności poszczególnych jednośladów. Wśród różnych odmian konstrukcyjnych popularne są motocykle klasyczne, niewyposażone w owiewki i kufry, o geometrii, która pozwala kierowcy na komfortowe podróżowanie z wyprostowaną sylwetką (typ D na rysunku 1 – tzw. motocykl "retro"). Stylistycznie bardzo zbliżonym rodzajem jednoślada jest tzw. "naked bike" (motocykl wyróżniający się przede wszystkim brakiem owiewek). Tego rodzaju pojazdy są niejednokrotnie modyfikowane przez użytkowników poprzez zamontowanie relatywnie dużej szyby motocyklowej spełniającej rolę owiewki i chroniącej motocyklistę przed naporem powietrza przy jeździe z dużą prędkością. Oprócz szyb przeznaczonych do konkretnych modeli dostępne są również konstrukcje uniwersalne. Zestawy montażowe umożliwiają przy tym ustalenie kąta pochylenia szyby według potrzeb. Wielkość ta jest jedną z wielu, które mają wpływ na parametry aerodynamiczne motocykla, w tym na siłę oporu. Tym samym poprzez zastosowanie takiej szyby lub też niewielkiej owiewki można wpływać nie tylko na zużycie paliwa, ale także na komfort i bezpieczeństwo jazdy. Badaniom podlegają również inne elementy formujące strugi powietrza opływającego motocyklistę takie jak np. specjalnie ukształtowane bryły umieszczane tuż przed kierowcą jednoślada [6].



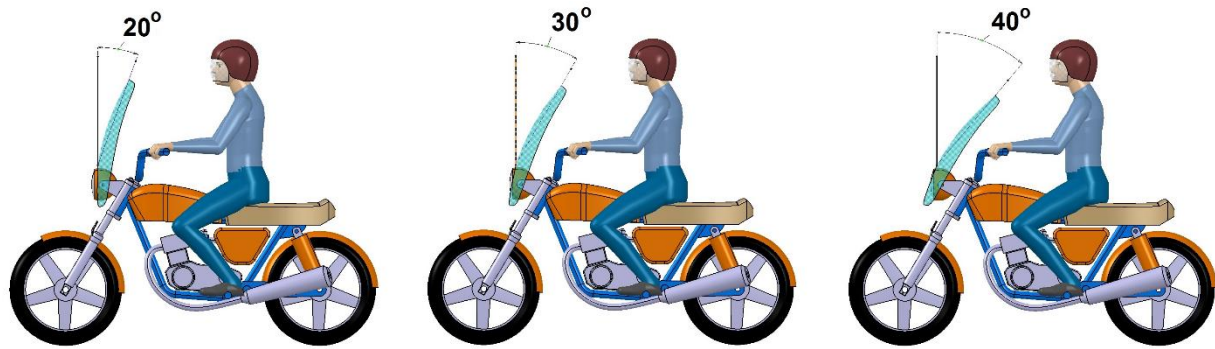
Rysunek 1 – Wybrane rodzaje motocykli
Figure 1 – Selected types of motorcycles

BADANIA SYMULACYJNE

Celem badań było wyznaczenie siły oporu aerodynamicznego oraz współczynnika oporu aerodynamicznego dla motocykla i kierowcy. Ponadto analizie podlegał rozkład prędkości w płaszczyźnie symetrii pojazdu, ciśnienie (napór powietrza) wywierane na kierowcę i motocykl, powierzchnia izobaryczna dla ustalonych wartości ciśnienia. Badaniom poddano uproszczony model bez szyby (owiewki) oraz z szybą o kącie pochylecia 20, 30 i 40° (rysunek 2 i 3). Ponieważ znaczenie sił aerodynamicznych jest większe przy wyższych prędkościach zatem pomiarów dokonano dla każdej w wymienionych konfiguracji przy 90 oraz 140 km/h (dopuszczalne prędkości w Polsce na drogach odpowiednio poza terenem zabudowanym oraz na autostradzie). Ponieważ badania mają charakter porównawczy dla jednego modelu motocykla dlatego też nie zostają przytoczone szczegółowe dane techniczne. Główne wymiary modelu 3D są zbliżone do klasycznego motocykla Honda CB750.



Rysunek 2 – Model 3D użyty w badaniach: a) bez szyby, b) z szybą
Figure 2 – The 3D model used in the tests: a) without windshield, b) with windshield



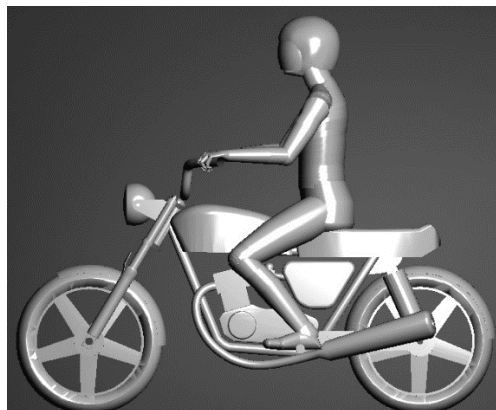
Rysunek 3 – Kąt pochylenia szyby w badanych konfiguracjach
Figure 3 – The tilt angle of the windshield in the tested configurations

Warunki pomiarów wraz z przyjętymi oznaczeniami poszczególnych testów podano w tabeli 1.

Tabela 1 – Oznaczenia testów i warunki symulacji
Table 1 – Test markings and simulation conditions

Oznaczenie testu	Kąt pochylenia szyby [°]	Prędkość [km/h]
BSv1	- (bez szyby)	90
BSv2	- (bez szyby)	140
S20v1	20	90
S20v2	20	140
S30v1	30	90
S30v2	30	140
S40v1	40	90
S40v2	40	140

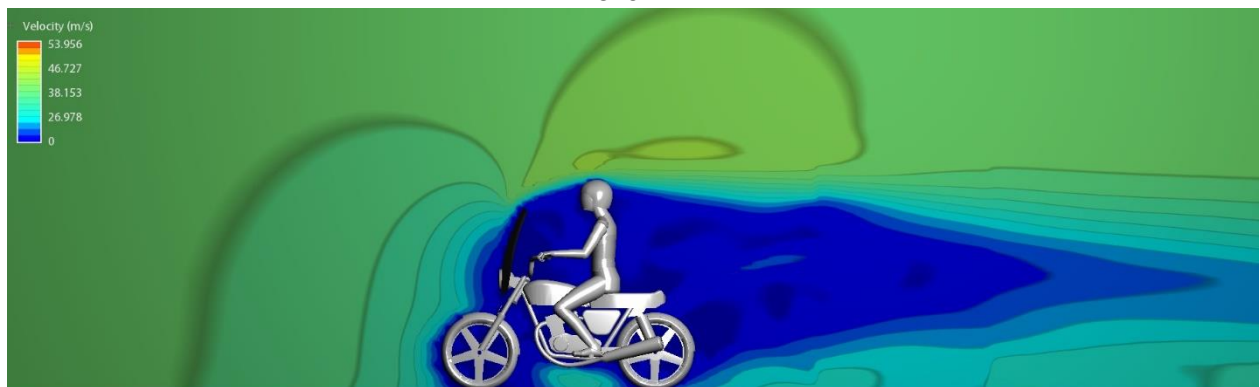
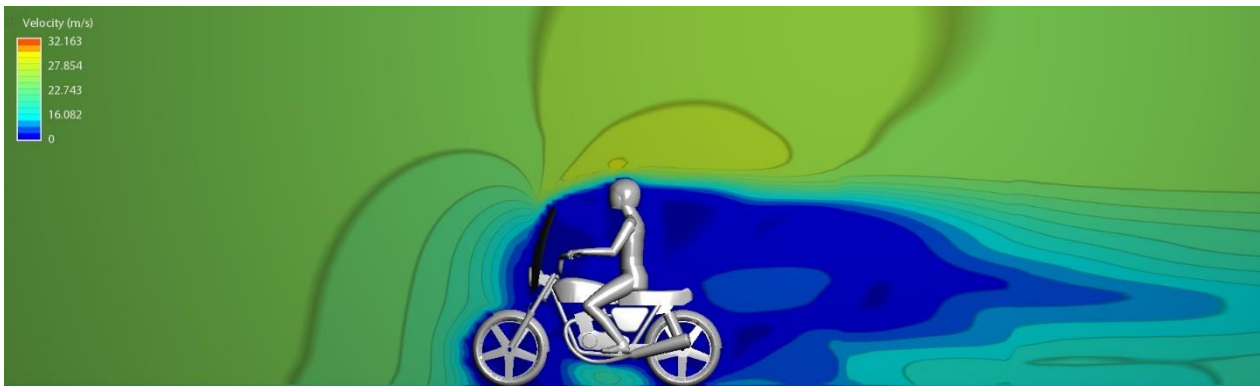
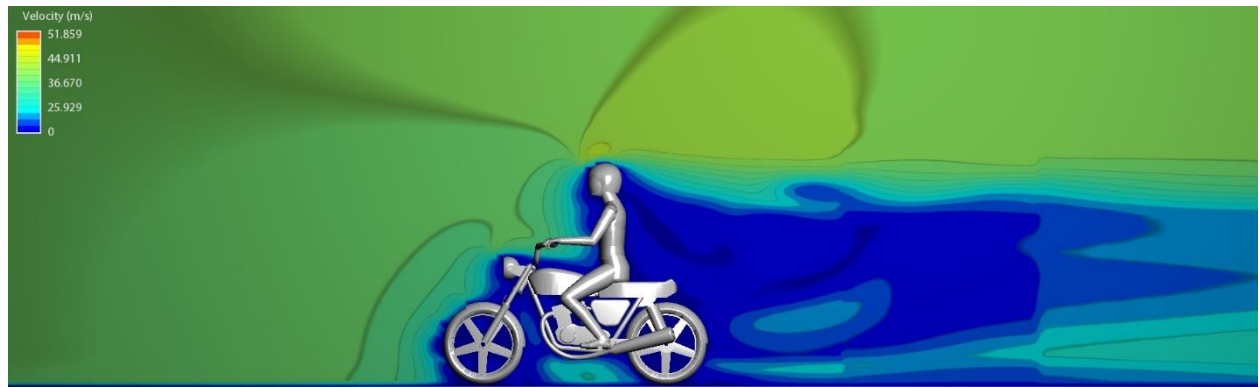
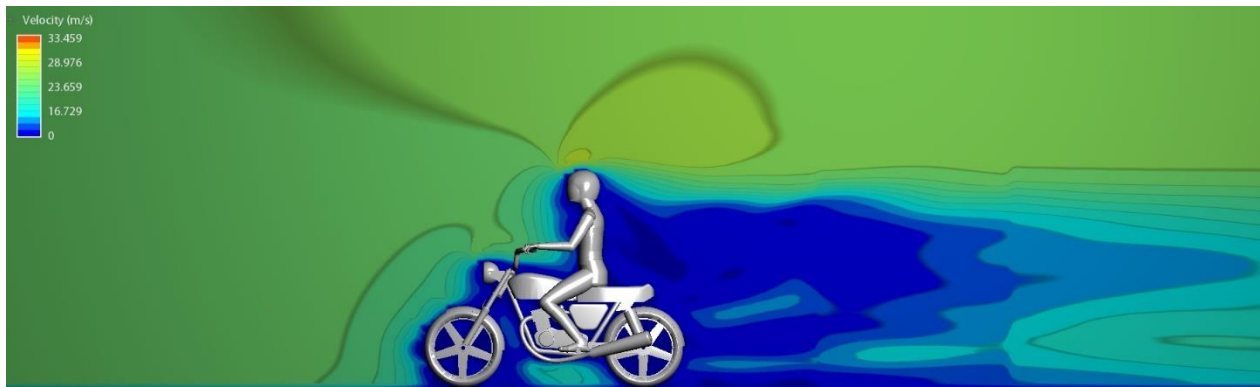
Model 3D wykonano w oprogramowaniu Catia V5, a plik stl przed zaimportowaniem do środowiska CFD (Autodesk Flow Design) został wygenerowany z użyciem komendy realizującej uproszczenie siatki modelu do postaci widocznej na rysunku 4. W czasie symulacji realizowany był przepływ 3D.



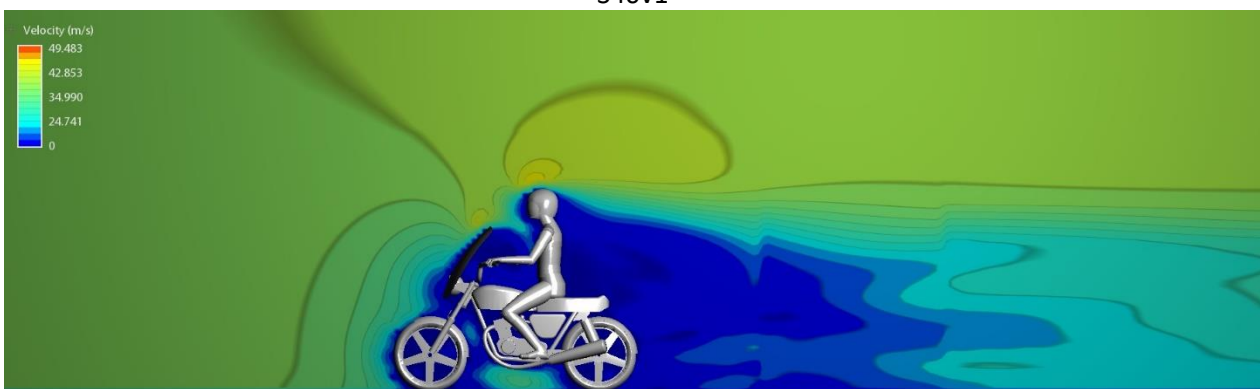
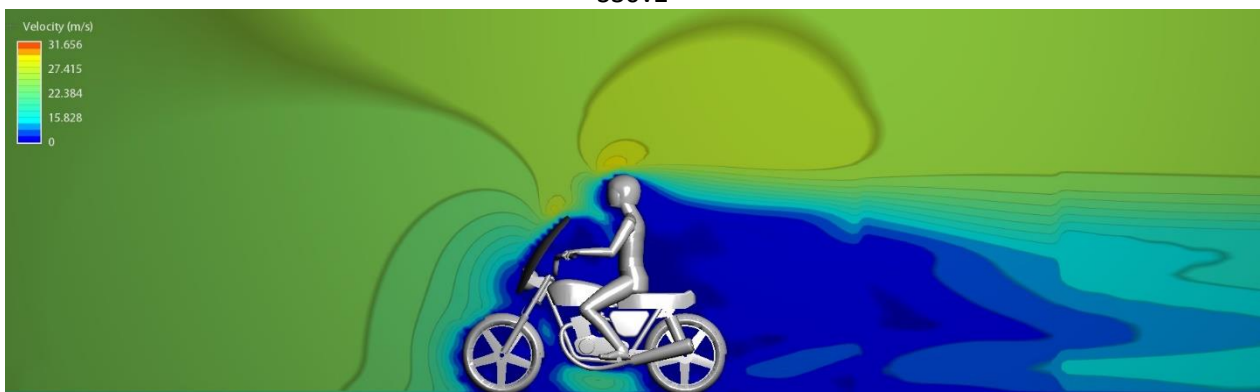
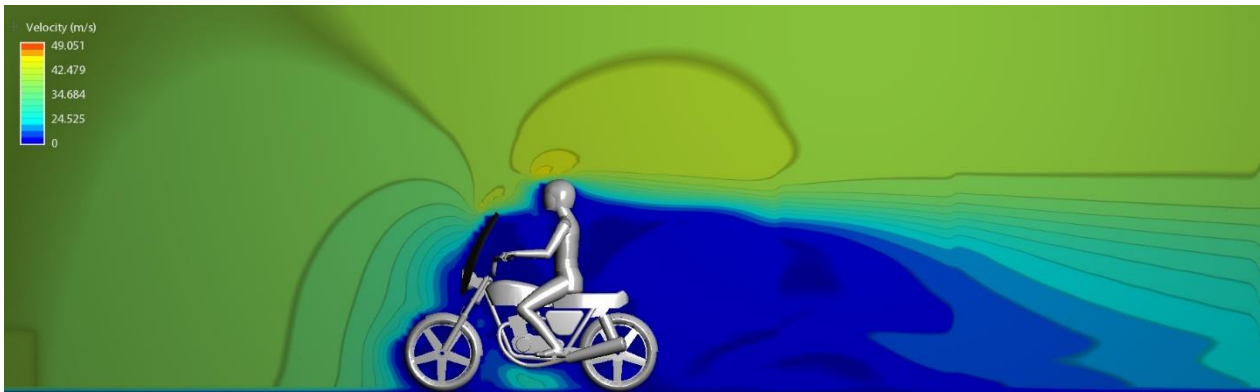
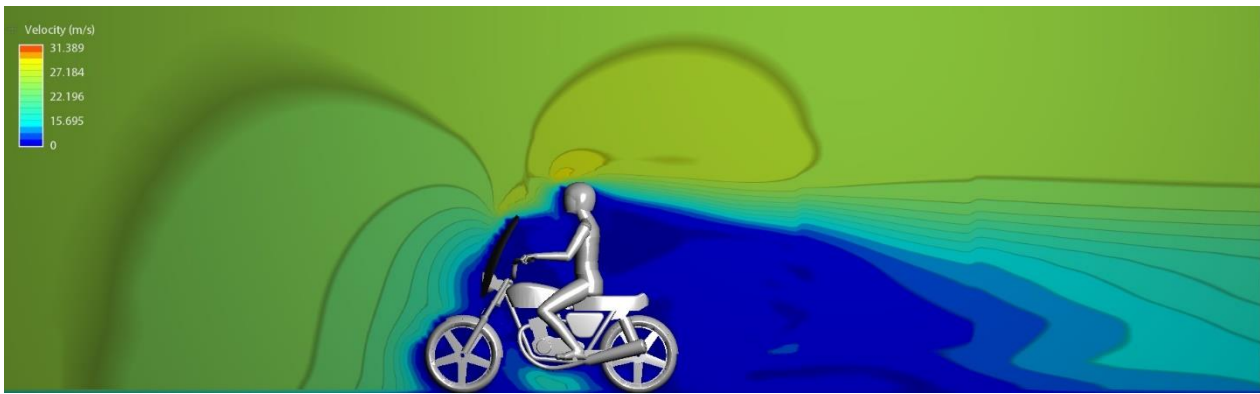
Rysunek 4 – Uproszczona siatka pliku stl po zaimportowaniu do środowiska CFD (bez owiewki)
Figure 4 – Simplified stl file grid after import to CFD environment (without windshield)

WYNIKI POMIARÓW

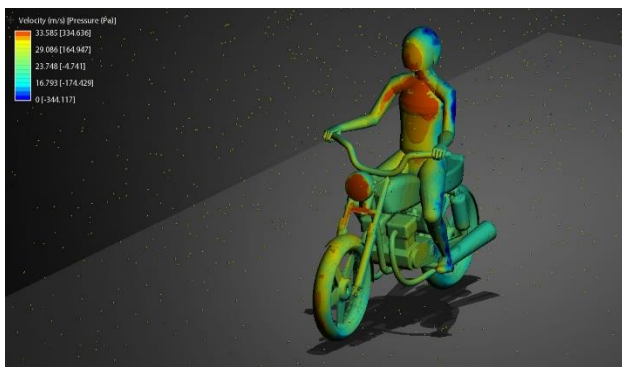
Rezultaty testów zostały przedstawione na rysunkach 5-10.



Rysunek 5 – Rozkład prędkości powietrza w płaszczyźnie symetrii motocykla
Figure 5 – Air velocity distribution in the plane of symmetry of the motorcycle



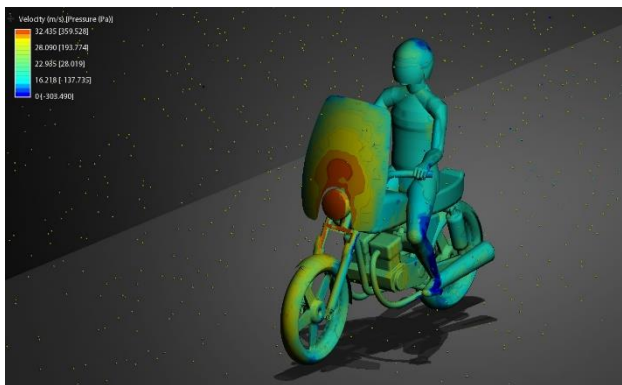
Rysunek 6 – Rozkład prędkości powietrza w płaszczyźnie symetrii motocykla
Figure 6 – Air velocity distribution in the plane of symmetry of the motorcycle



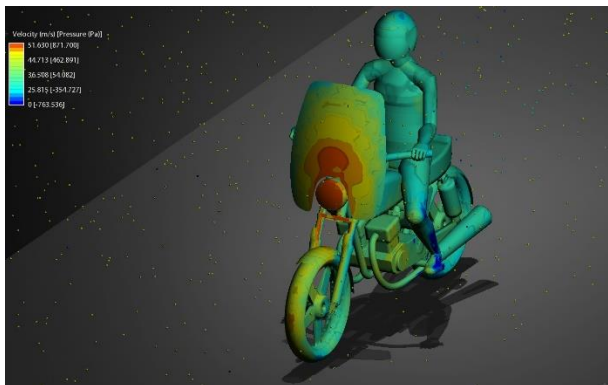
BSv1



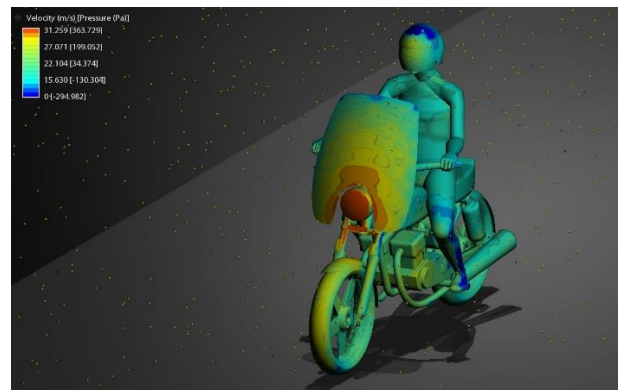
BSv2



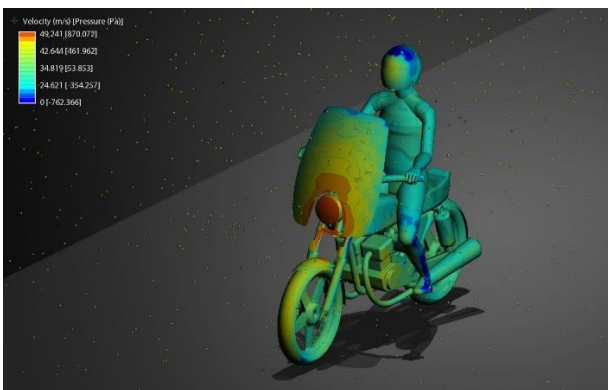
S20v1



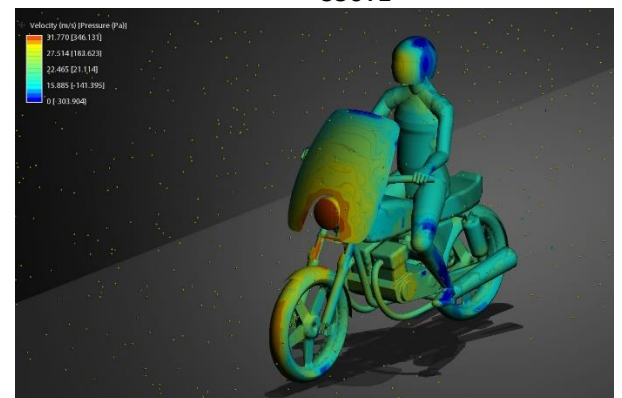
S20v2



S30v1



S30v2

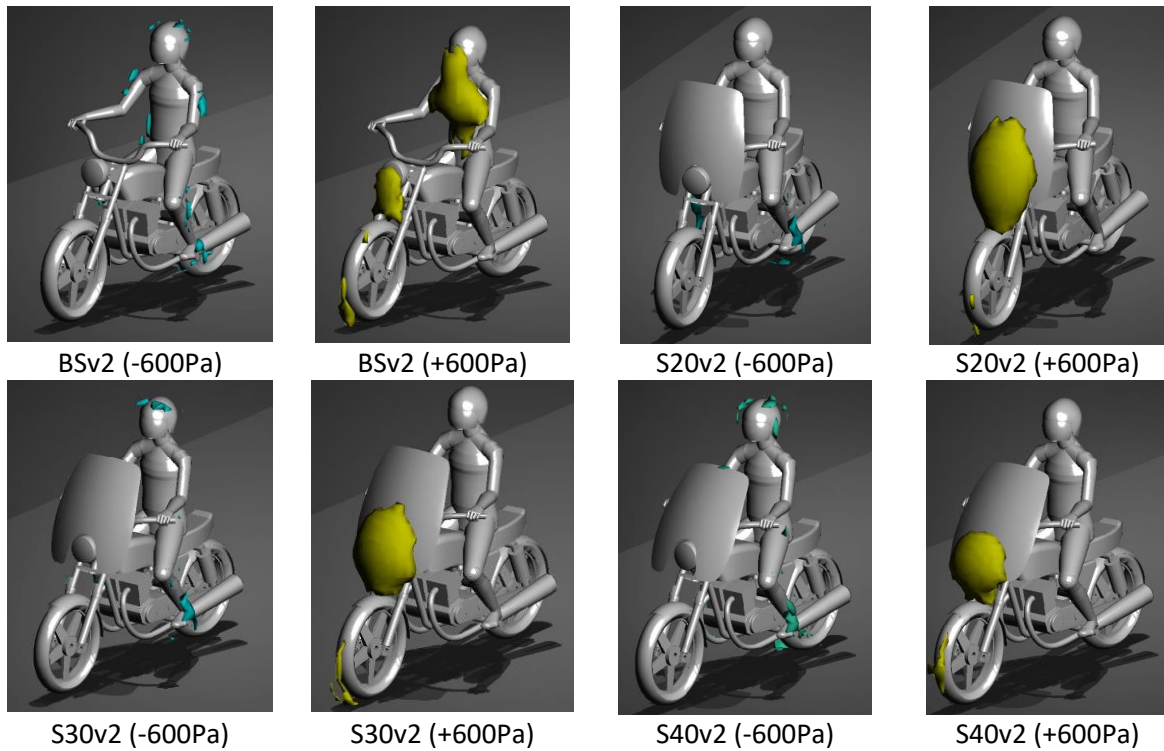


S40v1

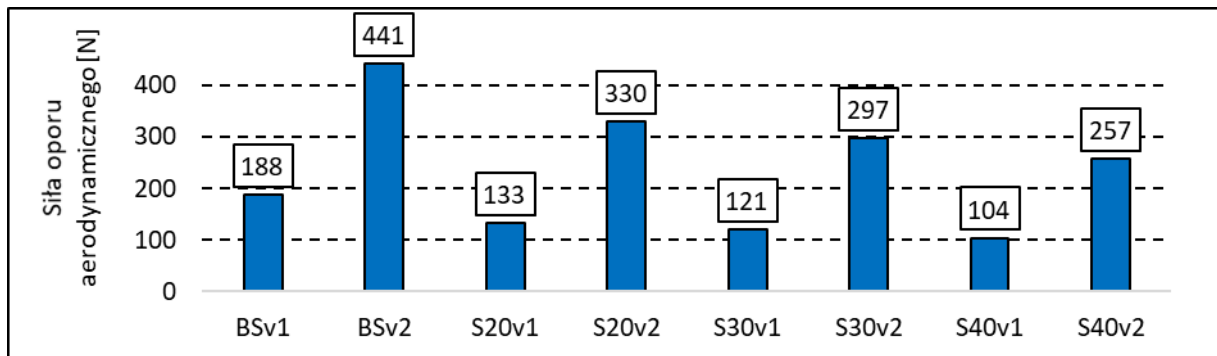


S40v2

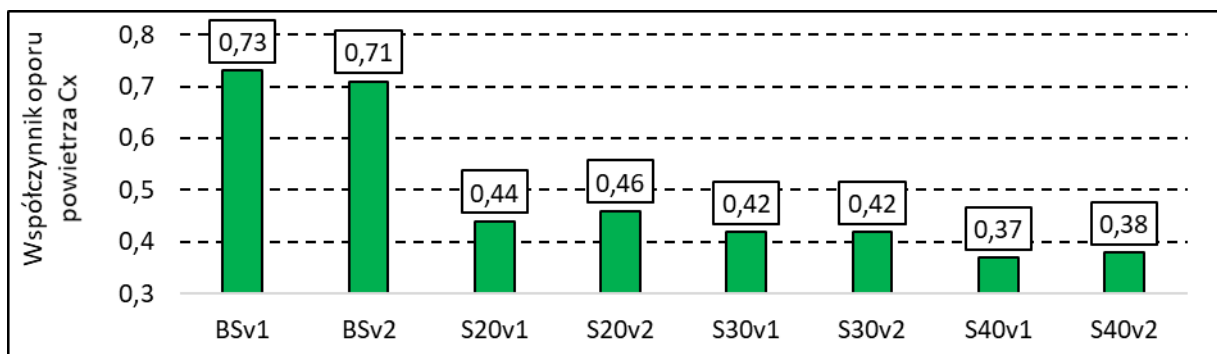
Rysunek 7 – Rozkład ciśnienia wywieranego na kierowcę i motocykl
 Figure 7 – Air pressure distribution that affects the rider and the motorcycle



Rysunek 8 – Powierzchnie izobaryczne dla wybranych wartości ciśnienia (tylko dla $v = 140$ km/h)
 Figure 8 – Isobaric surfaces for selected pressure values (only for $v = 140$ km/h)



Rysunek 9 – Siła oporu aerodynamicznego
 Figure 9 – Drag force



Rysunek 10 – Współczynnik oporu powietrza C_x
 Figure 10 – Drag coefficient

ANALIZA WYNIKÓW

Główne zadanie szyby motocyklowej to ochrona motocyklisty przed naporem powietrza oraz opadami atmosferycznymi. Kąt jej pochylenia ma w tym względzie istotne znaczenie co jest dobrze widoczne na rysunkach 5 i 6. Na ich podstawie można stwierdzić, że spośród wartości analizowanych kątów pochylenia najkorzystniejszą wartością jest 20° . Zarówno dla prędkości 90 jak i 140 km/h strumień powietrza opływającego szybę nie trafia z dużą prędkością w kask motocyklisty. Strugi powietrza są więc dostatecznie odchyłone zabezpieczając tym samym kierowcę. Dla kąta 30° widoczne jest już nieco mniejsze odchylenie strumienia powietrza, a dla kąta 40° zauważalne jest zawirowanie strugi, której część trafia w kask motocyklisty. Wyniki te potwierdza analiza rysunku 7, na którym można zaobserwować najmniejszą wartość ciśnienia działającego na kask kierowcy dla kąta pochylenia szyby wynoszącego 20° . Wyraźnie zwiualizowane jest tutaj także ciśnienie działające na tułów motocyklisty w konfiguracji pojazdu bez szyby.

Powierzchnie izobaryczne przedstawione na rysunku 8 również obrazują ciśnienie działające na motocykl i kierowcę. Analiza tej ilustracji pozwala stwierdzić, że szyba spełnia dobrze swoją rolę dla kąta 20° natomiast przy pochyleniu 30 i 40 stopni widoczne są powierzchnie izobaryczne dla -600 Pa, które świadczą o większej prędkości powietrza w obszarze kasku motocyklisty w porównaniu z pochyleniem 20° (zgodnie z równaniem Bernoulliego).

Dobra ochrona kierowcy przed wiatrem dla kąta pochylenia szyby 20° okupiona jest w tym przypadku zwiększonym oporem aerodynamicznym (rysunek 9 i 10). Najmniejszą wartością siły oporu aerodynamicznego cechuje się szyba pochyłona pod kątem 40° . Dla skutecznej ochrony kierowcy przed wiatrem wymagana byłaby w tym przypadku korekta jego pozycji.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wyniki przedmiotowej analizy wskazują, że w kontekście siły oporu aerodynamicznego najkorzystniej przedstawia się szyba o kącie pochylenia 40° . Należy sądzić, że motocykl w takiej konfiguracji w czasie jazdy będzie zużywał najmniej paliwa. Oczywiście przekłada się to także na odpowiednio mniejszą emisję spalin. Niestety taki kąt pochylenia szyby, przy stałej pozycji kierowcy, naraża go na większy napór powietrza – w szczególności przy jeździe z dużą prędkością. W aspekcie ochrony kierowcy przed strugami napływającego powietrza najkorzystniej natomiast przedstawia się konfiguracja motocykla z szybą o kącie pochylenia 20° .

Narzędzia obliczeniowej dynamiki płynów stwarzają dla konstruktorów i stylistów korzystne warunki analizy i optymalizacji geometrii pojazdów pod kątem przepływu płynów (powietrze opływające pojazd lub w układzie wentylacji i klimatyzacji, ciecz w układzie chłodzenia itp.). Niemniej część programów CFD posiada pewne ograniczenia np. brak możliwości edycji siatki lub zmiany parametrów fizykochemicznych płynu. Należy mieć także świadomość, że osiągnięcie wiarygodnych wyników niejednokrotnie wymaga przeprowadzenia badań eksperymentalnych, które w przedmiotowej analizie są planowane.

Uzyskane wyniki mogą zostać również rozszerzone o badania pojazdów o innej geometrii zarówno ramy jak i samej szyby oraz dla różnych pozycji motocyklisty.

LITERATURA

1. Hucho W-H.: Aerodynamika samochodu. WKŁ, Warszawa 1988.
2. Piechna J.: Podstawy aerodynamiki pojazdów. WKŁ, Warszawa, 2020.
3. Zieliński A.: Konstrukcja nadwozi samochodów osobowych i pochodnych. WKŁ, Warszawa 1998.
4. B. Blocken, Y. Toparlar, T. Andrienne, Aerodynamic benefit for a cyclist by a following motorcycle. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 155, 1–10, 2016.
5. Angeletti, M., Sclafani, L., Bella, G., & Ubertini, S.: The Role of CFD on the Aerodynamic Investigation of Motorcycles. SAE Technical Paper Series, 2003.
6. Selvamuthu, T., & Thangadurai, M.: Motorcycle Drag Reduction using a Streamlined Object Ahead of the Rider. Journal of The Institution of Engineers (India): Series C, 100(5), 801–810, 2018.

STRESZCZENIE

JAKUBOWSKI Mirosław. Badania numeryczne wpływu kąta pochylenia owiewki motocyklowej na wybrane parametry aerodynamiczne / Mirosław JAKUBOWSKI // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NTU, 2021. – № 3 (50).

W artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych wpływu kąta pochylenia szyby motocyklowej (20, 30 i 40°) na wybrane parametry aerodynamiczne. Analizie poddano rozkład prędkości w płaszczyźnie symetrii pojazdu, ciśnienie (napór powietrza) wywierane na kierowcę i motocykl, powierzchnie izobaryczne dla ustalonych wartości ciśnienia. Najmniejsze wartości siły oporu aerodynamicznego uzyskano dla kąta pochylenia szyby 40°.

РЕФЕРАТ

Якубовскі М. Розрахункові дослідження впливу кута нахилу мотоциклетного скла на окремі аеродинамічні параметри / М. Якубовскі // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021, – Вип. 3 (50).

Аеродинамічний опір – одна із сил опору, що діє на транспортний засіб під час руху. Вище швидкості, яка становить приблизно 75 км/год, ця сила стає домінуючою, тоді як нижче – опір коченню має більший вплив. Аеродинамічний опір – це сума опорів: профілю тіла (приблизно 60% частки), коливання простору (приблизно 15%), тертя (приблизно 7%), індуктивного стану (приблизно 18%). При швидкості 100 км/год аеродинамічний опір становить приблизно 90% загального опору руху мотоцикла.

У контексті досліджень аеродинаміки транспортних засобів вимірювання в аеродинамічній трубі все ще є найбільш поширеними та широко використовуваними, але еволюція комп'ютерів у галузі електронної обробки та зберігання даних та прогрес в їх обчислювальній динаміці роблять метод числового (математичного) моделювання дуже корисним у процесі дослідження.

Серед різноманітних варіантів дизайну популярними є класичні мотоцикли, не обладнані обтічниками та підкладками, з геометрією, що дозволяє їхати комфортно з вертикальною посадкою. Такі транспортні засоби, користувачі часто модифікують, встановлюючи порівняно велике лобове скло для мотоцикла, яке виконує роль обтічника та захищає мотоцикліста від тиску повітря при їзді на високій швидкості. Монтажні набори дозволяють встановити кут нахилу вітрового скла відповідно до потреб водія. Цей кут є одним із багатьох параметри, які впливають на аеродинамічні характеристики мотоцикла, включаючи опір. Таким чином, використовуючи таке лобове скло або невеликий обтічник, можна впливати не тільки на витрату палива, але і на комфорт та безпеку водіння.

У статті представлені результати імітаційних випробувань впливу кута встановлення лобового скла мотоцикла (20, 30 і 40 °) на аеродинамічні параметри. Аналіз охоплював розподіл швидкості в площині симетрії транспортного засобу, тиск (тиск повітря), який чиниться на мотоцикліста та мотоцикл, а також ізобаричні поверхні для встановлених значень тиску. Найнижчі значення аеродинамічної сили опору були отримані для кута нахилу скла 40 °. Мотоцикл у такій конфігурації буде споживати найменше пального під час руху, а це також відповідно впливає на зменшення викидів відпрацьованих газів.

Слід відзначити, що такий кут нахилу скла при незмінному положенні водія піддає його більшому тиску повітря, особливо при їзді на високій швидкості. Що стосується захисту мотоцикліста від потоків повітря, що надходить, найбільш вигідною конфігурацією є конфігурація мотоцикла зі склом з кутом нахилу 20 °.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЕРОДИНАМІКА, ЛОБОВЕ СКЛО МОТОЦИКЛА, ОБТІЧНИК, ОПІР РУХУ, ВИТРАТА ПАЛИВА, КОМФОРТ ТА БЕЗПЕКА МОТОЦИКЛІСТА.

ABSTRACT

Jakubowski M. Numerical tests of the influence of the tilt angle of the motorcycle windshield on selected aerodynamic parameters. Visnyk of National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 3 (50).

Aerodynamic drag is one of the drag forces acting on a vehicle while driving. Above a speed of about 75 km / h, this force becomes dominant, while below a rolling resistance has a greater influence. Aerodynamic drag is the sum of the resistances: body profile (about 60% of the share), vibrations of space (about 15%), friction (about 7%), inductive state (about 18%). At a speed of 100 km / h, the drag is approximately 90% of the total drag on the motorcycle.

In the context of vehicle aerodynamics research, wind tunnel measurements are still the most common and widely used, but the evolution of computers in electronic data processing and storage and advances in their computational dynamics make numerical (mathematical) modeling very useful in the research process.

Among the various design options, classic motorcycles are popular, they are not equipped with fairings and linings, with geometry, which allows you to ride comfortably with an upright fit. Such vehicles are often modified by users by installing a relatively large motorcycle windshield, which acts as a fairing and protects the rider from air pressure when driving at high speed. Mounting kits allow the angle of inclination of the windshield to be adjusted according to the driver's needs. This angle is one of the many parameters that affect the aerodynamic performance of a motorcycle, including drag. Thus, using such a windshield or a small fairing, it is possible to influence not only fuel consumption, but also the comfort and safety of driving.

The article presents the results of simulation tests of the influence of the angle of installation of the windshield of a motorcycle (20, 30 and 40 °) on the aerodynamic characteristics. The analysis covered the velocity distribution in the plane of symmetry of the vehicle, the pressure (air pressure) exerted on the rider and motorcycle, as well as the isobaric surface for the specified pressure values. Low values of aerodynamic drag were obtained for a glass tilt angle of 40 °. A motorcycle in this configuration will consume less fuel while driving, and this also has a corresponding effect on reducing exhaust gas emissions.

It should be noted that this angle of inclination of the glass, with the driver's position unchanged, exposes him to greater air pressure, especially when driving at high speed. When it comes to protecting the rider from air currents, the most advantageous configuration is a motorcycle with a 20 ° tilt angle.

KEYWORDS: AERODYNAMICS, MOTORCYCLE WINDSHIELD, FAIRING, MOTION RESISTANCE, FUEL CONSUMPTION, COMFORT AND SAFETY OF MOTORCYCLISTS.

РЕФЕРАТ

Якубовски М. Цифровые исследования влияния угла наклона ветрового стекла мотоцикла на отдельные аэродинамические параметры / М. Якубовски // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 3 (50).

Аэродинамическое сопротивление – одна из сил сопротивления, действующая на транспортное средство во время движения. Выше скорости, составляющей примерно 75 км/ч, эта сила становится доминирующей, тогда как ниже – сопротивление качению имеет большее влияние. Аэродинамическое сопротивление – это сумма сопротивлений: профиля тела (примерно 60% доли), колебания пространства (примерно 15%), трения (примерно 7%), индуктивного состояния (примерно 18%). При скорости 100 км/ч аэродинамическое сопротивление составляет примерно 90% общего сопротивления движению мотоцикла.

В контексте исследований аэродинамики транспортных средств измерения в аэродинамической трубе все еще являются наиболее распространенными и широко используемыми, но эволюция компьютеров в области электронной обработки и хранения данных и прогресс в их вычислительной динамике делают метод численного (математического) моделирования очень полезным в процессе исследования.

Среди различных вариантов дизайна популярны классические мотоциклы, не оборудованы обтекателями и подкладками, с геометрией, что позволяет ехать комфортно с вертикальной посадкой. Такие транспортные средства, пользователи часто модифицируют, устанавливая сравнительно

большое лобовое стекло для мотоцикла, которое выполняет роль обтекателя и защищает мотоциклиста от давления воздуха при езде на высокой скорости. Монтажные наборы позволяют установить угол наклона ветрового стекла в соответствии с потребностями водителя. Этот угол является одним из многих параметров, которые влияют на аэродинамические характеристики мотоцикла, включая сопротивление. Таким образом, используя такое лобовое стекло или небольшой обтекатель, можно влиять не только на расход топлива, но и на комфорт и безопасность вождения.

В статье представлены результаты имитационных испытаний влияния угла установки лобового стекла мотоцикла (20, 30 и 40 °) на аэродинамические характеристики. Анализ охватывал распределение скорости в плоскости симметрии транспортного средства, давление (давление воздуха), оказываемое на мотоциклиста и мотоцикл, а также изобарической поверхности для установленных значений давления. Низкие значения аэродинамической силы сопротивления были получены для угла наклона стекла 40 °. Мотоцикл в такой конфигурации будет потреблять меньше топлива во время движения, а это также соответственно влияет на уменьшение выбросов отработанных газов.

Следует отметить, что такой угол наклона стекла при неизменном положении водителя подвергает его большему давлению воздуха, особенно при езде на высокой скорости. Что касается защиты мотоциклиста от потоков воздуха, поступающего наиболее выгодной конфигурацией является конфигурация мотоцикла со стеклом с углом наклона 20°.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АЭРОДИНАМИКА, ЛОБОВОЕ СТЕКЛО МОТОЦИКЛА, ОБТЕКАТЕЛЬ, СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЮ, РАСХОД ТОПЛИВА, КОМФОРТ И БЕЗОПАСНОСТЬ МОТОЦИКЛИСТОВ.

AUTOR:

JAKUBOWSKI Mirosław, dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Pojazdów Samochodowych i Inżynierii Transportu, e-mail: miroslaw.jakubowski@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 18 05, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0001-9619-8215.

АВТОР:

ЯКУБОВСКИ Мірослав, к.т.н, Жешувська Політехніка, доцент, кафедра автомобільного транспорту та транспортної інженерії, e-mail: miroslaw.jakubowski@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 18 05, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0001-9619-8215.

AUTHOR:

JAKUBOWSKI Mirosław, PhD in Technical Sciences, Rzeszow University of Technology, associate professor, Department of Automotive Vehicles and Transport Engineering, e-mail: miroslaw.jakubowski@prz.edu.pl, tel.: +48 17 865 18 05, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0001-9619-8215.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Яворські Артур, кандидат технічних наук, доцент, Жешувська політехніка, доцент кафедри автомобільного транспорту та транспортного машинобудування, Жешув, Польща.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Jaworski Arthur, PhD in Technical Sciences, associate professor, Rzeszow University of Technology, associate professor of the motor vehicles and transport engineering department, Rzeszow, Poland.

Sakhno V.P., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, Head of the automobile department, Kyiv, Ukraine.