

WYBRANE ASPEKTY BADANIA GEOMETRII ZAWIESZENIA I NADWOZIA

W artykule przedstawiono podstawowe zasady na których opiera się działanie urządzeń do badania geometrii zawiesznień i nadwozi oraz przykładowe badania wybranych ich parametrów.

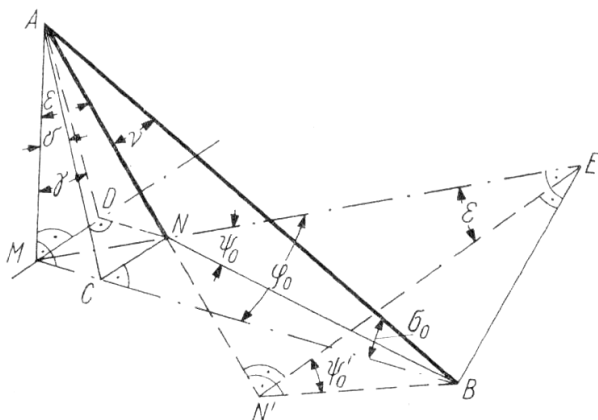
WSTĘP

Parametry geometrii zawieszenia, jak i geometrii położenia punktów nadwozi w elementach do których jest mocowane zawieszenie mają istotny wpływ na jego pracę w różnych warunkach ruchu co wiąże się bezpośrednio z bezpieczeństwem czynnym. Dlatego pomiary i analiza tych wielkości powinna być prowadzona w całym okresie eksploatacji samochodu. W pracy przedstawiono główne zasady działania urządzeń do pomiaru tych parametrów jak i ich badania na przykładowych samochodach.

1. ANALIZA I POMIAR PARAMETRÓW GEOMETRII ZAWIESZENIA

1.1. Analiza teoretyczna

Stabilność, stateczność, sterowność, kierowność samochodu, kinematyka jak i elastokinematyka zawiesznień w różnych warunkach ruchu zależą głównie od statycznego ustawienia parametrów ich geometrii zgodnych z zaleceniami producenta.



Rys.1 Zależności geometryczne między kątami osi przedniej

Na rys.1. punkt B jest punktem przecięcia prostej AN wyznaczającej położenie osi zwrotnicy i prostej AB wyznaczającej osi czopa zwrotnicy. Proste te zostały rzutowane na poziomą płaszczyznę podłoża MNB. Płaszczyzna MAD jest płaszczyzną równoległą do płaszczyzny podłużnej samochodu a płaszczyzna AMB jest płaszczyzną prostą do płaszczyzny podłużnej i przechodzącą przez osi czopa zwrotnicy. Na płaszczyźnie te rzutowano odpowiednio osi zwrotnicy otrzymując kąt jej pochylecia δ - na płaszczyźnie prostą oraz kąt jej wyprzedzenia γ - na płaszczyznę równoległą. Dodatkowo poprowadzono przez osi sworznia zwrotnicy AN prostą do płaszczyzny pionową, która wyznacza na podłożu ślad

MNE. Os czoła zwrotnicy przy kołach ustawionych na wprost tworzy kąt φ_0 między płaszczyznami AMB oraz AMN. Na skutek skręcania kół kąt ten ulega zmianie. Kąt między czopem zwrotnicy a podłożem σ_0 jest równy kątowi pochylecia koła jako kąty o ramionach wzajemnie prostopadłych i podczas skręcania kół ulega zmianie. Aby wyznaczyć kąt ψ_0 identyfikujący dodatkowo położenie osi czopa zwrotnicy prowadzi się płaszczyznę N'BE prostą do osi zwrotnicy i przechodzącą przez punkt B.

Korzystając z powyższego schematu i występujących na nim zależności geometrycznych oraz dla dowolnego kąta skręcania kół możemy otrzymać zależności:

$$tg\gamma = \frac{tg\sigma_1 - tg\sigma_2}{2\sin\alpha_0} \quad (1)$$

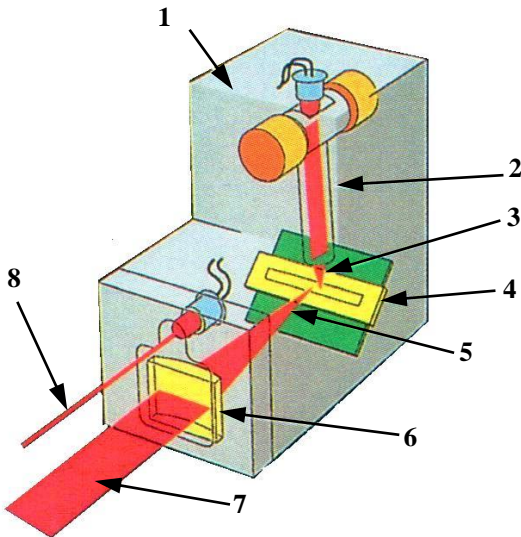
gdzie: γ - kąt wyprzedzenia osi zwrotnicy

σ_1 i σ_2 - kąty pochylecia płaszczyzny koła skręconego odpowiednio raz w jedną a raz w drugą stronę
 α_0 - kąt skręcania koła od położenia na wprost

Aby wyznaczyć kąt wyprzedzenia osi zwrotnicy należy zmierzyć kąty pochylecia koła skręconego w obu kierunkach przy określonym kącie skręcania. Podobnie z analizy pomierzonych wartości można wyznaczyć kąt pochylecia osi zwrotnicy. W urządzeniu firmy Hofmann już przy skręceniu kół $\pm 10^\circ$ rozpoczyna się odpowiedni pomiar i określenie kąta wyprzedzenia osi zwrotnicy oraz kąta pochylecia. Pomiar różnic kątów skrętu odbywa się w położeniu $\pm 20^\circ$.

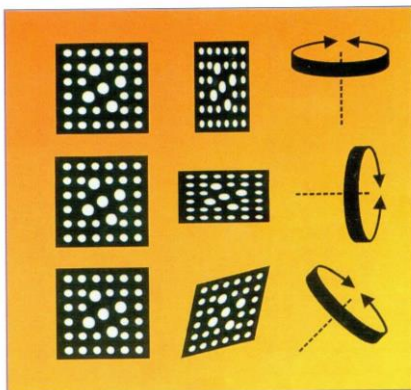
1.2. Podstawowe zasady działania urządzeń

Z przedstawionej analizy geometrii wynika, że podstawowymi możliwymi do zmierzenia wielkościami do wyznaczenia parametrów geometrii zawieszenia są kąty pochylecia płaszczyzny koła przy kołach na wprost i skręconych oraz kąty skręcania. Pomiar tych wartości jest możliwy we współczesnych urządzeniach, które mają możliwość obliczenia i analizy pozostałych parametrów. W urządzeniach tych na czterech kołach mocowane są cztery głowice z kamerami lub cztery ekrany refleksyjne. Płaska płaszczyzna obrzeża koła jest prostą do jego czopa a poprzez to związana ze zwrotnicą i jej parametrami geometrycznymi w sposób jednoznaczny. Aby wykorzystać obrzeże zewnętrzne tarczy koła należy wyeliminować błędy związane z jego biciem stad procedura kompensacji. W każdej z głowic (np. firmy Beissbarth) jednym z elementów jest nadajnik podczerwieni powiązany wahliwie z pionem i padający z niego na pasek fotoelementu promień wyznacza kąt pochylecia koła tak przy kołach na wprost jak i skręconych. Za pomocą promienia 7 na rys.2 wychodzącego z drugiej głowicy i padającego na pasek fotoelementu możemy pomierzyć kąt zbieżności koła.



Rys.2. Głowica pomiarowa firmy Beissbarth
1- głowica pomiarowa, 2- wahlwy nadajnik podczerwieni, 3- identyfikacja wartości pochylenia koła, 4- pasek fotoelementu, 5- identyfikacja zbieżności, 6- soczewka, 7- wchodzący promień z drugiej głowicy, 8- wychodzący promień

W systemach z głowicami refleksyjnymi układy nadajnika podczerwieni (diody LED) oraz odbiornika (kamery CCD) znajdują się na belce poprzecznej

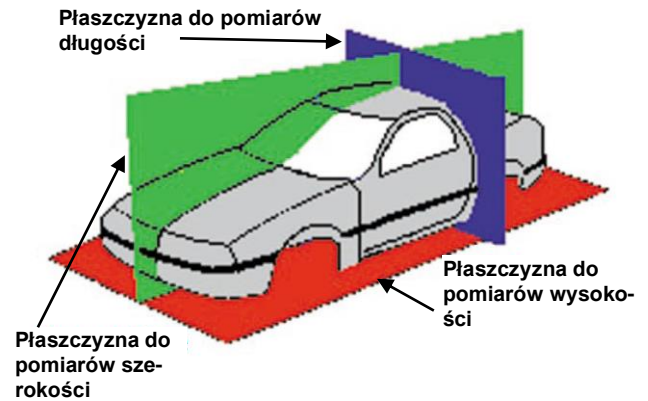


Rys.3 Widok ekranu refleksyjnego firmy Hofmann

Na podstawie promieni odbitych od głowic refleksyjnych identyfikowane są trójkąty oraz ich zniekształcenia zależne od ustawienia ekranów a te zależne są od ustawienia kół dając możliwość pomiaru kąta pochylenia płaszczyzny koła oraz zbieżności jak i kątów skręcenia oraz obliczeń pozostałych parametrów.

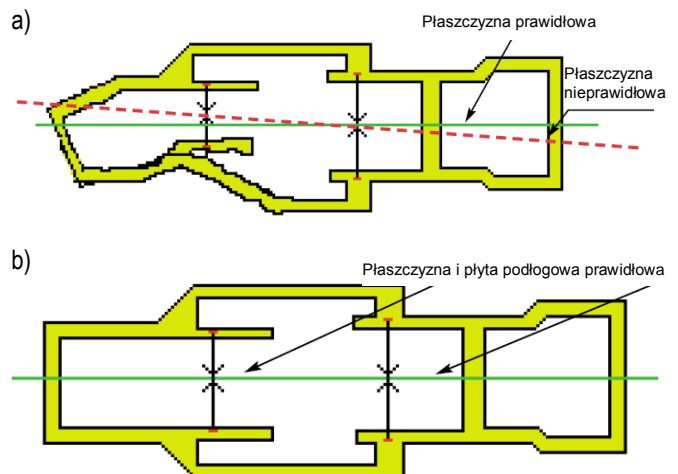
2. ANALIZA I POMIAR PARAMETRÓW GEOMETRII NADWOZIA I MOŻLIWOŚCI OSZACOWANIA KĄTÓW ZAWIESZEŃ

Do analizy geometrii nadwozia wykorzystano system CHIEF Genesis Velocity. Podstawowym elementem systemu jest ustalenie prawidłowej geometrii w części środkowej ponieważ wpływa ona na pozostałe pomiary.



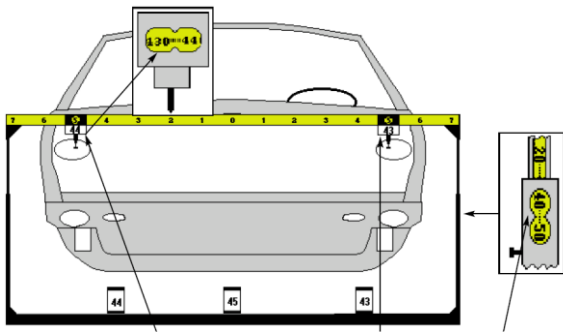
Rys.4 Trzy płaszczyzny odniesienia

Ustalane na podstawie czterech bazowych punktów płyty podłogowej nadwozia (wskazanych przez producenta) płaszczyzny odniesienia służą do utworzenia układu współrzędnych dla pomiarów pozostałych punktów. Ponieważ często występują uszkodzenia określonych stref pojazdu można bazować na trzech punktach odniesienia eliminując w ten sposób błędne usytuowanie określonej płaszczyzny.



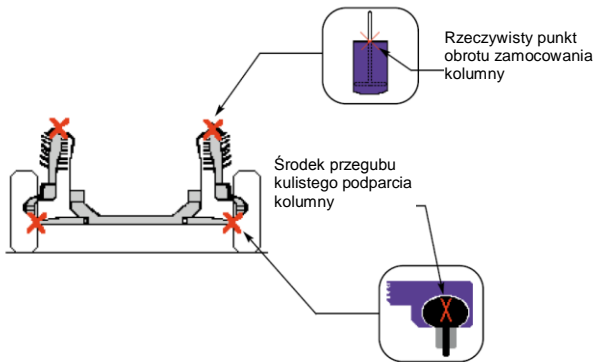
Rys.5 Umieszczenie płaszczyzn do pomiarów szerokości a)nieprawidłowe, b) prawidłowe

Jak przedstawiono na rysunkach umieszczenie punktu odniesienia w uszkodzonej strefie (rys.5a) spowodowało nieprawidłowe położenie płaszczyzny symetrii do pomiaru szerokości, natomiast bazowanie na trzech punktach (rys.5b) spowodowało prawidłowy przebieg tej płaszczyzny. Podobnie może być z usytuowaniem płaszczyzny do pomiaru wysokości. Płaszczyzna do pomiarów długości przebiega przeważnie w pobliżu osi tylnej choć może i alternatywnie przebiegać w części przedniej, jednak jak wynika ze statystyk w obszarze osi tylnej występują najmniejsze odkształcenia powypadkowe co prowadzi do prawidłowego usytuowania punktów odniesienia. Do badania górnych punktów mocowania zawieszek stosuje się ramę pomiarową składającą się z górnej i dolnej belki.



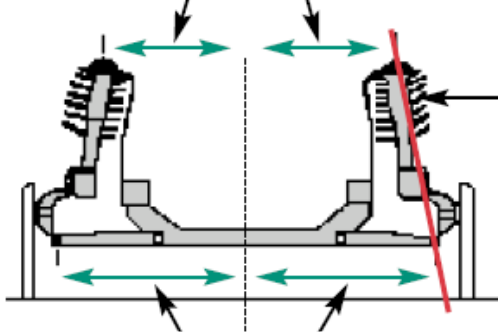
Rys.6 Rama pomiarowa

Na rysunku 6 przedstawiono ramę pomiarową z okienkami diałogowymi z których odczyt wartości służy do wprowadzania wartości nastaw górnej listwy oraz zawiesi bocznych do systemu w komputerze. Na podstawie pomiaru górnego punktu podparcia zawieszenia i dolnego sworznia są obliczane kąty wyprzedzenia i pochylenia osi zwrotnicy, które służą do porównania ich wartości po obu stronach ponieważ nie są to rzeczywiste kąty.



Rys.7 Punkty rzeczywistego przebiegu osi zwrotnicy

Są one wyznaczane nie dla rzeczywistej osi zwrotnicy która przebiega przez środki punktów podparcia jak na rysunku 7.



Współrzędne szerokości sworzni kulistych

Współrzędne szerokości górnych punktów mocowania kolumn

Oszacowane kąty wyprzedzenia i pochylenia osi zwrotnicy

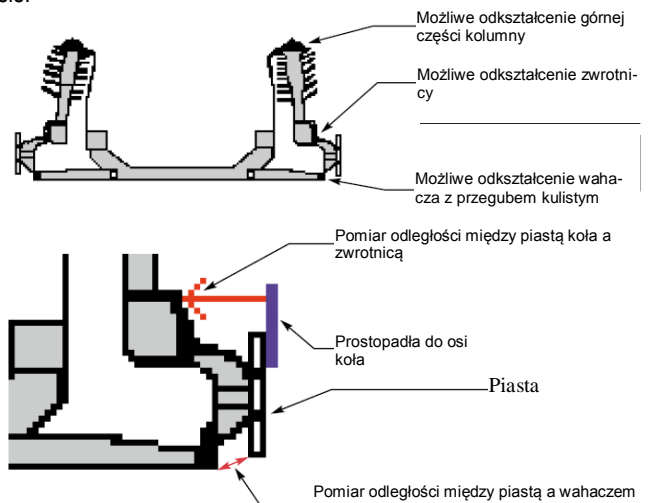
Suspension Angles		
	Left	Right
Caster	3.2	3.1
SAI	18.9	19.0

Rys.8 Realizacja pomiarów do określenia kątów zawieszenia w sposób porównawczy



Rys.9 Widok tarczy pomiarowej do identyfikacji położenia dolnego przegubu zawieszenia

Aby wykluczyć wpływ uszkodzeń elementów zawieszeń na ich kąty należy sprawdzić stan zawieszeń. Umożliwia to system Genesis.



Rys.10 Możliwości kontroli odkształceń zawieszenia

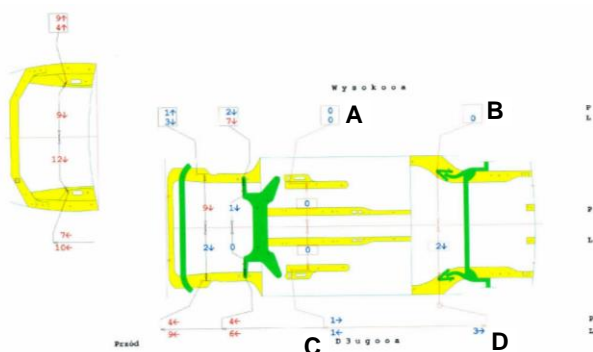
Aby sprawdzić ewentualne uszkodzenia zawieszenia należy poluzować górne nakrętki mocowania kolumny i obracając ją zaobserwować odchylenia od osi obrotu. Aby sprawdzić ewentualne uszkodzenia zwrotnicy jak i wahacza należy wykonać pomiary porównawcze lewej i prawej strony od baz jak na rysunku 10.

3. BADANIA WŁASNE

Przeprowadzono badania geometrii nadwozia na kilkuset samochodach. Z badań tych stwierdzono, że w samochodach eksploatowanych mogą wystąpić duże nieprawidłowości w geometrii nadwozia. Mimo zachowania prawidłowych tolerancji w punktach bazowych tworzących płaszczyznę odniesienia występują duże różnice w pozostałych punktach. Szczególną uwagę zwrócono na punkty podparcia zawieszeń.

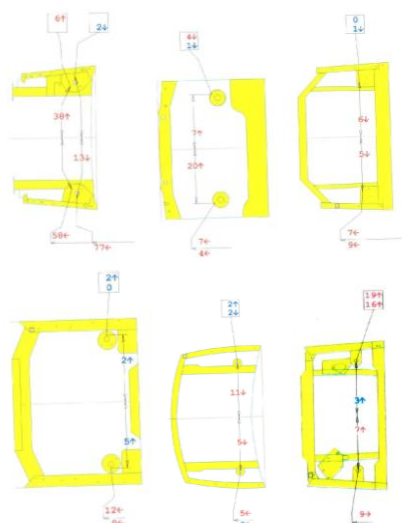


Rys.11 Widok zamontowanej bramki pomiarowej do analizy górnych punktów podparcia zawiesznień



Rys.12 Schemat wymiarów płyty podłogowej wybranego samochodu

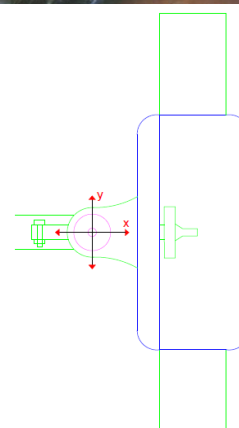
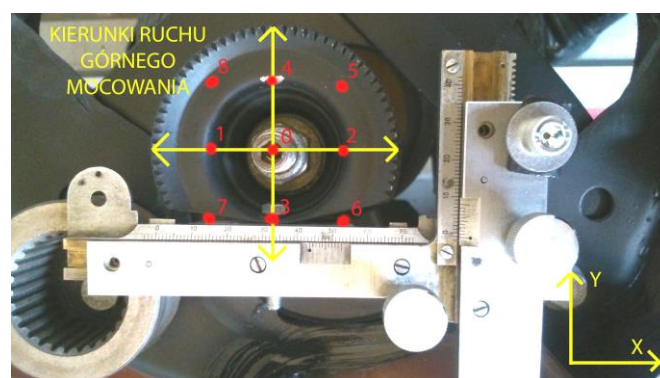
Jak wynika z rysunku 12 mimo prawidłowych współrzędnych w punktach bazowych A, B, C, D odpowiadających za prawidłowe położenie trzech płaszczyzn odniesienia występują znaczne przemieszczenia punktów podparcia zawiesznień



Rys.13 Przemieszczenia punktów podparcia przednich zawiesznień przykładowych samochodów

Z przedstawionych pomiarów przykładowych samochodów, które były w ciągłej eksploatacji wynikają znaczne przemieszczenia punktów podparcia zawiesznień przekładające się na nieprawidłowe parametry geometrii zawieszzenia. Dla tych samochodów były także badane parametry geometrii zawieszzenia za pomocą urządzeń Beissbarth i Hofmann. Z analizy wyników pomiarów wynika, że brak jest w niektórych przypadkach jednoznaczności między zmianami parametrów geometrii zawiesznień w powiązaniu ze zmierzonymi zmianami geometrii ich podparcia w nadwoziu. Może to wynikać z niedozwolonych ingerencji w elementy zawiesznień jak i zbyt duże regulacje.

Aby wyeliminować wpływ odkształceń elementów zawieszzenia na jego geometrię zbudowano stanowisko w którym zamiast górnego mocowania amortyzatora zamontowano dwie prowadnice z podziałkami, które umożliwiają podparcie zawieszzenia jak i jego przemieszczanie w płaszczyźnie x-y nawet do ± 30 mm. Badano zawieszzenie na kolumnie MacPhersona.



Rys.14 Punkt podparcia kolumny zawieszzenia z podziałkami i możliwym przemieszczaniem x-y

Za pomocą urządzenia firmy Beissbarth badano parametry geometrii zawieszzenia symulując przemieszczanie punktów podparcia od poz. 1 do poz. 8. a także w punktach pośrednich.



Rys.15 Widok kamery pomiarowej umieszczonej na kole

Z analizy wyników pomiarów wynika, że w szczególności kąty pochylenia i wyprzedzenia osi zwrotnicy w poszczególnych punktach zmieniały się od 1° nawet do 4° . W sposób jednoznaczny pomierzone zmiany parametrów geometrii zawiesznień odpowiadały wielkością i kierunkom przemieszczeń punktów ich podparcia w nadwoziu.

PODSUMOWANIE

Podstawowymi wielkościami pomiarowymi do identyfikacji wartości parametrów geometrii zawiesznień są kąty pochylenia kół jak i kąty skręcenia. Oszacowanie pozostałych parametrów możliwe jest na drodze obliczeniowej zawartej w systemie pomiarowym. Uzyskanie rzeczywistych wartości położenia punktów podparć zawiesznień możliwe jest pod warunkiem właściwego położenia w przestrzeni czterech zalecanych punktów odniesienia (min. trzech) płyty podłogowej samochodu w celu uzyskania właściwego położenia trzech płaszczyzn odniesienia (w systemie pomiarowym Genesis). W systemie możliwe jest uzyskanie kątów wyprzedzenia i pochylenia osi zwrotnicy ale tylko do celów porównawczych po prawej i lewej stronie samochodu. Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów w wielu eksploatowanych samochodach występują znaczne odchylenia od prawidłowego położenia punktów podparć zawiesznień. Nie zawsze przekłada się to bezpośrednio na mierzone parametry geometrii zawiesznień na skutek nieprawidłowej ingerencji w ich elementy w celu poprawy ich wartości w chwili pomiaru statycznego. Prowadzi to do nieprawidłowych wartości parametrów w różnych położeniach wynikających z pracy zawiesznień co zagraża bezpieczeństwu czynnemu. Stąd opieranie się tylko na podstawowych badaniach dostępnym powszechnie w ścieżkach diagnostycznych uślizgu bocznego a następnie w razie nieprawidłowości geometrii

zawiesznień bez badań istotnych punktów geometrii nadwozi i ewentualnej ich korekty zagraża bezpieczeństwu jazdy.

BIBLIOGRAFIA

1. Lanzendoerfer J. *Badania pojazdów samochodowych*, WKiŁ, Warszawa 1987.
2. Reimpell J., Betzler J., *Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji*, WKiŁ, Warszawa 2004.
3. Pawłowski B.: *Podatność eksploatacyjna nadwozia współczesnego samochodu osobowego*. Logistyka 2015/3.
4. Instrukcja serwisowa CHIEF Genesis Velocity.
5. Instrukcja serwisowa Geoliner Hofmann.
6. Instrukcja serwisowa Beissbarth.

Selected aspect of testing of geometric parameters of suspensions and bodies

The work presents the basic principles on which the operation of devices for testing the suspensions and body geometry, as well as exemplary test of selected parameters.

Autorzy:

dr inż. **Bogdan Pawłowski** – Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny, Wydział Mechaniczny, Instytut Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Zakład Pojazdów i Silników Spalinowych.

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.149

Data zgłoszenia: 2018.05.23 Data akceptacji: 2018.06.15