

Wybrane aspekty diagnostyki stanu technicznego nadwozi samochodów osobowych

BOGDAN PAWŁOWSKI

Politechnika Radomska

W artykule przedstawiono uzasadnienie potrzeby i analizowano genezę identyfikacji parametrów diagnostycznych obiektu, jakim jest nadwozie samochodu osobowego. Wyszczególniono aspekt bezpieczeństwa konstrukcji i jej użytkowników jako główny przy kreowaniu modelu diagnostycznego.

1. Wprowadzenie

Analiza liczby wypadków drogowych w Polsce oraz ich skutków (rocznie ponad 31 000 wypadków oraz ponad 7000 ofiar śmiertelnych) stawia nasz kraj w czołówce jeśli chodzi o te statystyki. Nie bez wpływu pozostaje tu stan techniczny struktury nośnej nadwozi, jako że w procesie ich eksploatacji ulega on degradacji. O skali zagrożenia świadczy chociażby częstotliwość występowania niedopuszczalnych wad nadwozi ujawniana podczas przeglądów technicznych samochodów w Niemczech (Raport TÜV) czy Szwecji, a więc w karajach o cechach klimatycznych zbliżonych do Polski. To, że problem jest szczególnie istotny w Polsce uświadomimy sobie, gdy na warunki klimatyczne nałożymy stan dróg, identyfikację wiekową samochodów (ok. 50% 10-letnich i starszych), identyfikację marek z przewagą podatnych na korozję oraz fakt, że znaczny procent stanowią samochody powypadkowe.

2. Geneza identyfikacji parametrów diagnostycznych obiektu

Model diagnostyczny ujmuje zależności między stanami niezawodnościowymi urządzenia a obserwowalnymi jego cechami. Stąd też, aby zidentyfikować parametry diagnostyczne urządzenia, należy przeanalizować jego model niezawodnościowy oraz zachodzące w nim relacje.

Strukturę fizyczną pojazdu możemy opisać za pomocą zbioru własności geometrycznych i materiałowych, istotnych z punktu widzenia jego niezawodności, rozumianej jako prawdopodobieństwo bezawaryjnego wykonywania przewidzianych zadań. Własności te określają stan techniczny obiektu, początkowy dla nowego (jakość), aktualny dla eksploatowanego (niezawodność), jako że na skutek oddziaływań zewnętrznych (otoczenie, obciążenie) następuje jego degradacja. Model

niezawodnościowy obiektu [1 ÷ 5] powinien wiązać początkowy stan techniczny obiektu z wymuszeniami, uogólnionymi wyęczeniami, zmianami stanu technicznego na tle mechanizmów zużycia, określonymi granicami zdatności itp. Wynika stąd, że jest to model złożony, na który składa się szereg modeli cząstkowych, tak teoretycznych jak i eksperymentalnych. Możemy tu wyróżnić takie modele cząstkowe jak: model początkowego stanu technicznego obiektu, model oddziaływań zewnętrznych, model wyężeń, model oddziaływań wewnętrznych, model zmian stanu technicznego, model granicy obszaru zdatności obiektu. Szczególnie istotne dla tej analizy są dwa ostatnie modele.

Model zmian stanu technicznego obiektu — odwzorowuje procesy jego degradacji (korozja, zmęczenie, zużycie itp.) pod wpływem oddziaływań zewnętrznych. Przebieg tych procesów ma charakter losowy. Dominujące znacznie mają tutaj badania eksperymentalne prototypów czy gotowych wyrobów. Np. dla zniszczeń korozyjnych nie ma dokładnych modeli pozwalających przewidywać i obliczać przebiegi procesów korozyjnych, stąd konieczność badań na obiektach rzeczywistych. Wyróżnia się badania eksploatacyjne i przyspieszone. Badania eksploatacyjne są długotrwałe i ich wyniki są dla danego obiektu często nieaktualne, chyba że dotyczą określonych ogólnych zjawisk fizycznych. Badania przyspieszone prowadzone są w specjalnych warunkach, umożliwiającących skrócenie czasu badań, m.in. przez intensyfikację procesów starzenia. Problem w tych badaniach stanowi znalezienie modelu podobieństwa między charakterystykami z tych badań, a uzyskanymi w eksploatacji.

Model granicy obszaru zdatności obiektu — określa cechy zdatności oraz ich granice dla poszczególnych elementów. Od zbioru cech zdatności bezpośrednio uzależnione jest prawidłowe wykonywanie przez obiekt przewidzianych zadań. Wartości tych cech zależą bezpośrednio od stanu technicznego obiektu i ulegają zmianie w czasie na skutek procesów degradacyjnych. Ustalenie granicy cechy zdatności jest łatwe w przypadku gdy istnieje wyraźna granica między stanami zdatności i niezdatności. W przypadku gdy degradacja stanu technicznego zachodzi w sposób stopniowy, ustalenie tej granicy nie jest łatwe i wymaga analizy wpływu zmian odpowiedniej cechy zdatności na dobroć i bezpieczeństwo obiektu. Analiza taka umożliwia przyjęcie granicznej wartości cechy zdatności w sposób umowny.

Z kryteriami położenia granic zdatności obiektu powinno powiązać się pojęcia jego bezpieczeństwa, rozumiane jako zdolność do funkcjonowania bez niesprawności grożących jego zniszczeniem (kryterium techniczne, ekonomiczne) oraz jako jego zdolność do funkcjonowania bez niesprawności zagrażających życiu lub zdrowiu użytkowników (kryterium społeczne). Wymagania dotyczące bezpieczeństwa obiektów ujmowane są często w postaci norm i przepisów krajowych jak i międzynarodowych.

Z przedstawionej analizy wynika, że na model niezawodnościowy obiektu składa się szereg modeli, w których relacje określa się za pomocą różnych parametrów i własności. Poszukiwanie powiązań między parametrami diagnostycznymi, a całym zbiorem parametrów modeli cząstkowych, składających się na ogólny model niezawodnościowy obiektu, stanowi podstawowe zagadnienie w kreowaniu modelu diagnostycznego. Szczegółowej analizy wymagają modele cząstkowe związane z de-

gradacją obiektu oraz modele dające odpowiedzi w postaci parametrów związanych z bezpieczeństwem obiektu oraz bezpieczeństwem jego użytkowników.

Jako parametry diagnostyczne wykorzystuje się przeważnie wielkości charakteryzujące obiekt, możliwe do zmierzenia bez jego demontażu, wyróżniające się jednoznacznością, dostateczną szerokością pola zmian i łatwością mierzenia.

3. Identyfikacja procesów degradacji nadwozia oraz ocena możliwości ich wpływu na jego strukturę i własności

Do głównych procesów niszczących nadwozia należy korozja. Wobec różnorodności zjawisk korozji spotykanych w praktyce, różne są metody jak i programy ich badań. Przebiegi procesów korozyjnych bada się głównie eksperymentalnie na gotowych obiektach, prowadząc badania eksploatacyjne lub przyspieszone, jako, że brak jest dokładnych modeli teoretycznych w tym zakresie. Cele tych badań są różne, poczynając od określenia obciążeń środowisk, poprzez badania odporności powłok ochronnych, po wykorzystanie w diagnostyce.

Jako przykład badań eksploatacyjnych można wymienić badania firmy „Ferd-Werke AG” [6]. Celem badań było określenie obciążeń korozyjnych nadwozi samochodów osobowych w różnych rejonach Europy, określenie postępu korozji w ciągu pięciu lat eksploatacji i badanie związków przyczynowych.

Główne wnioski z przytoczonego przykładu badań eksploatacyjnych to występowanie dużych różnic obciążeń korozyjnych na obszarze Europy, wyszczególnienie parametrów klimatycznych bezpośrednio wpływających na obciążenia korozyjne, tj. wysokość średnich temperatur zimowych i względna wilgotność powietrza, duży wpływ i płynność granic obciążeń środowiska substancjami chemicznymi.

Np. roztwory wodne, w których znajduje się jon chlorku pochodzący z soli używanych do zwalczania śliskości bądź z atmosfery morskiej są około 13-krotnie bardziej agresywne w stosunku do blach nadwozi pokrytych powłokami niż woda deszczowa (badania prowadzono w USA i Szwecji). Zanieczyszczenia atmosfery mogą występować także poza obszarami o skoncentrowanym przemyśle, na skutek ruchów mas powietrza, co świadczy o płynności granic agresji korozyjnej środowiska.

Oczywista jest potrzeba poznania odporności korozyjnej nadwozi pojazdów wchodzących do produkcji, zwłaszcza po wprowadzeniu pod koniec lat 70-tych przez miłą Kanady i USA wymagań w tej kwestii. Odpowiedź na to mogą dać tylko przyspieszone badania kompletnych pojazdów na odcinkach z silnie zwiększonymi czynnikami sprzyjającymi korozji.

Z badań przyspieszonych poprawne korelacje pomiędzy zanieczyszczeniami korozyjnymi testowanych pojazdów i eksploatowanych przez użytkowników uzyskano po raz pierwszy w testach EK opracowanych i stosowanych przez firmę VW [7]. Problem podobieństwa między badaniami przyspieszonymi a eksploatacyjnymi rozwiązano w nich poprzez porównanie zniszczeń korozyjnych w samochodach produkowanych od kilku lat, będących w dobrym stanie i poddanych testowi oraz eksploatowanych przez użytkowników.

Badania eksploatacyjne jak i przyspieszone potwierdziły, że postęp korozji w odniesieniu do całego nadwozia nie przebiega liniowo. Po okresie około sześciu lat użytkowania pojazdu zjawisko korozji zaczyna się nasilać.

Dla tak dużego obiektu jakim jest nadwozie najprostszą metodą badania uszkodzeń korozyjnych są bezpośrednie wizualne obserwacje, które przy zastosowaniu określonych wskaźników pozwalają dokonywać jakościowej oceny stopnia skorodowania.

Określenie stopnia skorodowania jest podstawą oceny nadwozi [8] stosowaną na przeglądach technicznych samochodów w Niemczech i Szwecji. Punktem wyjścia do określenia kryteriów oceny jest klasyfikacja funkcjonalności elementów nadwozia, których korozja uznana została za czynnik istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa oraz sposób wyznaczania stopnia uszkodzenia. W zależności od klasy funkcjonalności elementu i stopnia jego skorodowania podejmuje się odpowiednie decyzje w procesie diagnozowania. Są to jednak metody mało obiektywne — wynik diagnozy w dużym stopniu zależy od subiektywnej oceny człowieka.

Stopień skorodowania nadwozia określa jedynie poziom zaawansowania procesów korozyjnych i to umownie, nie dając bezpośredniego odniesienia do jego stanu technicznego czy stanu technicznego całego samochodu.

Procesy destrukcyjne takie jak korozja czy zmęczenie materiału prowadzą do zmian w geometrii i topologii konstrukcji. Wywołują bowiem w konstrukcji defekty, polegające na wypadaniu pewnych elementów czy węzłów lub prowadzą do nadmiernego wyczerpania materiału powodującego uplastycznienie czy wyboczenie elementów. Defekt choćby jednego elementu, polegający na jego zniszczeniu powoduje, że wyrazy reprezentujące ten element w macierzy sztywności układu przyjmują wartość równą zero. Powoduje to zmianę macierzy sztywności i zmianę sił wewnętrznych w elementach konstrukcji. Może to powodować dalsze defekty innych elementów wskutek utraty przez nie stateczności lub ich uplastycznienie w wyniku przyrostu sił wewnętrznych.

Pracę całej konstrukcji lub jej części możemy ocenić z punktu widzenia stanów granicznych: nośności, przystosowania, użytkowania [9, 10].

Podstawowym objawem stanu granicznego nośności konstrukcji jest utworzenie się w strukturze globalnego mechanizmu ruchu dla całej konstrukcji lub utworzenie się lokalnych mechanizmów ruchu, przy jednoczesnym zachowaniu geometrycznej niezmienności przez pozostałe części konstrukcji.

Ze stanem granicznym przystosowania mamy do czynienia gdy konstrukcja wchodzi w fazę pracy sprężysto-plastycznej, tzn. przynajmniej jeden jej element ulega odkształceniu plastycznemu. Dla danej wielkości obciążenia konstrukcja przystosowuje się, tzn. gdy ją odciążymy, to przy następnym cyklu obciążenia — odciążeniu nie będzie przyrostu odkształceń trwałych, jeżeli nie przekroczymy danego obciążenia. Zmalałe sztywność konstrukcji, bo część jej elementów weszła w pokrytyczny obszar pracy i ich sztywność zmniejszyła się, a w związku z tym zmalała też sztywność całej konstrukcji.

Objawy stanu granicznego użytkowania to nadmierne przemieszczenia, odkształcenia, drgania, niepożądane uszkodzenia czy inne negatywne zjawiska wynikające ze specjalnych funkcji konstrukcji.

Jeżeli konstrukcja jest w dużym stopniu hiperstatyczna, a taką jest nadwozie samochodu osobowego [11, 12], to wypadnięcie niektórych elementów czy węzłów nie prowadzi do utraty stateczności całego ustroju. Redystrybucja sił wewnętrznych wywołana efektami nie prowadzi do takiego przeciążenia innych elementów, że w efekcie spowodować może ujawnienie się w układzie mechanizmu ruchu, czy powodowanie przyrostów odkształceń trwałych dla pewnych występujących w eksploatacji maksymalnych obciążeń. Natomiast efektem przyrostu defektów w konstrukcji na skutek działania procesów destrukcyjnych jest spadek jej sztywności. Spadek bezwzględny sztywności może doprowadzić do osiągnięcia jej minimalnej dopuszczalnej wartości, którą określa stan graniczny użytkowania. Znaczenie ma także wielkość względnego spadku sztywności nadwozia (zwłaszcza dla nadwozi o dużej sztywności początkowej), ponieważ świadczy o stopniu jego degradacji (ilości defektów), mogącej doprowadzić do ujawniania się lokalnych mechanizmów ruchu, zwłaszcza w tych partiach konstrukcji, które odpowiadają za wprowadzenie sił wewnętrznych w nadwozie i rozrowadzenie w nim sił wewnętrznych.

Ustalenie ogólnego kryterium niezawodności ma istotne znaczenie ponieważ rozpatrując nawet nową konstrukcję w aspekcie jej bezpieczeństwa należałoby znać rozkłady prawdopodobieństwa wielkości losowych bezpieczeństwa, między innymi takich jak: właściwości mechaniczne materiałów, wymiary geometryczne, obciążenia konstrukcji itd.

Biorąc pod uwagę to, że nadwozie zbudowane jest z cienkościennych wytłoczek połączonych głównie przez punkty zgrzewcze, należy liczyć się z występowaniem w konstrukcjach imperfekcji wstępnych.

W konstrukcjach eksploatowanych, z defektami, ściśle uwzględnienie zmian własności materiału, zmian struktury i związanego z nią rozdziału obciążeń jest trudne do określenia. Uwzględnienie tych wszystkich czynników w modelu obliczeniowym konstrukcji stwarza duże trudności matematyczne i tzw. rozwiązanie zupełne problemu udaje się uzyskać jedynie dla pewnych prostych konstrukcji prętowych.

Dlatego dla złożonych układów statycznie niewyznaczalnych, pracujących dodatkowo z defektami mogącymi zmieniać rozdział obciążeń, istotne znaczenie ma ustalenie kryterium niezawodności dla całej konstrukcji. Postawiono hipotezę [13], że kryterium to spełnia sztywność skrętna nadwozia, rozumiana jako iloraz momentu skręcającego nadwozie do kąta jego skrętu w osi kół przednich względem osi kół tylnych. Przyrost defektów w konstrukcji, kumulujący się z czasem eksploatacji na skutek procesów destrukcyjnych, jest odzwierciedlony w spadku jej sztywności skrętnej.

Dla nadwozia wyróżnia się dwie podstawowe sztywności: giętną i skrętną. Istotna jest sztywność skrętna wyrażająca się stosunkiem momentu skręcającego nadwozie do kąta skręcenia nadwozia w osi kół przednich względem osi kół tylnych.

Brak ścisłych przepisów w tej kwestii przyjmuje się jednak, że minimalna sztywność skrętna nadwozia nie może być mniejsza od 3000 Nm/deg [14]. Przypuszcza się, że w pojazdach, które mają sztywność skrętną nadwozia mniejszą od tej wartości mogą wystąpić problemy związane z ich dynamiką ruchu, zachowaniem geometrii otworów nadwozi, szczelnością warstw ochronnych, zmniejszeniem energii

odkształcenia itp. Brak jest jednak dokładniejszych opracowań dotyczących tego zagadnienia. Uważa się ogólnie, że sztywność skrętna nadwozia ma wpływ na bezpieczeństwo, komfort i trwałość pojazdu.

Nowe samochody osobowe posiadają wartość sztywności skrętnej nadwozi w granicach 5000 – 10000 Nm/deg [15]. Obecna tendencja w konstrukcji nadwozi to zwiększanie sztywności skrętnej od 20 do 100% w stosunku do modeli poprzednich.

Większość parametrów dotyczących bezpieczeństwa pojazdu wiąże się z jego dynamiką. Samochód składa się z wielu podzespołów drgających o różnych częstotliwościach drgań własnych. Jednym z nich jest nadwozie.

Nadwozie zamknięte o sztywności skrętnej ok. 5500 Nm/deg, w stanie surowym posiada częstotliwość drgań własnych skrętnych ok. 25 Hz, a giętnych 30–35 Hz. Istotne znaczenie ma postać drgań podłogi, jako że do niej mocowane są elementy układu napędowego i jezdnego, wprowadzające siły wymuszające w nadwozie. Z analizy postaci drgań podłogi wynika, że drgania skrętne, których amplitudy są kilkakrotnie większe od amplitud drgań giętnych, mają węzeł w pobliżu środka odległości między osiami kół samochodu. Drgania giętne mają dwa węzły w pobliżu osi kół pojazdu. Siły działające w węzłach nie wywołują drgań, stąd większa wrażliwość nadwozi na wymuszenia antysymetryczne.

Nadwozie kompletne, zamontowane w samochodzie, posiada charakterystyki widmowe inne niż to samo nadwozie surowe. Kompletowanie nadwozia, stosowanie materiałów wygłuszających i zabezpieczających przed korozją powoduje wzrost masy i tłumienia i w wyniku tego zmniejszanie się częstotliwości drgań własnych nadwozia. Wymóg wzrostu odporności nadwozia na uderzenia boczne spowodował m.in. stosowanie wzmocnień bocznych w drzwiach, co powoduje wzrost masowego momentu bezwładności nadwozia względem osi wzdłużnej samochodu i spadek częstotliwości drgań własnych.

Spadek częstotliwości drgań własnych nadwozia zamkniętego kompletnego w stosunku do surowego wynosi ok. 8 Hz dla drgań giętnych i 6 Hz dla skrętnych [16]. Dla nadwozi otwartych spadek jest większy i wynosi: 10 ÷ 11 Hz dla drgań giętnych i 7 ÷ 8 Hz dla skrętnych.

Samochód jako całość stanowi skomplikowany układ drgający o wielu stopniach swobody i nie zawsze jest możliwe ustalenie wyraźnych postaci drgań nadwozia w pojeździe kompletnym. W przybliżeniu można oszacować częstości podstawowych drgań nadwozia w kompletnym samochodzie, na podstawie częstości drgań nadwozia surowego (około 21 Hz dla drgań skrętnych i 20,5 Hz dla giętnych dla kompletnych nadwozi zamkniętych). Zwykle nadwozia posiadają kilka częstości drgań własnych przedniej i tylnej części części nadwozia. Istotnym jest aby każda z tych częstości leżała znacznie powyżej częstości drgań własnych głównych układów samochodu, co powinno uniemożliwić występowanie rezonansów od układu napędowego — w przedziale prędkości obrotowych silnika oraz od drogi — w przedziale prędkości jazdy samochodu.

Zastępując nadwozie ekwiwalentną jednorodną belką, z prostych zależności znanych z wytrzymałości materiałów, otrzymamy wzór na przybliżoną wartość pierwszej częstości drgań skrętnych nadwozia:

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{GI}{i}} \quad (1)$$

gdzie: GI — sztywność skrętna, l — odległość między osiami pojazdu, i — średni masowy moment bezwładności nadwozia przypadający na jednostkę jego długości.

Przyjmując częstotliwość drgań własnych skrętnych nadwozia kompletnego równą 21 Hz, spadek jego sztywności skrętnej o 35% spowoduje, na podstawie powyższego wzoru, spadek częstotliwości drgań własnych skrętnych do 17 Hz. Biorąc pod uwagę zakres częstotliwości drgań własnych mas niezawieszonych 11 ÷ 17 Hz, może spowodować to wejście nadwozia w obszar rezonansów z kołami. To sprzężenie drgań nadwozia i mas niezawieszonych pojazdu powodować może m.in. wzrost maksymalnych wartości, jak i odchyień standardowych obciążeń dynamicznych kół oraz przemieszczeń kół względem nadwozia.

Oprócz określenia pola zmian sztywności skrętnej nadwozi z czasem eksploatacji, dalsze potwierdzanie przydatności tego parametru jako diagnostycznego, wymaga analizy jego wpływu na bezpieczeństwo samego obiektu jak i jego użytkowników. I tu wchodzimy w obszary bezpieczeństwa czynnego i biernego samochodu. Są to zagadnienia obszerne i złożone nawet dla obiektów nowych. Dla obiektów eksploatowanych, z defektami, obszar niewiedzy odnośnie wielu parametrów określających strukturę znacznie się rozszerza, z powodu losowości skutków procesów starzenia.

Badania dotyczące bezpieczeństwa biernego polegają głównie na przeprowadzaniu testów zderzeniowych samochodów ze sztywną barierą i analizie występujących opróżnień oraz odkształceń części pasażerskiej. Są to badania niszczące, kosztowne, wymagające drogiego wyposażenia. Przeprowadzane są jedynie w niewielu ośrodkach na świecie. I tak pozostaje pytanie, jak się mają skutki zderzeń z barierą do skutków powstających w rzeczywistych wypadkach, gdzie często występują zderzenia samochodów między sobą. Jak wynika z przeprowadzonego m.in. przez automobilklub niemiecki (ADAC), testu zderzenia dwóch samochodów, kontrolowane strefy zgniotu nie spełniły swojej roli wnikając w przeciwny samochód. Między innymi dlatego nastąpiły istotne, dodatkowe odkształcenia przestrzeni pasażerskiej — wystąpił inny obraz uszkodzeń niż uzyskany przy zderzeniu obu samochodów z nieruchomą barierą.

Oslabienie konstrukcji nadwozia na skutek procesów starzenia, odzwierciedlone w spadku jej sztywności skrętnej, może wpływać na obniżenie bezpieczeństwa biernego, chociażby w zakresie wzrostu odkształceń części pasażerskiej.

Analiz dotyczących bezpieczeństwa czynnego dokonuje się według określonych testów, przeprowadzając badania własności jezdnych. Jednak brak jest konkretnych wymagań odnośnie do własności jezdnych, a także analizy wpływu badanych parametrów na bezpieczeństwo czynne pojazdu. Badania te wymagają ponadto użycia wysoko specjalistycznej aparatury.

Według wieloletnich badań firmy Mercedes [17] optymalnemu zachowaniu pojazdu na drodze sprzyja minimalizacja: zmian kątów zbieżności i pochylenia kół

zależnych od wielkości przemieszczeń kół względem nadwozia, zmian dynamicznych reakcji pionowych między kołami a nawierzchnią oraz przyspieszeń podłogi pod fotelem kierowcy. Dwie pierwsze wielkości wpływają na bezpieczeństwo czynne, trzecia na komfort jazdy i pośrednio na bezpieczeństwo czynne.

Można zbadać wpływ zmian sztywności skrętnej nadwozia na bezpieczeństwo czynne pojazdu poprzez analizę m.in. powyższych parametrów.

4. Podsumowanie

Jak wynika z powyższej analizy daną wielkość możemy zaliczyć do parametrów diagnostycznych obiektu, jeżeli charakteryzuje się ona w jednoznaczny sposób dostateczną szerokością pola zmian wraz z postępującą degradacją konstrukcji oraz charakteryzuje obiekt w tym sensie, że jego zmiany wpływają na bezpieczeństwo samego obiektu jak i jego użytkowników.

Takie podejście implikuje w pierwszym rzędzie potrzebę analizy procesów starzenia, jakim podlega analizowany obiekt, ponieważ powodują one zmiany jego stanu technicznego. Powstaje pytanie, czy metody stosowane do oceny stopnia procesów zestarzenia mogą posłużyć bezpośrednio za parametr diagnostyczny urządzenia. Degradacja nadwozia następuje głównie na skutek działania procesów korozyjnych. Do oceny stopnia korozji stosuje się głównie metody organoleptyczne. Są to metody subiektywne nawet dla oceny stopnia korozji i brak jest w dostępnej literaturze analiz dotyczących powiązań między stopniami korozji nadwozia a jego stanem technicznym, jako że trudno doszukać się tu jednoznaczności. Istnieje zatem potrzeba poszukiwania obiektywnego parametru diagnostycznego struktury nadwozia. Tu nasuwa się myśl, aby przeanalizować wpływ zniszczeń korozyjnych na strukturę nadwozia i wynikające stąd skutki. Nadwozie jest konstrukcją cienkościenną o istotnej hiperstatyczności i jak wynika z przeprowadzonej analizy przyrost defektów w konstrukcji, kumulujący się z czasem eksploatacji na skutek procesów destrukcyjnych, może być odzwierciedlony w spadku jej sztywności skrętnej. Stąd ten parametr może spełniać kryterium parametru diagnostycznego nadwozia, po dodatkowej analizie jego wpływu na bezpieczeństwo obiektu i jego użytkowników.

Literatura

- [1] DIETRICH M. i in.: *Podstawy konstrukcji maszyn*. PWN, Warszawa 1995.
- [2] MURZEWSKI J.: *Niezawodność konstrukcji inżynierskich*, Arkady, Warszawa 1989.
- [3] CODIER E.O.: *Reliability in the Third Generation*, ASR, Washington 1971.
- [4] JAZWIŃSKI J., WAŻYŃSKA K.: *Niezawodność systemów technicznych*, PWN, Warszawa 1990.
- [5] MIGDAŁSKI J. i in.: *Inżynieria niezawodności*, ATR, Bydgoszcz 1992.
- [6] SCHULZE R.: *Korrosionsbelastung an Personenwagen — Karosserien in Europa*, ATZ, 3/1982.
- [7] KRUCKEN H., POKOWITZ W.: *Entwicklung eines beschleunigten Korrosionsprüfverfahrens*, ATZ, 7; 8/1981.
- [8] PAWŁOWSKI B., PURGAŁ P.: *Problem diagnozy stanu technicznego nadwozi samochodów osobowych*, Motoryzacja 11/1987.

- [9] ŁUBIŃSKI M. i in.: *Konstrukcje metalowe*, Arkady, Warszawa 1986.
- [10] BRÓDKA M. i in.: *Przekrycia strukturalne*, Arkady, Warszawa 1985.
- [11] PAWŁOWSKI B.: *Nadwozia samochodowe*, WKŁ, Warszawa 1987.
- [12] ROMANOW F.: *Wytrzymałość ram i nadwozi pojazdów*, WKŁ, Warszawa 1988.
- [13] PAWŁOWSKI B.J.: *Szywność skrętna nadwozia samochodu osobowego jako parametr stanu granicznego jego użytkowania*, Praca doktorska, Politechnika Radomska, Radom 1997.
- [14] WEBB G.: *Torsional stiffness of passenger cars*, International Conference on Vehicle Structures, I Mech Conference Publications, C 172/1984, London 1984.
- [15] DÖDLBACHER G.: *Statische Strukturanalyse in der Karosseriewicklung*, AI, 6/1991.
- [16] CHABER D.: *Pomiary wibromechanicznych własności nadwozi*, Technika Motoryzacyjna, 1/1982.
- [17] PETER W.: *Aktive und passive Sicherheit im Automobil*, Teil 1, Teil 2, ATZ, 11; 12/1988.

The selected aspects of diagnostic of technical state of passenger car bodies

S u m m a r y

This paper describes some problems connected with object identification, which is passenger car's bodies in context of its diagnostic model building. The paper presents critical approach to usage of torsion factor as the one method of car body technical state evaluation.

The logical analysis which was carried out during the studies of the problem, points out that the torsional stiffness of passenger car body could be a parameter which describes the technical state of a body in a good way.