

Model bezpieczeństwa pojazdu wojskowego

WSTĘP

Jak w optymalny sposób chronić życie ludzkie? Odpowiedź na to pytanie dotyka licznych obszarów działalności człowieka, gdzie występują ekstremalne narażenia. Jest ona poszukiwana także w sferze konstrukcji pojazdów wojskowych. Gwarancja zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa załogi pojazdu zależy od szeregu zróżnicowanych czynników. Wymagania stawiane pojazdom wojskowym budowane są w oparciu o potrzeby, a głównymi potrzebami użytkowników są: możliwość działania zgodnie z przeznaczeniem, funkcjonalność oraz bezpieczeństwo załogi. Zmiana parametrów decydujących o możliwości działania zgodnie z przeznaczeniem oraz funkcjonalności może odbić się w sposób negatywny na poziomie bezpieczeństwa. Dotykając wyłącznie kwestii bezpieczeństwa, z doświadczenia autora wynika, że zwiększenie wybranych parametrów z nim związanych może negatywnie odbić się na globalnym bezpieczeństwie pojazdu wojskowego. Niezwykle przydatne byłoby oparcie decyzji wprowadzających wybrane zmiany: konstrukcyjne, logistyczne, eksploatacyjne o algorytmy, wypracowane na bazie naukowych badań.

1. BEZPIECZEŃSTWO POJAZDU WOJSKOWEGO

1.1. Pojazdy wojskowe

W systemie maszyn transportowych, biorąc pod uwagę przeznaczenie, pojazd mechaniczny jest maszyną służącą do przetwarzania energii lub wykonywania określonej pracy mechanicznej. [1] Szczególnie istotną grupę maszyn transportowych stanowią pojazdy lądowe, których klasyfikację przedstawiono na rysunku 1, wśród nich szczególną grupę stanowią pojazdy wojskowe. [2]

Pojazdy wojskowe posiadają szczególne cechy wynikające z przeznaczenia, funkcji oraz zapewnienia bezpieczeństwa. Doskonałym przykładem są wojskowe pojazdy kołowe, które w niektórych przypadkach niewiele różnią się od pojazdów komercyjnych. Poniżej przedstawiono kilka zdefiniowanych pojęć pozwalających precyzyjniej określić specyfikę pojazdów wojskowych.

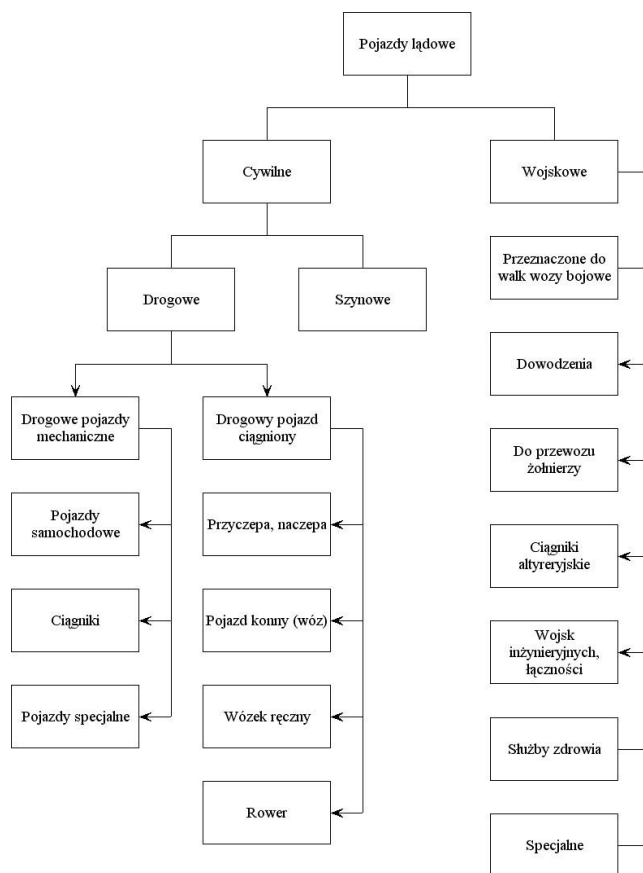
Pojazdy specjalne lub pojazdy używane do celów specjalnych Sił Zbrojnych

Samochód specjalny – samochód wyposażony w dodatkowe urządzenia, które pozwalają mu wykonywać określone prace specjalistyczne. [3] Takimi samochodami w wojsku są np.: wozy ewakuacji technicznej, wozy dowodzenia, dźwigi samojezdne, wozy bojowe, samochody pożarnicze itp. Ponadto wyróżnia się samochody specjalizowane.

Samochód specjalizowany to samochód z nadwoziem przystosowany do przewozu określonych rodzajów ładunków lub przewozu w określony sposób np.: samochody do przewozu amunicji, radarów, cysterny, laboratoria itp. [3] Bardzo często jako pojazdy używane do celów specjalnych wykorzystywane są samochody, które przewiduje się wykorzystywać doraźnie do określonych prac po ich przystosowaniu (np. montaż żurawia, opancerzonej kabiny itp.) lub też bez przygotowania do wykonywania zadań pomocniczych o specjalnym przeznaczeniu dla SZ (np. przewożenie amunicji, transport robota saperskiego, holownik samolotów, transport czołgów itp.).

W ostatnim okresie funkcjonuje jednocześnie kilka popularnych pojęć związanych z pojazdami wojskowymi. Istnieje jednocześnie pewien rozdźwięk pomiędzy zawartością tych pojęć, a rzeczywistymi możliwościami technicznymi i technologicznymi. W związku z tym poniżej zdefiniowano główne, z punktu widzenia projektowego, pojęcia odnoszące się do nowoczesnych pojazdów logistycznych i bojowych, które mają jednak znaczenie jeśli chodzi o odrębność pojazdów wojskowych jako maszyn transportowych.

¹ płk dr hab. inż., Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej, 05-070 Sulejówek, Okuniewska 1, przemyslaw.siminski@witpis.eu
artykuł opracowany w ramach realizacji projektu NCBIR DOBR-BIO4/021/13355/2013



Rys. 1. Klasyfikacja pojazdów lądowych [1]

Uniwersalność – możliwość zastosowania platformy zarówno w konfliktach o charakterze lokalnym jak i globalnym. Związany z tym jest pewien zapas modyfikacji pod względem: opancerzenia i uzbrojenia, a w związku z tym zapas możliwości poszczególnych układów pojazdu oraz pojemności użytkowej jego wnętrza. Przy zachowaniu wymiarów optymalnych dla maskowania oraz transportowalności.

Integralność – pojęcie związane z koniecznością istnienia powiązania sprzętowego z innymi rodzajami uzbrojenia przede wszystkim pod względem: logistycznym, dowodzenia i łączności.

Modułowość – zakłada istnienie bazowej platformy lub jej części i zmiany przeznaczenia pojazdu dzięki wymianie: modułu stanowiącego przedział (bojowy lub załogowy), modułu stanowiącego konkretny system (np. zespół napędowy, opancerzenie), możliwość szerokiego zakresu zmian regulacji poszczególnych systemów (np. zawieszenia) – podatność na modyfikację.

Przeżywalność – zdolność do kontynuowania przemieszczania się mimo znacznych uszkodzeń głównych układów pojazdu.

Transportowalność – możliwość transportu drogą kolejową, morską i powietrzną samolotami lotnictwa transportowego.

1.2. Bezpieczeństwo pojazdu wojskowego na tle systemu człowiek-otoczenie-technika

Wskazując na wagę rozważanych zagadnień w aspekcie stanu wiedzy o bezpieczeństwie i ryzyku eksploatacji maszyn, należy wskazać, że podejmowana tematyka bezpieczeństwa pojazdów wojskowych jest jednym z elementów bezpieczeństwa w ogólnej działalności człowieka. Wzrost aktywności człowieka na wielu polach wraz z towarzyszącym rozwojem techniki powoduje zwiększenie zagrożenia. Szereg wzajemnych oddziaływań powoduje, że analizowany jest system człowiek-otoczenie-technika. Zagadnienie te w ujęciu globalnym dla systemu eksploatacji maszyn były przedmiotem analiz zaprezentowanych w [4].

Nauka o bezpieczeństwie jest nauką interdyscyplinarną, w której można wyodrębnić dwa zasadnicze podejścia: systemowe oraz redukcjonistyczne. W ujęciu systemowym naczelną zasadą jest

całościowe ujęcie rzeczywistości. Systemowe ujęcie można ująć hasłem „myśl globalnie działaj lokalnie”.

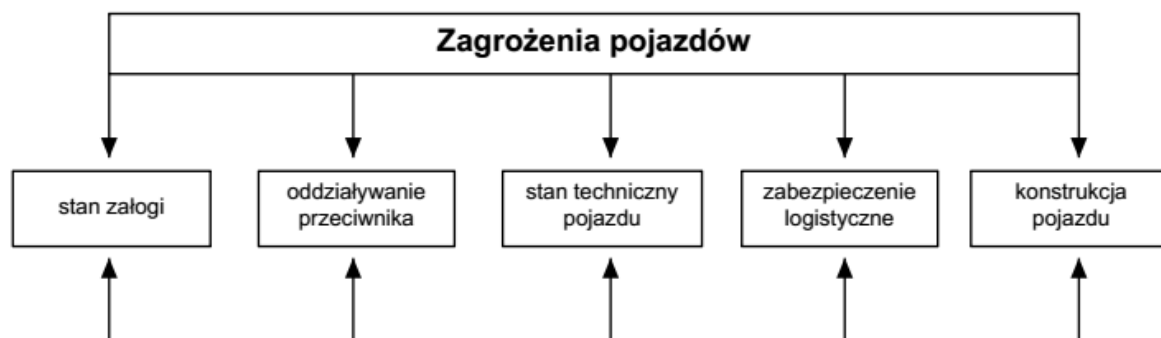
Na podstawie [1] w problematyce pojęcia bezpieczeństwa pojazdów wojskowych należy uwzględnić: zagrożenie, zagrożenie bezpieczeństwa, zdarzenia katastroficzne, czynnik wymuszający zagrożenie bezpieczeństwa, bezpieczeństwo systemu, niezawodność bezpieczeństwa oraz wskaźnik bezpieczeństwa. Pojęcia te zostały zdefiniowane we wspomnianej publikacji [1]. Jeśli przedmiotem rozważań są pojazdy wojskowe to w odróżnieniu od komercyjnych pojazdów ich struktura bezpieczeństwa powinna być widziana znacznie szerzej. W związku z szerokim spektrum zagadnień wymagających uwzględnienia w strukturze bezpieczeństwa pojazdu wojskowego pojawia się prawie zawsze nadmiar: elementowy, wytrzymałościowy, parametryczny i rzadziej nadmiar funkcjonalny, strukturalny i informacyjny. Nadmiary związane są z wprowadzeniem różnorodnych systemów mających m.in. na celu podniesienie bezpieczeństwa.

Należy wspomnieć w tym momencie o dysproporcji występującej pomiędzy długim czasem projektowania, a następnie eksploatacji pojazdu wojskowego oraz krótkim czasem niezbędnym na wprowadzanie zmian konstrukcyjnych wynikających ze specyfiki współczesnych konfliktów. W trakcie dodawania różnorodnych systemów mających na celu zmniejszenie ryzyka, umyka istotne zagrożenie związane na przykład z utratą bezpieczeństwa w innych aspektach i zmniejszeniem wymaganych parametrów dla poszczególnych układów pojazdu. Jak wynika z oceny bezpieczeństwa wojskowych pojazdów, należy nim zarządzać i kształtować we wszystkich fazach życia.

W ocenie bezpieczeństwa pojazdów należy przestrzegać następujących zasad:

1. Identyfikacja zagrożeń stwarzanych przez pojazdy;
2. Oszacowanie poziomu ryzyka stwarzanego przez wybrane zagrożenie;
3. Ocena niepewności uzyskanego oszacowanego ryzyka;
4. Podjęcie decyzji o przerwaniu eksploatacji, gdy ryzyko przekroczy akceptowalny poziom, lub o kontynuowanie gdy nie przekroczy;
5. Prowadzenie analizy ryzyka. [1]

Na rysunku nr 2 zilustrowano źródła zagrożeń pojazdów wojskowych.



Rys. 2. Źródła zagrożeń pojazdów wojskowych (opracowanie własne na podstawie [1])

Zagrożenie powodowane stanem załogi może wynikać ze stanu psychofizycznego, oddziaływania urządzeń, poziomu wyszkolenia, błędów w obsłudze.

Zagrożenie ze strony przeciwnika to wszelakie formy oddziaływania mające na celu obniżyć sprawność załogi lub uszkodzić pojazd wojskowy.

Zagrożeniem jest także stan techniczny pojazdu, który wynika ze sposobu eksploatacji, poziomu niezawodności systemów, diagnostyki i obsługi.

Przyczyną zagrożenia jest także konstrukcja pojazdu, która może być oparta o błędne założenia, lub też wprowadzone zmiany konstrukcyjne w okresie eksploatacji spowodują obniżenie istotnych parametrów.

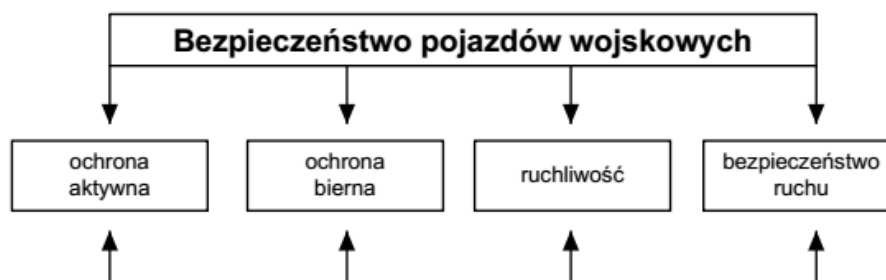
Zabezpieczenie logistyczne nie gwarantujące właściwej organizacji, zabezpieczenia materiałowego i wymiany informacji jest także zagrożeniem.

Czynniki powodujące poszczególne zagrożenia wpływają na siebie wzajemnie.

1.3. Bezpieczeństwo załogi pojazdu wojskowego

Bezpieczeństwo pojazdów wojskowych wymaga przeciwdziałania wspomnianym zagrożeniom mając za cel nadrzędny ochronę załóg z tym związaną. Zapewnienie optymalnej ochrony załodze umożliwia wysoki poziom zespołu cech pojazdu, należą do nich: siła ognia (możliwość rażenia przeciwnika odpowiednio skutecznymi środkami ogniowymi), odporność balistyczna i antyminowa (wyrażana jakością opancerzenia), ruchliwość (własności trakcyjne np.: dynamika jazdy, pokonywanie przeszkód terenowych, zwrotność; mobilność), bezpieczeństwo ruchu. Dopiero kompleksowy rozwój wspomnianych cech pozwala na osiągnięcie zadowalającego poziomu bezpieczeństwa. Wszelkie dysproporcje, jak np. silne opancerzenie przy niskiej dynamice ruchu, są niepożądane i nie gwarantują bezpieczeństwa pojazdów wojskowych, zwłaszcza opancerzonych. Wspomniane determinanty warunkujące bezpieczeństwo pojazdu wojskowego w myśl zasady łańcucha powinny być ogniwami o takiej samej wytrzymałości.

Na rysunku nr 3 przedstawiono poszczególne rodzaje bezpieczeństwa pojazdu wojskowego wpływające na bezpieczeństwo globalne załogi.



Rys. 3. Działania wpływające na bezpieczeństwo globalne załogi pojazdu wojskowego (opracowanie własne na podstawie [1])

Ochrona bierna to zespół właściwości pojazdu wojskowego, które zmniejszają skutki zagrożenia do którego doszło. Najważniejsze to: konstrukcja kadłuba, poziom ochrony balistycznej, organizacja wnętrza, siedziska antywybuchowe.

Ochrona aktywna to zespół właściwości pojazdu wojskowego, które umożliwiają uniknięcie zagrożenia przeciwnika. Najważniejsze to: systemy osłony aktywnej, systemy maskujące, wspomagające systemy elektroniczne w tym przed bronią ABC.

Na pojęcie ruchliwości składają się: własności trakcyjne, intensywność rozpędzania, zwrotność, zdolność pokonywania terenu, zasięg oraz przystosowanie do transportu na duże odległości. Wskazuje się także wpływ na parametr ruchliwości mocy i mocy jednostkowej silnika oraz jakości zawieszenia [5]. Przy czym pod pojęciem przekraczalności terenu rozumie się zdolność do pokonywania przeszkód sztucznych i naturalnych, różnorodnych rodzajów nawierzchni (mobilność) oraz przeszkód wodnych. Z poprawą przejezdności związanych jest szereg parametrów konstrukcyjnych. Zapewnienie wysokich parametrów ruchliwości jest związane z ochroną załogi przed zagrożeniem przeciwnika.

Bezpieczeństwo ruchu jako składowa globalnego bezpieczeństwa załogi, odnosi się przede wszystkim do zagrożenia pochodzącego od konstrukcji pojazdu. Wpływ zmiany parametrów konstrukcyjnych na bezpieczeństwo ruchu jest wyraźny. [2] Na tak zdefiniowane bezpieczeństwo ruchu w dużej mierze będzie rzutować stateczność pojazdu. Statecznością podczas ruchu pojazdu, określa się zdolność do zachowania toru jazdy zadanego przez kierowcę. [6] W przypadku poślizgu w ruchu prostoliniowym mamy do czynienia z utratą stateczności podłużnej. Najbardziej powszechna i niosąca najwięcej zagrożeń jest utrata stateczności w ruchu krzywoliniowym, czyli poprzeczna. W przypadku utraty przyczepności poprzecznej może nastąpić zarzucenie pojazdu bądź, jeśli nawierzchnia ma wysoki współczynnik przyczepności lub środek masy pojazdu jest położony wysoko, wywrócenie pojazdu. Wywrócenie pojazdu należy do najgroźniejszych w skutkach wypadków. [7] Zachowanie w ruchu krzywoliniowym na nawierzchni sztywnej jest kolejnym z aspektów bezpieczeństwa ruchu. [8, 9]

Czynniki zmieniające poziom poszczególnych rodzajów bezpieczeństwa wpływają na siebie wzajemnie.

2. ZAŁOŻENIA DO MODELU BEZPIECZEŃSTWA

W procesie konstruowania pojazdów wojskowych, często na bazie podwozia, czy też platformy dokonuje się modyfikacji i modernizacji. W efekcie budowane są praktycznie nowe pojazdy, spełniające aktualne wymagania taktyczno-techniczne, dopasowane do aktualnych potrzeb. Jednakże konieczność spełniania przez pojazd nowych wymagań, bardzo często wiąże się z wyczerpaniem technicznych możliwości podwozi bazowych. Wobec tego celem nadrzędnym staje się konstruowanie nowych typów pojazdów bez pogorszenia dotychczasowego poziomu bezpieczeństwa. [9] Istnieje konieczność kształtowania poziomu bezpieczeństwa w całym okresie cyklu życia co dodatkowo uzasadniają potrzeby modernizacyjne. [2, 4] Okres ten obejmuje fazy: identyfikacyjną, analityczno-koncepcyjną, realizacyjną i eksploatacyjną. [10, 11]. We wszystkich tych fazach istnieje możliwość wpływania na poziom bezpieczeństwa. Kształtowanie bezpieczeństwa powinno być oparte o metody wypracowane na podstawie przesłanek z badań naukowych co uzasadnia prowadzenie badań naukowych w tym zakresie. W świetle [2] badania modelowe umożliwiają badania bezpieczeństwa ruchu.

Zaangażowanie całej gamy zróżnicowanych modeli (modele cząstkowe) umożliwi zbudowanie ogólnego modelu bezpieczeństwa pojazdu wojskowego i rozciągnięcie badań modelowych do oceny bezpieczeństwa globalnego pojazdu wojskowego.

Główną ideę zastosowania ogólnego modelu bezpieczeństwa pojazdu wojskowego określono na rysunku 4. U jej podstaw leży określenie globalnego poziomu bezpieczeństwa pojazdu oraz wpływu ewentualnych zmian wprowadzanych w procesie eksploatacji na poziom bezpieczeństwa.

3. MODEL BEZPIECZEŃSTWA POJAZDU WOJSKOWEGO

W pracach [12, 13, 14] przedstawiono dwie koncepcje podejścia do budowy modeli ogólnych. Ponieważ przedmiotem modelowania mogą być zarówno obiekty jak i procesy sformułowano model ogólny obiektu jakim jest pojazd wojskowy w następującej postaci:

$$\text{MMD} = \langle D, R, Z, F, P \rangle \quad (1)$$

gdzie:

D - dziedzina modelu – zbiór kluczowych systemów pojazdu: kadłub, układ zawieszenia, układ napędowy, układ hamulcowy, układ kierowniczy, układ pływania, ogumienie, układ osłony aktywnej

R - relacje modelu – zbiór charakterystyk, w tym nieliniowych, odzwierciedlających powiązania pomiędzy systemami pojazdu oraz charakteryzujące ich elementy

Z - zbiór ograniczeń i uproszczeń charakterystycznych dla poszczególnych modeli.

F - miara jakości w postaci kryterium na podstawie WZTT oraz NO

P - problem modelu – czy pogorszyło się bezpieczeństwo?

W wyrażeniu (1) można wyróżnić dwa człony:

$$\text{MM} = \langle D, R \rangle \quad (2)$$

czyli człon określający identyfikację systemu rzeczywistego oraz człon MD będący modelem decyzyjnym systemu:

$$\text{MD} = \langle M, D \rangle \quad (3)$$

Istnieje możliwość oceny poziomu bezpieczeństwa także z poziomu zachodzących i wpływających na pojazd procesów. W tym celu zbudowano ogólny model procesów, przedstawiony na rysunku 5.

Zgodnie z procesowym podejściem model decyzyjny opisuje wyrażenie:

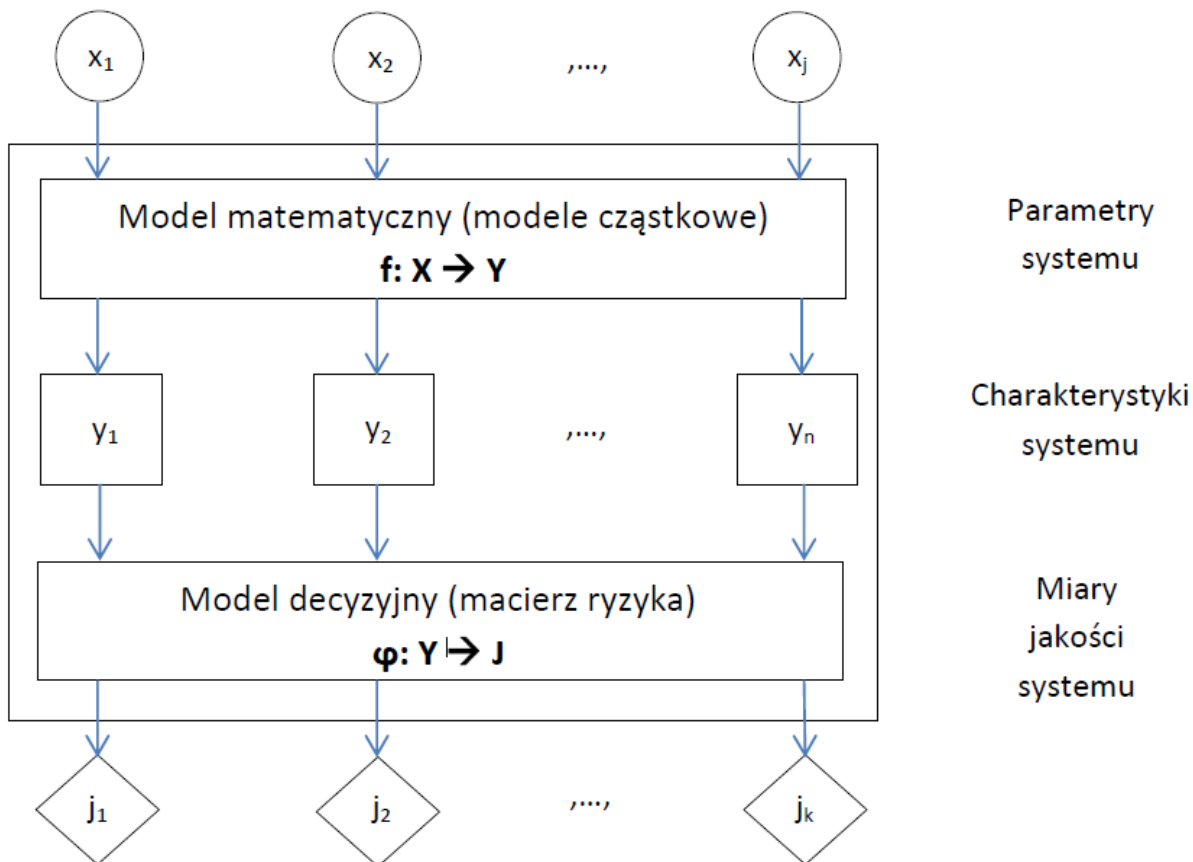
$$\text{MMD} = \langle X, Y, J, f \rangle \quad (4)$$

gdzie:

X – zbiór parametrów systemu,

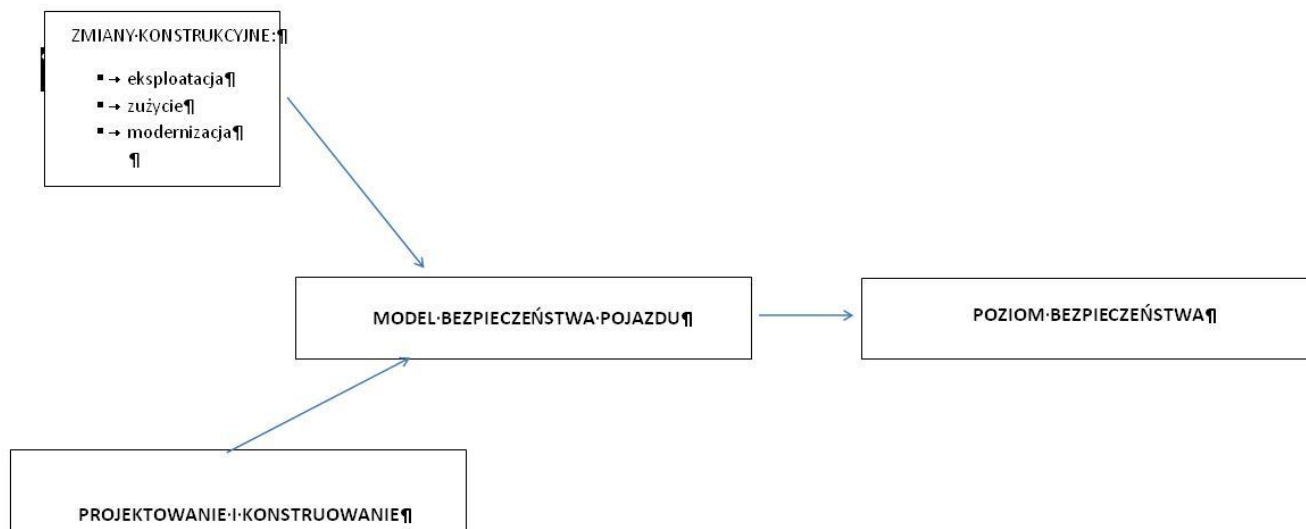
Y – zbiór charakterystyk systemu,

J – zbiór miar jakości systemu,
 f: X→Y - model matematyczny (modele cząstkowe),
 φ: Y→J - model decyzyjny.



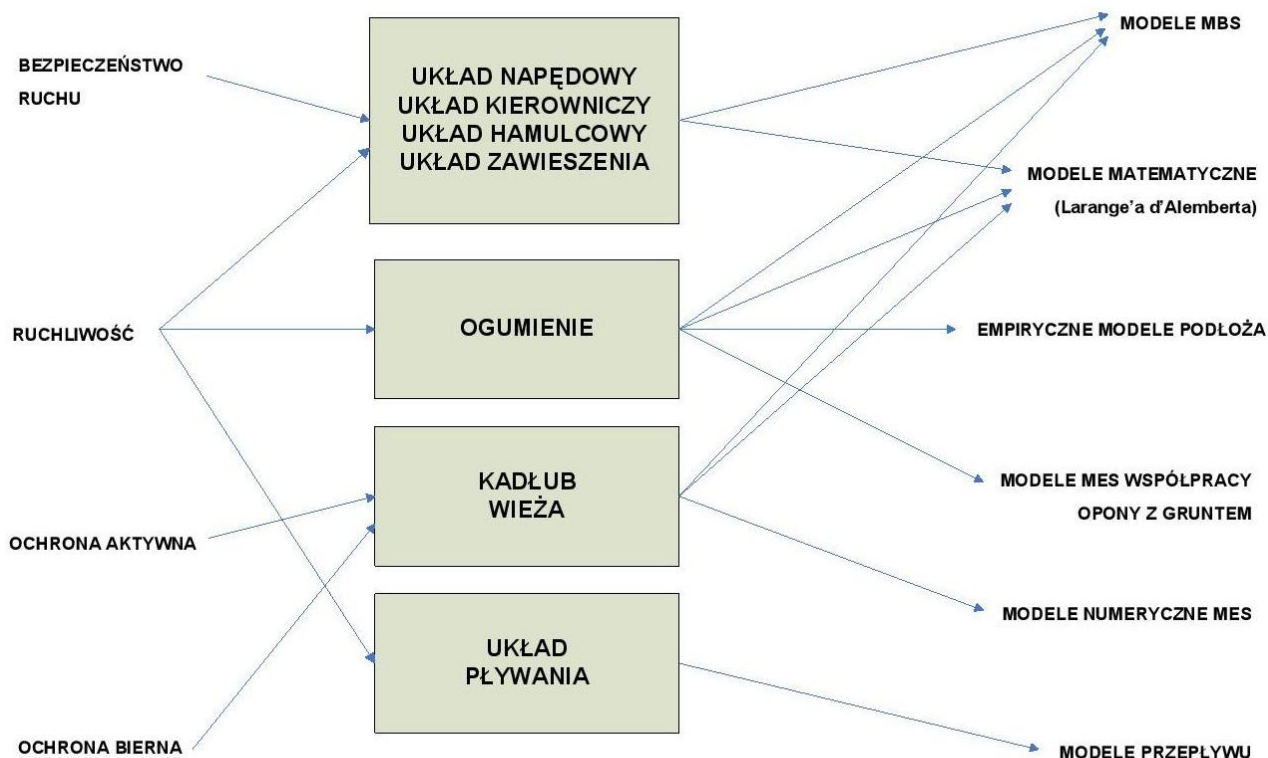
Rys. 5. Realizacja modelu w ujęciu procesowym [opracowanie własne na podstawie 14]

Na rysunku 6 zaprezentowano zidentyfikowane czynniki wpływające na poziom bezpieczeństwa w ujęciu procesowym.



Rys. 6. Procesy wpływające na poziom bezpieczeństwa – schemat ideowy oceny

Modele cząstkowe w ogólnym modelu bezpieczeństwa w obiekcie jak i dla procesów przedstawiono na rysunku nr 7.



Rys. 7. Modele cząstkowe w aspekcie wykorzystania do modelowania poszczególnych układów obiektu oraz w odniesieniu do rodzajów bezpieczeństwa

WNIOSKI

Pojazdy wojskowe stanowią bardzo zróżnicowaną pod względem konstrukcyjnym grupę maszyn. W kontekście mocno zmieniających się zagrożeń, wymagają wprowadzania zmian konstrukcyjnych, które rzutują na poziom bezpieczeństwa. Dodatkowym bodźcem wpływającym na poziom bezpieczeństwa jest zużycie eksploatacyjne. Zdefiniowanie globalnego bezpieczeństwa załogi pojazdu wojskowego pozwoliło na zbudowanie ogólnego modelu bezpieczeństwa. Dekompozycja na modele cząstkowe pozwala także na ocenę każdego z rodzajów bezpieczeństwa. Aktualnie rozwój metod modelowania matematycznego oraz symulacji pozwala na kompleksowe i oparte na naukowych metodach podejście do modelowania i oceny bezpieczeństwa pojazdów wojskowych. Wspomnieć należy, że ocena bezpieczeństwa ruchu została szerzej omówiona w pracy [2]. Pozostałe jego aspekty zostaną szerzej potraktowane w kolejnych publikacjach na bazie prac przy wykorzystaniu zaproponowanego modelu bezpieczeństwa.

Streszczenie

Pojazdy wojskowe z uwagi na uczestnictwo w szeregu zróżnicowanych rodzajach misji mają stawiane szereg wymagań. Część z nich dotyczy realizacji funkcji zgodnie z przeznaczeniem. Główna część jest związana z bezpieczeństwem. W artykule zdefiniowano rodzaje bezpieczeństwa jak również czynniki, które mają na nie wpływ. Zaproponowano ogólny model bezpieczeństwa, zarówno w ujęciu modelowania obiektu jak i modelowania procesów. Przedstawiono idee wykorzystania modelu do badań zmian poziomu bezpieczeństwa z uwagi na wprowadzane zmiany oraz zużycie i eksploatację. Do tego celu wyróżniono szereg modeli cząstkowych włącznie z obszarem zastosowania dla odpowiedniego układu. Zbudowanie ogólnego modelu bezpieczeństwa przyczyni się do możliwości zarządzania jego poziomem w oparciu o naukowe metody badawcze modelowania matematycznego oraz symulacji. Taki podejście umożliwi komplementarne podejście do ochrony życia ludzi.

Global model safety of military vehicles

Abstract

Military vehicles due to participation in a number of different types of missions have placed a number of requirements. Some of them are concerned with the implementation functions as intended. The main part is related to safety. This paper describes the types of safety and a factors that impact on it. Proposed a general safety model, both in terms of object modeling and process modeling. Illustrates the concept of using the model to study changes in the level of safety due to the changes and wear and exploitations. For this purpose, a number of partial models were distinguished, including a suitable application area for the system. Construction of a general safety model will contribute to the ability to manage his level based on scientific research methods of mathematical modeling and simulation. Such an approach will enable complementary approach to the protection of people's lives.

BIBLIOGRAFIA

1. Niziński S. i inni, Systemy diagnostyczne wojskowych pojazdów mechanicznych. Wydawnictwo ITE Radom, 2011.
2. Simiński P., Metodyka określania wpływu wybranych zmian konstrukcyjnych na bezpieczeństwo ruchu wojskowych pojazdów kołowych, Rozprawy nr 152, Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2011.
3. Simiński P. (red.), Rozwój środków transportu w SZ RP. Wydawnictwo Bel-Studio Warszawa 2013.
4. Niziński S., Eksploatacja obiektów technicznych. Wydawnictwo ITE Warszawa-Sulejówek-Olsztyn-Radom, 2002.
5. Simiński P., Problematyka ruchu nowoczesnych transporterów wojskowych, Postępy Nauki i Techniki 2012 nr 14.
6. Wicher J., Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. WKiŁ Warszawa. 2004.
7. Orłowski K.F., Bundorf R.T, Moffat E.A., Rollover crash tests: the influence of roof strength on injury mechanics. 29th Stapp Car Crash Conference, SAE s. 181-204, 1985.
8. Simiński P., Wpływ niesprawności układu hamulcowego na zachowanie się pojazdu specjalnego w czasie hamowania awaryjnego w ruchu krzywoliniowym. Prace Naukowe Transport 2013 nr 96.
9. Simiński P., Wpływ niesprawności układu hamulcowego na zachowanie się transportera opancerzonego w czasie. (artykuł złożony do druku w Wydawnictwie WSOWLąd Wrocław).
10. Decyzja nr 28/MON z dnia 7 lutego 2011.
11. Decyzja nr 72/MON z dnia 25 marca 2013.
12. Konieczny J., Wstęp do teorii eksploatacji urządzeń. WNT Warszawa 1971.
13. Konieczny J., Podstawy eksploatacji urządzeń. MON Warszawa 1975.
14. Żółtowski B., Niziński S., Modelowanie procesów eksploatacji. Wydawnictwo ITE Radom 2010.