

METODA ZAPEWNIENIA JAKOŚCI PROCESU PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNEGO POJAZDÓW OPANCERZONYCH

QUALITY ASSURANCE METHOD FOR THE DESIGN AND MANUFACTURING PROCESS OF ARMoured VEHICLES

Metoda zapewnienia jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego pojazdów opancerzonych obejmuje określenie wpływu defektów na jakość obiektu mechanicznego wg kryteriów oceny konstrukcji. Metoda ta jest autorską pracą znaną pod nazwą Optimal Design For Six Sigma, w której definicją defektu jest niezgodność parametryczna z limitem specyfikacji technicznej obiektu mechanicznego. Podstawą wyznaczenia współczynników wpływu defektów jest przeprowadzenie badań wśród użytkowników oraz określenie ważności kryteriów oceny konstrukcji. Zastosowanie metody zapewnienia jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego umożliwia jego optymalizację oraz uzyskanie stabilnego i optymalnego poziomu jakości wytworu. W efekcie metoda ta pozwala ograniczyć występowanie defektów poprzez działania zapobiegawcze.

Słowa kluczowe: metody jakości, proces projektowo-konstrukcyjny, pojazdy, opancerzenie.

The quality assurance method for the design and manufacturing process of armoured vehicles includes establishing the effects that defects have on the quality of mechanical objects as per engineering assessment criteria. This method is an original work known as the Optimal Design For Six Sigma, which defines a defect as an inconsistency between parameters and the technical specification limits of the mechanical object. The basis for determining the common factors of the effects of defects is established through conducting surveys among users and establishing the significance of the engineering assessment criteria. The application of the quality assurance method in the design and manufacturing process, allows for its optimisation, and the ability to achieve a stable and optimal degree of goods quality. In effect, this method enables to limit the occurrence of defects through preventive action.

Key words: quality methods, design and manufacturing process, vehicles, armour.

1. Wprowadzenie

Jakość środków technicznych powszechnie rozumiana jest jako doskonałość, do której należy dążyć w tworzeniu nowych obiektów. Takie pojmowanie tego zagadnienia może prowadzić do niewłaściwego porównywania jakości wytworów, których przeznaczenie, jak również różna grupa odbiorców, zmienia skalę jakości danej grupy środków technicznych. Jakość wytworu, czy procesu jest jego stanem spełniającym określone kryteria jakościowe. Zatem aby dokonać oceny jakości obiektu, należy określić kryteria oceny konstrukcji [1, 9, 12], oraz ich ważność [5]. Dopiero na tej podstawie można ocenić jakość danego środka technicznego i porównać go z innym ocenionym w podobny sposób. Dokonanie takiego porównania jest jednak możliwe jedynie wówczas, gdy ważność kryteriów oceny konstrukcji porównywanych obiektów jest zbliżona. Takie podejście umożliwia ocenę jakości wytworu poprzez ocenę jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego z zastosowaniem szeregu metod statystycznych [3, 10].

W dobie obecnego zagrożenia przemysł zbrojeniowy jest jednym z najszybciej rozwijających się gałęzi światowej gospodarki. Ocena jakości wyprodukowanego pojazdu przeznaczonego do zadań militarnych jest jak najbardziej słuszną i nie należy pomijać tych działań.

Są to badania, które umożliwiają wprowadzenie pożądanych zmian konstrukcyjnych w kolejnych modelach tych po-

1. Introduction

The quality of technical objects is commonly understood as the excellence, to which one should aspire, when creating new objects. Such understanding of this issue can lead to improper comparison of product quality, as their purpose and varying consumer requirements changes the scale of quality for the given technical product group. The quality of the product or the quality of a process is its state of meeting specified qualitative criteria. Therefore in order to perform a quality assessment on an object, it is necessary to first determine the structure assessment criteria [1, 9, 12], and its significance [5]. It is only on this basis that it is possible to assess the quality of the given technical object and to compare it with another, assessed in a similar manner. However, making such a comparison is only possible, when the significance of the criteria in the structure assessment of the compared objects, is similar. This approach enables the quality of the product to be assessed through quality assessment of the design process with the application of several statistical methods [3, 10].

Today, in the face of the current military threat, the arms industry is one of the fastest opening branches in the global economy. The quality assessment of manufactured vehicles intended for military action is by all means relevant, and should be continued.

jazdów. Jednak ocena ta przeprowadzana jest zbyt późno, aby skutecznie zapobiegać błędom, które stanowią o bezpośrednim zagrożeniu życia żołnierzy. W związku z tym opracowana została metoda oceny jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego obiektów mechanicznych, której warunkiem koniecznym jest wyznaczenie wskaźników ważności kryteriów jakościowych. Umożliwia to stałe monitorowanie jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego pod względem stosowanych w nim metod, narzędzi oraz zespołu projektowo-konstrukcyjnego. Metoda ta znalazła swoje zastosowanie dla pojazdów terenowych o przeznaczeniu militarnym tj. HMMWV (rys. 1) oraz Honker Skorpion (rys. 2).

W ocenie procesu projektowo-konstrukcyjnego obiektów mechanicznych pierwszym zadaniem jest zdefiniowanie limitów specyfikacji parametrów technicznych obiektu względem kryteriów oceny konstrukcji. Limity te uzależnione są od wielu czynników i zwykle bywają różne dla każdego typu obiektu mechanicznego. Jednak ocena jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego nie powinna być uzależniona jedynie od planowanego przeznaczenia obiektu, ale od jego faktycznego wykorzystania. Opracowane limity specyfikacji dotyczą konkretnych parametrów technicznych obiektu mechanicznego. Natomiast ocena procesu polega na weryfikacji zdolności zapewnienia, że parametry techniczne obiektu utrzymane zostaną w zadanych limitach specyfikacji.

Podczas monitorowania procesu eksploatacji należy rejestrować wartości parametrów w celu identyfikacji defektów obiektu definiowanych jako parametryczne niezgodności z limitami specyfikacji technicznej.



Rys. 1. Pojazd terenowy o przeznaczeniu militarnym – HMMWV [11]
Fig. 1. Off-road military vehicle – HMMWV [11]

2. Metoda wyznaczania wskaźników ważności kryteriów oceny konstrukcji

Pierwszym etapem określenia ważności kryteriów zgodności jakości jest przyporządkowanie ich do trzech podstawowych grup definiowanych jako kryteria ze szczególnym (X), istotnym (Y) oraz umiarkowanym (Z) wpływem na jakość konstrukcji [5]. Podstawą przeprowadzenia takich czynności są dane od klientów/użytkowników określające oczekiwania, co do jakości wytworu w procesie eksploatacji i wrażliwości rynku na pojawiające się typy defektów [4, 6-8, 13]. Równie istotnym parametrem niezbędnym do klasyfikacji kryteriów

These assessments allow for the introduction of desired structural changes in subsequent models of these vehicles. Although, this assessment takes place too late to effectively prevent errors, which pose an immediate threat to soldiers' lives. As a result, a method has been developed to assess the design and manufacturing process of mechanical objects, with a mandatory provision of determining significance indicators, and quality criteria. This allows for ongoing quality control of the design and manufacturing process from the perspective of used methods, tools, and the design and manufacturing team. This method has found its application in off-road military vehicles i.e. HMMWV (fig. 1), and Honker Skorpion (fig. 2).

The first task in the assessment of the design and manufacturing process of mechanical objects is to define the object's technical parameter limits in relation with the manufacturing assessment criteria. These limits depend on many factors, and are usually different for each type of mechanical objects. Nevertheless, the quality assessment of the design and manufacturing process should not be dependant solely on the object's planned purpose, but on its actual use. The developed specification limits concern specific technical parameters of the mechanical object. Whereas, the assessment of the process is based on being able to verify the ability to assure that the object's technical parameters have been maintained within the imposed specification limits.

The parameters values should be registered while the vehicle is monitored in operation, in order to identify defects in the object, which are recognised as parameter inconsistencies with the technical specification limits.



Rys. 2. Pojazd terenowy o przeznaczeniu militarnym - Honker Skorpion [11]
Fig. 2. Off-road military vehicle – Honker Skorpion [11]

2. Method of determining the significance indicators for the structure assessment criteria

The first stage of establishing the quality conformity significance criteria is to align them with three fundamental groups, defined as having a specific (X), significant (Y), and moderate (Z) effect on the quality of the structure [5]. These activities are based on the information provided by the customers/users, who describe their expectations with regards to product quality whilst in operation, and market sensitivity concerning the occurrence of various defect types [4, 6-8, 13]. An equally important parameter, necessary to classify the structure conformity criteria, is the indi-

zgodności konstrukcji jest wskaźnik określający plan poprawy jakości konstrukcji [8]. Ważność względna oraz ocena obiektu mechanicznego uzyskane w procesie badania satysfakcji klienta [4, 6-8, 13] są podstawą do obliczenia wskaźników oceny ważności kryteriów (tabela 1) [5]. Wskaźniki te w początkowej fazie wyznaczane są względem opracowanych cech obiektu, po to, aby, w kolejnym etapie uzyskać poziom istotności q_{oi} oraz ocenę konstrukcji p_i względem i-tego kryterium (tabela 2) [5]. Poziom istotności i-tego kryterium jest średnią arytmetyczną wskaźników ważności cech do niego przyporządkowanych, co przedstawia zależność (1).

$$d_i = \frac{\sum_{j=1}^m d_{ij}}{m} \quad p_i = \frac{\sum_{j=1}^m p_{ij}}{m} \quad f_i = \frac{\sum_{j=1}^m f_{ij}}{m} \quad (1)$$

gdzie: d_i - ważność względna klienta dla kryterium K_i , p_i - ocena produktu przez klienta dla kryterium K_i , f_i - planowany poziom oceny produktu dla kryterium K_i , m - liczba ankietowanych klientów, j - liczba cech obiektu mechanicznego przyporządkowanych do kryterium K_i .

Poziom istotności kryteriów zgodności konstrukcji zależy również od wartości oceny marketingowej, która określa wrażliwość rynku na nagłe i skumulowane wystąpienie defektów niezgodnego wyrobu. Efektem takiego zjawiska jest spadek sprzedaży wyrobu, mimo, że część odbiorców do chwili ogłoszenia niezgodności była z niego zadowolona. Takie zachowanie użytkowników zwykle powoduje poważne straty finansowe

factor which defines the structure quality improvement plan [8]. The relative significance and assessment of the mechanical object obtained while surveying customer satisfaction [4, 6-8, 13] serve as the basis to calculate the criteria significance assessment indicators (table 1) [5]. In the initial phase, these indicators are determined in accordance with the developed object characteristics, in order to establish a degree of significance q_{oi} and a structure assessment p_i in correspondence with the i-th criteria (table 2) [5]. The degree of significance in reference to the i-th criteria is an arithmetic average of the characteristics significance indicators, which are aligned with it, represented by dependence (1).

$$d_i = \frac{\sum_{j=1}^m d_{ij}}{m} \quad p_i = \frac{\sum_{j=1}^m p_{ij}}{m} \quad f_i = \frac{\sum_{j=1}^m f_{ij}}{m} \quad (1)$$

where: d_i - customer's relative significance regarding the K_i criteria, p_i - product assessed by the customer for the K_i criteria, f_i - planned product assessment rate for the K_i criteria, m - number of surveyed customers, j - number of the mechanical object's characteristics aligned with criteria K_i .

The rate of the structure conformity significance criteria also depends on the marketing assessment, which determines the sensitivity of the market to a sudden and cumulated occurrence of defects in inconsistent goods. In consequence, it causes a fall of product sales, despite the fact that up until the moment that the inconsistency was announced, they were satisfied with the product. This kind of customer reaction usually causes gra-

Tab. 1. Macierz wskaźników oceny ważności kryteriów zgodności konstrukcji [5]
Tab. 1. Structure consistency significance assessment criteria indicators matrix [5]

Parametr Parameter	Ważność wzgl. klienta dla K_i Customer's relative signifi- cance for K_i	Ocena produktu przez klienta dla K_i Product assess- ment by custom- ers for K_i	Ocena market. Market. Assemnt.	Planowany poziom oceny produktu dla K_i Planned rate of product assess- ment for K_i	Wskaźnik poprawy produktu dla K_i Product improve- ment indicator for K_i	Poziom istotności K_i Degree of signifi- cance K_i	Wskaźnik oceny ważności K_i Significance assemnt. indicator K_i
Kryterium Criteria	d_i	p_i	s_i	f_i	$W_i = \frac{f_i}{p_i}$	$q_{oi} = d_i \cdot W_i \cdot s_i$	$q_i = \frac{q_{oi}}{\sum_{i=1}^n q_{oi}}$
Bezpieczeństwo Safety	d_1	p_1	s_1	f_1	W_1	q_{o1}	q_1
Technologiczność Prodability	d_2	p_2	s_2	f_2	W_2	q_{o2}	q_2
Masa Mass	d_3	p_3	s_3	f_3	W_3	q_{o3}	q_3
Niezawodność Reliability	d_4	p_4	s_4	f_4	W_4	q_{o4}	q_4
Eksploatacja i ekonomika Use and economy	d_5	p_5	s_5	f_5	W_5	q_{o5}	q_5
Ergonomia i es- tetyka Ergonomy and esthetics	d_6	p_6	s_6	f_6	W_6	q_{o6}	q_6
Ekologia Ecology	d_7	p_7	s_7	f_7	W_7	q_{o7}	q_7
Źródło danych (bada- nia) → Information source (research) →	Klient Customer	Klient Customer	Rynek Market	Firma Company	Obl. Cal.	Obl. Cal.	Obl. Cal.

ve financial losses to manufacturers; this is why the marketing

W ostatnim etapie doboru ważności kryteriów zgodności konstrukcji należy obliczyć współczynniki wpływu błędów konstrukcyjnych. Wartość każdego z tych współczynników jest średnią arytmetyczną poziomów istotności q_{O_i} odpowiedniej grupy kryteriów X, Y i Z, do których zostały przyporządkowane zależności (5).

$$a = \frac{\sum_{i=1}^l q_{X_i}}{l} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^t q_{Y_i}}{t} \quad c = \frac{\sum_{i=1}^h q_{Z_i}}{h} \quad (5)$$

gdzie: q_{X_i} - poziom istotności q_{O_i} dla kryteriów grupy X, q_{Y_i} - poziom istotności q_{O_i} dla kryteriów grupy Y, q_{Z_i} - poziom istotności q_{O_i} dla kryteriów grupy Z, l - liczba wskaźników oceny ważności kryteriów grupy X, t - liczba wskaźników oceny ważności kryteriów grupy Y, h - liczba wskaźników oceny ważności kryteriów grupy Z.

Wartości wyznaczonych wskaźników ważności kryteriów oceny konstrukcji danego obiektu mechanicznego wskazują na poprawność ustalonych limitów jego specyfikacji technicznej. W przypadku, gdy wartość wskaźnika ważności danego kryterium jest mniejsza od 1, wówczas świadczy to o zbyt rygorystycznych limitach specyfikacji technicznej nie odpowiadających potrzebom eksploatacji obiektu mechanicznego. Wartość wskaźnika ważności danego kryterium im bliższa jest zeru tym bardziej założenia projektowe odbiegają od warunków rzeczywistej eksploatacji ustanawiając zbyt rygorystyczne parametry techniczne tego obiektu w kontekście danego kryterium. Natomiast w przypadku, gdy wskaźnik ważności kryterium jest większy od 1, świadczy to o zbyt łagodnych limitach specyfikacji technicznej w stosunku do panujących warunków eksploatacyjnych. Zatem wraz ze wzrostem wartości wskaźnika ważności danego kryterium, od neutralnej wartości 1, zakładane podczas projektowania parametry techniczne coraz bardziej odbiegają od tych wymaganych podczas eksploatacji. Powodem tego są błędne założenia projektowe ustanawiając zbyt łagodne limity specyfikacji technicznych dla danego kryterium w procesie projektowo-konstrukcyjnym.

Zgodnie ze strategią zarządzania przez jakość (TQM - Total Quality Management)[5, 6], ciągłe doskonalenie procesu projektowo-konstrukcyjnego obiektów mechanicznych polega na właściwym określeniu celu projektu opisanego w postaci limitów specyfikacji zgodnych z wymaganiami rzeczywistych warunków eksploatacji. Ciągłe badania procesu eksploatacji powinny skutkować takimi wartościami wskaźników ważności kryteriów oceny konstrukcji, które dążą do wartości 1. Taka wartość wskaźnika świadczy o idealnym spełnieniu wymagań eksploatacyjnych. Wówczas obiekty mechaniczne w coraz to lepszym stopniu odpowiadają wymaganiom eksploatacyjnym.

Na podstawie wskaźników ważności kryteriów oceny konstrukcji, które to wskaźniki wyznaczane są w wyniku badań przeprowadzanych wśród użytkowników obiektów mechanicznych, dokonywany jest podział tych kryteriów na trzy grupy istotności: X, Y, Z. Podział ten reprezentuje zmienny wpływ defektów na jakość obiektu mechanicznego w zależności od typu tych defektów. Każdej z grup istotności kryteriów oceny konstrukcji odpowiada inny współczynnik wpływu błędów konstrukcyjnych na jakość obiektu mechanicznego, będących wykładnikami prawdopodobieństwa występowania defektu w ocenie jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego [5].

The last stage of selecting the structure consistency significance criteria includes a calculation of factors, which cause structural defects. The product of these factors is an arithmetic average of significance degrees q_{O_i} in appropriate criteria groups: X, Y, and Z, with which the (5) dependencies were aligned.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^l q_{X_i}}{l} \quad b = \frac{\sum_{i=1}^t q_{Y_i}}{t} \quad c = \frac{\sum_{i=1}^h q_{Z_i}}{h} \quad (5)$$

where: q_{X_i} - degree of significance q_{O_i} for group X criteria, q_{Y_i} - degree of significance q_{O_i} for group Y criteria, q_{Z_i} - degree of significance q_{O_i} for group Z criteria, l - number of group X criteria significance assessment indicators, t - number of group Y criteria significance assessment indicators, h - number of group Z criteria significance assessment indicators.

The values of specified structure assessment significance criteria indicators of a given mechanical object indicate correctness of its established technical specifications. In case where the significance indicator value of a given criteria is less than 1, it indicates too stringent technical specification limits, which are not sufficient to operate the mechanical object. The closer the value of a significance indicator of a given criteria is to zero, the further the design assumptions deviate from actual operating conditions by setting too stringent technical parameters for this object in relation to a given criteria. Whereas in case, where the criteria significance indicator equals 1 or more, it indicates too lenient technical specification limits in relation to actual operating conditions. This means that as the value of the significance indicator of a given criteria rises above a neutral value of 1, the technical parameters projected during the design process, deviate further from the ones necessary during operations. This is caused by wrong design assumptions, by establishing too lenient technical specification limits for a given criteria during the design/engineering process.

In accordance with the TQM (Total Quality Management) [5, 6] strategy, ongoing improvement of the design/engineering process of mechanical objects is based on correctly defining the purpose of the design, presented in the form of specification limits, which will be consistent with the requirements of the actual operating conditions. Ongoing studies regarding operations should result in structure assessment significance indicator values, which aim to reach the value of 1. This indicator value shows an ideal fulfilment of operating requirements. It is then, that mechanical objects are better able to satisfy operating requirements.

The criteria is divided into the following three significance groups on the basis of the structure assessment criteria significance indicator, which consist of indicators selected as a result of studies carried out among mechanical object users: X, Y, and Z. This classification represents the varying effect that defects have on the quality of the mechanical object, depending on the type of these defects. Each of the structure assessment significance criteria groups relates to a different factor of structural error effect on the mechanical object, representing a degree of probability of that defect occurring during the quality assessment of the design/engineering process [5].

3. Wskaźniki ważności kryteriów oceny konstrukcji pojazdów typu HMMWV oraz Honker Skorpion

Obiektem badań były dwa typy pojazdów o przeznaczeniu militarnym [2]. Pierwszym z nich jest HMMWV (rys. 1) (High Mobility Multi-Purpose Wheeled Vehicle), który w cywilnej wersji występuje pod nazwą HUMMER H1. Pojazd ten produkowany jest od 1984 roku przez firmę AM General Corporation. Pierwotnie HMMWV produkowany był jedynie na potrzeby Armii Stanów Zjednoczonych. Obecnie pojazdy te stanowią także wyposażenie Polskich Sił Zbrojnych.

Drugim pojazdem będącym przedmiotem badań jest Honker Skorpion (rys. 2) stosowany przez Polskie Siły Zbrojne. Prototyp tego pojazdu powstał w 2004 roku w firmie Daewoo Motor Polska z przeznaczeniem produkcji dla oddziałów polskich odbywających misję w Iraku. Badania zostały przeprowadzone wśród polskich kierowców i serwisantów eksploatujących wymienione pojazdy podczas militarnych działań w warunkach bojowych. Badanie przeprowadzono zgodnie z metodologią Kano [4, 13]. Wynikiem przeprowadzonej ankiety są atrybuty i istotność cech względem, których respondenci dokonywali oceny obiektu mechanicznego. Pytania zostały sformułowane tak, aby reprezentowały poszczególne kryteria oceny konstrukcji, których efektem było przyporządkowanie wskaźnika oceny ważności.

Wyniki badań dotyczące pojazdów typu HMMWV oraz Honker Skorpion przedstawiono na rysunku 3.

Na podstawie wyznaczonych wskaźników ważności kryteriów oceny konstrukcji badanych obiektów mechanicznych obliczono współczynniki wpływu błędów konstrukcyjnych (rys. 4) będących podstawą do oceny jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego pojazdów terenowych stosowanych w warunkach bojowych przy wykorzystaniu metody O-DFSS [5]. Dane te są pewną bazą wyjściową do określenia kierunku optymalizacji konstrukcji, jak do tej pory nieuwzględniane w warunkach krajowych. Mając na uwadze efektywny pojazd wojskowy już na etapie prac koncepcyjnych należy założyć ocenę jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego.

Podsumowując wyniki badań przeprowadzonych wśród klientów/ użytkowników pojazdów typu HMMWV oraz Honker Skorpion stwierdzono, że założenia projektowe znacznie odbiegają od wymagań warunków, w których prezentowane pojazdy są eksploatowane. Względem np. kryterium bezpieczeństwa proces projektowo-konstrukcyjny pojazdów typu

3. Structure assessment significance criteria indicators for HMMWV and Honker Skorpion type vehicles

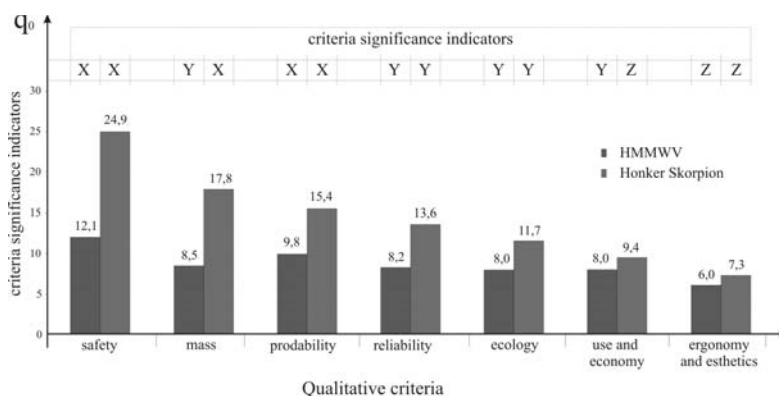
Two types of military vehicles were used as the object of studies [2]. The first one being HMMWV (fig. 1) (High Mobility Multi-Purpose Wheeled Vehicle), which goes under the name of HUMMER H1 in its civil version. This vehicle has been produced since 1984 by AM General Corporation. Initially the HMMWV was produced solely for the purposes of the United States Army. Currently, these vehicles are a part of the Polish Armed Forces outfit.

The second vehicle included in the study is the Honker Skorpion (pic. 2), is also used by the Polish Armed Forces. The prototype of this vehicle was created in 2004 at Daewoo Motor Polska with the intent to dedicate the production for the Polish military serving in Iraq. Studies were carried out among Polish drivers and servicemen, who operated the above mentioned vehicles during military action in combat conditions. The study was conducted in accordance with the Kano methodology [4, 13]. The result of the survey showed the attributes and significance of characteristics, in relation to which the surveyed individuals assessed the mechanical object. The questions were formulated in a manner, which represented particular structure assessment criteria, which in effect aligned the significance assessment indicator.

The study results for the Honker Skorpion and HMMWV type vehicles have been presented in Picture 3.

The O-DFSS [5] method was used to calculate the factors of effects of structure errors (pic. 4) on the basis of selected significance criteria indicators for the structure assessment of studied mechanical objects, which serve as the basis in the quality assessment of the design/engineering process for off-road vehicles used in combat conditions. This data serves a certain exit base to define the direction in optimising structure, which has not been considered in domestic conditions up until this point. When considering an effective military vehicle, it is necessary to incorporate a design and engineering process assessment, while still at the conceptual stage.

In summary of the studies carried out among customers / users of the Honker Skorpion and HMMWV type vehicles, it has been concluded that the design assumptions deviate quite considerably from condition requirements, in which the presented vehicles are being used. In reference to the safety criteria as an example; the design and engineering process for HMMWV



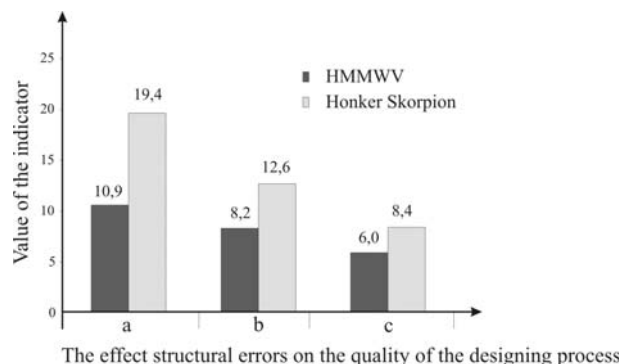
Rys. 3. Wykres wskaźników ważności kryteriów oceny konstrukcji pojazdów: HMMWV oraz Honker Skorpion

Fig. 3. Chart of criteria significance indicators for the vehicle structure assessment: HMMWV and Honker Skorpion

HMMWV w większym stopniu spełnia wymagania eksploatacyjne niż w przypadku pojazdu typu Honker Skorpion. Może to być spowodowane niewłaściwymi założeniami projektowymi bądź też zmianą decyzji przeznaczenia już wyprodukowanego pojazdu. W przypadku innego kryterium np. eksploatacja i ekonomika, Honker Skorpion nieznacznie lepiej spełnia wymagania rzeczywistych warunków eksploatacyjnych o czym świadczy fakt, że kryterium to zostało zakwalifikowane do grupy kryteriów o umiarkowanym wpływie na jakość obiektu technicznego. Ponadto warto zwrócić uwagę na duże wartości wszystkich wskaźników ważności kryteriów oceny konstrukcji. Wartość niektórych z nich jest prawie kilkadziesiąt razy większa od 1. Świadczy to o ogromnych potrzebach optymalizacji konstrukcji przedstawianych pojazdów.

4. Podsumowanie

Zaangażowanie zespołu najlepszych konstruktorów, zastosowanie najnowocześniejszych narzędzi i metod może okazać się niewystarczające do osiągnięcia wysokiej jakości obiektu mechanicznego. Często małe zainteresowanie tymi obiektami nie wynika jedynie z ich wadliwości, ale z niewłaściwych założeń funkcji technicznych, jakie dany obiekt powinien spełniać. Błędy konstrukcyjne wynikają także z nieodpowiednio opracowanej specyfikacji technicznej, a to w efekcie wpływa na poziom zadowolenia użytkowników, także tych wojskowych. Bywa też i tak, że obiekty mechaniczne spełniają o wiele więcej funkcji technicznych niż oczekiwali tego użytkownik. Nie jest to bezpośrednią przyczyną braku zainteresowania użytkowników nowymi obiektami mechanicznymi. Jednak cena tych produktów, ze względu na koszty zastosowania dodatkowych funkcji jest odpowiednio wyższa, a to zwykle powoduje spadek sprzedaży. Istotą wysokiej jakości obiektów mechanicznych jest optymalny dobór środków do opracowania konstrukcji spełniając tym samym wymagania potencjalnego odbiorcy. Nowa metoda oceny procesu projektowo-konstrukcyjnego O-DFSS umożliwia jego ciągle monitorowanie i doskonalenie optymalizując proces projektowo-konstrukcyjny w celu jego poprawy efektywności i przeciwdziałaniu powstawaniu błędów konstrukcyjnych. Oczywiście wysoka jakość procesu projektowo-konstrukcyjnego nie jest warunkiem wystarczającym do osiągnięcia wysokiej jakości obiektu mechanicznego. Niemniej jednak błędy konstrukcyjne zidentyfikowane w fazie produkcji lub eksploatacji generują największe koszty i stanowią poważne zagrożenie wynikające z rentowności producenta. Nowa metoda O-DFSS znajduje swoje zastosowanie w ocenie i optymalizacji procesu projektowo konstrukcyjnego obiektów mechanicznych tych producentów, których polityka działalności zarządu zorientowana jest na osiągnięcie zysków poprzez ciągłą poprawę jakości projektowanych wyrobów. Zaangażo-



Rys. 4. Wpływ typu błędów konstrukcyjnych na jakość procesu projektowo-konstrukcyjnego pojazdów typu HMMWV oraz Honker Skorpion

Fig. 4. The effect structural errors have on the quality of the design / engineering process for the Honker Skorpion and HMMWV type vehicles

type vehicles fulfils the operating requirements to a larger degree, than in the case of a Honker Skorpion type vehicle. This may be caused by inaccurate design assumptions, or maybe by the decision change in reference to the purpose of the already produced vehicle. In the case of another criteria, e.g. use and economy, the Honker Skorpion performs slightly better in fulfilling the requirements of actual operating conditions, which is reflected by the fact that the criteria was classified as a criteria group with a moderate effect on the technical object's quality. Furthermore, it is worth to observe the high values of all the significance

criteria indicators in the structure assessment. The values in some of these are almost several dozen times higher than 1. This proves the immense necessity to optimise the structure of the presented vehicles.

4. Summary

The involvement of the best engineering teams, and use of the latest tools and methods may prove insufficient in achieving high quality in a mechanical object. Often, the modest interest in these objects is not only a result of their defectiveness, but from inaccurate assumptions of technical functions that the given object is to fulfil. Structural errors are also caused by inappropriately developed technical specification, which effects the level of customer and military personnel satisfaction. Sometimes the mechanical objects fulfil far more technical functions than the users expected. This is not a direct cause of the lack of customer's interest in new mechanical object. Nevertheless, the price of these products is appropriately higher due to the costs of incorporating additional functions, which usually causes a fall in sales. An optimal selection of resources to develop the structure is essential in achieving high quality in mechanical objects, and with the same, meeting the requirements of the potential end user. The new O-DFSS method in assessing the design and engineering process, enables its continual monitoring and improvement by optimising the design and engineering process with the aim to improve effectiveness, and prevent the occurrence of structural faults. Obviously, high quality of the design and engineering process is not a sufficient condition to achieve a high quality mechanical object. Nevertheless, structural errors which are discovered during the manufacturing phase, or whilst in operation, generate the highest costs, and constitute a serious threat to the manufacturer's profitability. The new O-DFSS method has found its application in the assessment and optimisation of the design and engineering process of mechanical object for manufacturers, whose business management policy is focused on generating profits through an ongoing improvement in the quality of designed products. The involvement of top management is essential in this case, due to the division of responsibilities and authority to implement or change existing

wanie najwyższego kierownictwa jest tutaj bardzo istotne ze względu na podział odpowiedzialności i uprawnień do wdrożenia bądź zmiany istniejącego systemu, w którym rejestrowane są niezbędne dane do stałego monitorowania jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego.

Ocena jakości procesu metodą O-DFSS [5] jest podstawą do podejmowania przez kierownictwo decyzji o uruchomieniu działań korygujących i zastosowaniu nowych rozwiązań zapobiegających powstawaniu defektów i w efekcie bezpośrednio wpływających na poprawę jakości wyrobu. Doskonalenie jakości procesu projektowo-konstrukcyjnego poprzez wzrost poziomu sigma wpływa w sposób sekwencyjny na poprawę rentowności przedsiębiorstwa. Objawia się to kolejno wysoką jakością konstrukcji, wzrostem poziomu satysfakcji użytkownika, wysokim popytem, zwiększoną sprzedażą i w efekcie wzrostem poziomu zysków przy zminimalizowanych kosztach powodowanych błędami konstrukcyjnymi.

5. References

1. Dietrich M, Kocańda S, Korytkowski B, Zimowski W, Stupnicki J, Szopa T. Podstawy konstrukcji maszyn. Warszawa: WNT, 1999.
2. Jamroziak K, Koziołek S. Kryteria doboru i uwarunkowania elementów balistycznej ochrony osobistej współczesnych pododdziałów antyterrorystycznych. Katastrofy naturalne i cywilizacyjne zagrożenia cywilizacyjne początku XXI. Wrocław: WSOWL, 2007; 319-326.
3. Joglekar A, M. Statistical Methods for Six Sigma. In R&D and Manufacturing. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2003.
4. Kano N, Nobuhiko S, Fumio T, Shinichi T. Attractive quality and Must-Be Quality. The Journal of the Japanese Society for Quality Control 1984; April: 39-48.
5. Koziołek S. Metoda oceny procesu projektowo-konstrukcyjnego obiektów mechanicznych w aspekcie jakości. Wrocław: Politechnika Wrocławska, 2008.
6. Mazur G, H. QFD for Service Industries: From Voice of Customer to Task Deployment. In Transactions from the Fifth Symposium on Quality Function Deployment. Ann Arbor MI: QFD Institute, 1993.
7. Mazur G, H. Elicit Service Customer Needs Using Software Engineering Tools. In Transactions of the Seventh Symposium on Quality Function Deployment. Ann Arbor MI: QFD Institute, 1995.
8. Mazur G, H. Voice of customer analysis. A modern system of front-end QFD tools, with case study. Proceedings of ASQC's 51st Annual Quality Congress. Milwaukee: ASQC, 1997.
9. Rusiński E. Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2002.
10. Ryan T. Statistical Methods for Quality Improvement. New York: John Wiley & Sons Inc, 2000.
11. Szczerbicki T. Hooker. Armia. Ilustrowany Magazyn Wojskowy. Oficyna Wydawnicza KAGERO 2008; 3: 83-90.
12. Teisseyre J. Nadwozia samochodów ciężkiego transportu. Warszawa: WKŁ, 1976.
13. Wolniak R, Skotnicka B. Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2005.

systems, which record necessary data for ongoing monitoring of quality in the design and engineering process.

Using the O-DFSS [5] method to assess the quality of the process, serves as the basis for management decision making regarding taking corrective action and the application of new solutions, which prevent the occurrence of defects, and in consequence, directly affecting product quality improvement. The improvement of quality in the design and engineering process by increasing the sigma level, affects the improvement in business profitability in a sequential manner. It manifests itself in the following order; high structural quality, increase in end user satisfaction, high demand, increased sales, and as a result, it generates increased profits with minimised costs caused by structural errors.

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz RUSIŃSKI

Dr inż. Sebastian KOZIOŁEK

Institut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Politechnika Wrocławska
Ul. Łukasiewicza nr 5, 50-371 Wrocław, Polska
e-mail: eugeniusz.rusinski@pwr.wroc.pl,
e-mail: sebastian.koziolek@pwr.wroc.pl

Dr inż. Krzysztof JAMROZIAK

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych
ul. Czajkowskiego 109, 51-150 Wrocław, Polska
e-mail: krzysztof.jamroziak@wso.wroc.pl
