THE RISK ANALYSIS DURING PRODUCTION PROCESS OF AN INNOVATIVE BABY CARRIAGE WITH A BIKE FUNCTION

ANALIZA RYZYKA PODCZAS PRODUKCJI INNOWACYJNEGO WÓZKA DZIECIĘCEGO Z FUNKCJĄ ROWERU

Emil Nowiński, Damian Kopyt

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

e-mail: emil.nowinski@itwl.pl

Abstract: The article presents the risk assesment of damages occurance in production stage of a babycarriage with a bike function. The analysis of risk is done by using the FMEA – Failure Made and Effect Analysis that is used in aviation and automotive industry. This way of innovative product assessment allows to evaluate the risk of defects and indicate the priorities of quality for key parts as well as the device.

Keywords: FMEA analysis, innovative product, babycarriage with a bike function

Streszczenie: W niniejszej publikacji przedstawiony został sposób oceny ryzyka wystąpienia uszkodzeń na etapie produkcji produktu jakim jest wózek dziecięcy z funkcją roweru. Analizy ryzyka dokonano metodą FMEA, powszechną i uznawaną w przemyśle lotniczym i motoryzacyjnym. Taki sposób oceny innowacyjnego produktu pozwala w sposób dość dokładny oszacować ryzyko, a także ustalić priorytety jakości zarówno dla kluczowych podzespołów, jak również dla całego urządzenia

Słowa kluczowe: analiza FMEA, innowacyjny produkt, wózek z funkcją roweru

1. Wstęp

Możliwość wystąpienia awarii maszyny czy urządzenia, w całym okresie jego eksploatacji jest istotnym czynnikiem wpływającym na komfort i ekonomikę użytkowania. Oprócz wymienionych aspektów, awaryjność maszyny wpływa także, a nawet przede wszystkim na bezpieczeństwo eksploatacji maszyny.

Jak wynika z przedstawionego poniżej rysunku 1, urządzenia techniczne cechują się najwyższym wskaźnikiem awaryjności w początkowej i końcowej fazie swojego „życia”.

Rys. 1. Wykres awaryjności urządzeń technicznych w całym cyklu ich „życia”.

W początkowej fazie eksploatacji dochodzi do wielu awarii i usterek, które wynikają głównie z błędów projektowych, konstruktorskich oraz montażowych. W końcowym okresie eksploatacji wzmożona awaryjność również ma miejsce, co z kolei związane jest z dość istotnym zużyciem podzespołów współpracujących ze sobą, ale także ze zużyciem wynikającym ze „starzenia” (degradacji) materiałów konstrukcyjnych.

Prawidłowa eksploatacja zakłócana częstymi awariami wiąże się z niebezpieczeństwem i ryzykiem użytkowania maszyny. Istnieje wiele definicji ryzyka, jednak jedną z prostszych zaproponował Arrow [2] przedstawiając ryzyko jako „jeden z wymiarów niepewności”. Z kolei D. Błaszczuka definiuje ryzyko jako „możliwość wystąpienia skutków innych od oczekiwanych [2].

Skoro z definicji wynika, że ryzyko jest „wymiarem” należy sądzić, że da się go zmierzyć, a przynajmniej oszacować. Jedną z metod szacowania ryzyka jest metoda FMEA (z ang. Failure Mode and Effect Analysis). Jest ona uznawana jako jedna z najlepszych technik analitycznych pozwalających na przejrzyste ustalenie związków między przyczynami i skutkami niedomagań (wad), szukanie rozwiązań oraz optymalizowanie podejmowania decyzji przy ich wyborze. Pozwala uzyskać pewność, że w projektowaniu wyrobów i ich produkcji, wszystkie możliwe ryzyka zostały wzięte pod uwagę.

2. Analiza ryzyka według FMEA

Metoda analizy ryzyka FMEA opisana jest w normie PN-IEC 812:1994 – Procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń. Metodologia ta oficjalnie została opracowana w USA i wydana 9 listopada 1949 roku jako procedura MIL-P 1629 „*Procedure for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA)*” [3].

Na szeroką skalę FMEA zostało wykorzystane w NASA w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku do realizacji programu lotów kosmicznych „Apollo”. Metodą tą weryfikowano projekty różnych elementów statków kosmicznych, aby zapewnić bezpieczeństwo uczestnikom wyprawy. Po sukcesie w przemyśle kosmicznym, z FMEA korzystał także przemysł lotniczy i atomowy. Kilkanaście lat później metodę tą zaczęto wykorzystywać w przemyśle chemicznym, elektronicznym oraz samochodowym [1].

Metoda FMEA jest wykorzystywana przez organizacje do zapobiegania i ograniczania skutków wad, które występują w procesach konstrukcyjnych i wytwórczych. Jej zastosowanie polega na badaniu wszystkich możliwych usterek przed zatwierdzeniem rozwiązania konstrukcyjnego.

Podstawą funkcjonowania FMEA są założenia, że około 75% błędów wynika z nieprawidłowości w fazie przygotowania produkcji, a ich wykrywalność w fazie początkowej jest niewielka, natomiast około 80% błędów wykrywanych jest w fazie produkcji i jej kontroli, a także w czasie eksploatacji [4].

Cele FMEA to:

- konsekwentne i trwałe wyeliminowanie wad wyrobu (słabych miejsc wyrobu) przez rozpoznawanie rzeczywistych przyczyn ich powstania,
- unikanie wystąpienia rozpoznanych, a także jeszcze nieznanymi wad w nowych wyrobach i procesach przez wykorzystanie wiedzy i doświadczeń z już przeprowadzonych analiz,
- ocena i zarządzanie ryzykiem [2].

Powody stosowania analizy FMEA to:

- spełnienie oczekiwań klienta,
- dostosowanie się do wymagań przepisów np. związanych z bezpieczeństwem produkcji, odpowiedzialnością za wyrób itp.,
- obniżenie kosztów jakości,

Analiza ryzyka podczas produkcji innowacyjnego wózka dziecięcego z funkcją...
The risk analysis during production process of an innovative baby carriage...

- podwyższenie jakości,
- skrócenie czasu związanego z wdrażaniem nowych technologii, wprowadzeniem nowych wyrobów na rynek itp.,
- coraz większa złożoność wyrobów, a wiąże się to z niebezpieczeństwem powstawania większej ilości wad podczas produkcji oraz większą ilością reklamacji,
- pomoc dotycząca podejmowania decyzji związanych z inwestycjami [4].

Analizie FMEA można poddać zarówno pojedynczy komponent oraz podzespół, jak i cały wyrób, fragment procesu oraz cały proces technologiczny. FMEA jest szczególnie polecana przy projektowaniu i produkcji nowego wyrobu, gdyż umożliwia rozpoznanie potencjalnych wad z takim wyprzedzeniem, aby można je było wyeliminować przed rozpoczęciem produkcji.

Zalety FMEA:

- wspomaga zarządzanie ryzykiem procesów,
- wskazuje słabe strony procesów zarządzania,
- faktycznie wpływa na poprawę poziomu jakości,
- jest narzędziem ciągłego doskonalenia,
- pozwala zapobiec wystąpieniu błędów wytwarzania/obsługi procesów/wyrobów,
- wymusza spojrzenia na problem z różnych perspektyw,
- poprawia możliwości realizacji oczekiwań klienta,
- obniża koszty uzyskiwania jakości,
- poprawia niezawodność produktów,
- wykorzystuje wiedzę pracowników, dzięki temu stosuje lepsze rozwiązania w produkcji wyrobów i świadczeniu usług,
- podnosi wiedzę fachową pracowników,
- umożliwia opracowanie banku danych dotyczącego powstałych błędów [2].

Analizę FMEA dokonać można zarówno jako analizę konstrukcji oraz procesów. FMEA konstrukcji przeprowadza się zawsze wtedy, gdy:

- istnieje potrzeba oceny nowego rozwiązania technicznego, które znaczenie odbiega od dotychczasowych rozwiązań, dla którego w przedsiębiorstwie brak jest wystarczającego doświadczenia;
- zastosowanie znajdują nowe materiały, w odniesieniu do których w wykonawstwie i/lub w użytkowaniu brak jest wystarczającego doświadczenia;
- dla realizacji wyrobu zastosowano nowoczesne procesy, dla których brak jest wystarczającego doświadczenia;
- dla wyrobu stawiane są specjalne wymagania bezpieczeństwa, które ograniczają możliwość roszczeń z tytułu odpowiedzialności za wadliwe działanie;
- dla realizacji wyrobu lub jego komponentów potrzebne są procesy o dużym znaczeniu dla ochrony środowiska lub bezpieczeństwa pracy;

- w nowym wyrobie zostaną zastosowane części, nie mające dotychczas zastosowania;
- dla wykonania wyrobu potrzebne są procesy, nie mające dotychczas zastosowania;
- istniejący wyrób może być przeznaczony do innych, niż dotychczasowe, zastosowań [2].

Mając na uwadze powody dla których przeprowadzana jest analiza FMEA, ciekawym obiektem analizy ryzyka będzie konstrukcja innowacyjnego wózka dziecięcego z funkcją roweru.

3. Obiekt badań

Obiektem analizy FMEA jest prototyp wózka dziecięcego z funkcją roweru, przedstawiony na rys. 2.

Rys. 2. Innowacyjny wózek; a) przystosowany do pchania, b) przystosowany do jazdy rowerowej.

Konstrukcja rowero – wózka może składać się z głębokiego wózka dziecięcego, wózka spacerowego, fotelika samochodowego oraz roweru trójkołowego. W ten sposób powstaje środek lokomocji do przewozu dzieci w różnych pozycjach. Wynalazek ten został zgłoszony do opatentowania (nr W.124162). Opisany wózek z funkcją roweru posiada ramię obrotowe (obrót o 360°), na którym za pomocą systemu zatrzaskowego, jest montowana gondola. Ramię to wykorzystywane jest do ustalania dwóch stałych pozycji - pozycji „wózek” i pozycji „rower”. Służy do tego sworzeń zatrzaskowy, który umożliwia szybką transformację ustawień. Adapter, za pomocą którego montowana jest gondola z ramieniem obrotowym, posiada dodatkowo możliwość obrotu o 360° z blokadą pozycji co 90° .

Kierownica roweru jest elementem ruchomym, który w zależności od ustawienia konstrukcji chowany jest pod gondolą, bądź służy do utrzymywania lub zmiany kierunku jazdy.

Kolejnym elementem umożliwiającym złożenie jest rączka wózka. Konstrukcja pozwala na demontaż i ponowny montaż wszystkich trzech kół. Dosyć szeroki rozstaw kół tylnych oraz obniżony środek ciężkości, z uwagi na zastosowanie kół o niewielkiej średnicy, uniemożliwiają przewrócenie się roweru - wózka podczas pokonywania zakrętów z prędkością, do jakiej obiekt ten został zaprojektowany.

Zaletami przedstawionej konstrukcji są:

- lepsza mobilność – opcja roweru umożliwia szybsze poruszanie się w porównaniu do tradycyjnego wózka dziecięcego,
- wielopunktowe pozycjonowanie ustawienia gondoli,
- wysokiej jakości hamulce tarczowe,
- odpowiednie pokrycie lakiernicze oraz materiał gondoli odbijające światło, ułatwiające widoczność i bezpieczeństwo jazdy w nocy,
- 5 – punktowe pasy bezpieczeństwa w gondoli,
- dodatkowe oświetlenie w postaci lamp LCD z przodu i z tyłu roweru,
- umożliwienie montażu fotelika samochodowego za pomocą systemu zatrzaskowego,
- prostota przebudowy funkcjonalności konstrukcji oraz jej parkowanie,
- stabilność podczas jazdy.

4. Analiza ryzyka na etapie produkcji wózka z funkcją roweru

Z uwagi na większą liczbę zagrożeń wynikających z użytkowania, a także większe obciążenia i możliwość uszkodzenia konstrukcji, analizie FMEA poddany zostanie wózek rozłożony do funkcji roweru. Z uwagi na złożoność problemów wynikających z eksploatacji urządzenia technicznego, w niniejszej publikacji rozpatrzona zostanie jedynie faza montażu wraz z kontrolą jakości urządzenia.

Analiza ryzyka wg metody FMEA polega na wskazaniu wszystkich możliwych wad i uszkodzeń całej konstrukcji, a także przeanalizowanie ich według kryteriów znaczenia wady, prawdopodobieństwa wykrycia wady oraz zdolności wykrycia wady. Każde z powyższych kryteriów oceniane jest w skali dziesięciostopniowej, przy czym ryzyko dla przyjętego kryterium jest tym większe im wyższa jest wartość liczbowa.

Ryzyko wystąpienia wybranej wady oceniane jest na podstawie otrzymanej liczby RPN (*Risk Priority Number*), która jest iloczynem wartości przyznanym kryteriom znaczenia wady, prawdopodobieństwa wykrycia wady oraz zdolności wykrycia wady. Liczbę RPN porównuje się z przyjętym dla wszystkich wad, granicznym ryzykiem RPN_{gr} , również wyrażanym w postaci liczby. Jeżeli wartość obliczonego ryzyka będzie większa od wartości założonego ryzyka, dla danego elementu, które powoduje zagrożenia, należy wprowadzić korekty na etapie projektu, konstrukcji, wykonania lub ograniczenia w użytkowaniu.

Jak już wspomniano, liczbę RPN oblicza się na podstawie trzech zasadniczych kryteriów. Wzór do obliczeń matematycznych przedstawiono poniżej:

$$RPN = S \times O \times D$$

gdzie:

S (Severity) - znaczenie wady - jak istotne znaczenie dla klienta będzie miała dana wada.

O (Occurrence) - prawdopodobieństwo wystąpienia wady.

D (Detection) - wykrywalność wady – zdolność do wykrywania wady.

Wartości dla poszczególnych kryteriów, przyjmowane są z tabel 1,2,3 zamieszczonych poniżej.

Tabela 1. Kryteria liczbowego określenia znaczenia wady

S	Znaczenie wady	FMEA procesu
1	Żadne	Wada nie będzie miała żadnego wpływu na realizację przedsięwzięcia
2	Bardzo małe	Wada będzie miała minimalny, prawie nie zauważalny wpływ na przebieg realizacji przedsięwzięcia
3	Małe	Znaczenie wady jest małe i prowadzi tylko do niewielkiego pogorszenia realizacji przedsięwzięcia.
4	Przeciętne	Wada jest zauważalna i powoduje niezadowolenie stron uczestniczących w realizacji przedsięwzięcia
5		Wada jest wyraźnie zauważalna, sposób realizacji projektu nie zaspokaja potrzeb stron zainteresowanych, cel przedsięwzięcia jest zagrożony
6		Wada jest zauważalna, cel projektu nie może być osiągnięty, a usunięcie wady generuje dodatkowe koszty.
7	Duże	Niezadowolenie zainteresowanych stron jest znaczące, cel projektu jest niemożliwy do zrealizowania.
8		Niezadowolenie zainteresowanych stron jest tak duże, że kontynuowanie projektu jest wyraźnie zagrożone
9	Krytyczne	Wada wyraźnie narusza spełnienie wymagań prawnych, stanowi zagrożenie dla zainteresowanych stron a kontynuowanie projektu może być niemożliwe.
10		Wada jest tak duża, że nie można jej usunąć, poprawić. Kontynuowanie projektu nie jest możliwe.

Tabela 2. Kryteria liczbowego określenia prawdopodobieństwa wystąpienia wady

O	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Poziom prawdopodobieństwa
1	Nieprawdopodobne	≤ 1 na 100 000
2	Prawie nieprawdopodobne	1 na 10 000
3	Rzadko	1 na 2000
4	Przeciętnie	1 na 1000
5		1 na 500
6		1 na 200
7	Często	1 na 100
8		1 na 50
9	Bardzo często	1 na 20
10		≥ 1 na 10

Tabela 3. Kryteria liczbowego określenia wykrywalności wady

D	Wykrywalność wady	FMEA procesu
1	Pewna	Projekt jest zabezpieczony przed powstawaniem wady. Nie ma możliwości popełnienia błędu. Wada jest zawsze wykryta.
2	Bardzo wysoka	Projekt nie zostanie przekazany do dalszej realizacji z wadą. Kontrola jest automatyczna, stwierdzenie wady wstrzymuje proces. Wada jest prawie zawsze wykryta.
3	Wysoka	Kontrola jest przeprowadzana na bieżąco. Jest duże prawdopodobieństwo, że wada zostanie w porę wykryta.
4	Umiarkowanie wysoka	Kontrola w postaci wielu sprawdzeń na dalszych etapach projektu. Jest duże prawdopodobieństwo, że wada zostanie w porę wykryta.
5	Przeciętna	Kontrola jest oparta na pomiarach przeprowadzanych po zakończeniu danego etapu projektu np. weryfikacja zgodności. Kontrola może wykryć wadę.
6	Niska	Etap jest nadzorowany tylko przez bieżące monitorowanie poprawności lub metody szacunkowo-statystyczne. Kontrola może nie wykryć wady.
7	Bardzo niska	Kontrola polega tylko na dwustopniowej ocenie intuicyjnej i ma małe szanse na wykrycie wady.
8	Niepewna	Kontrola polega tylko na pojedynczej ocenie intuicyjnej i ma małe szanse na wykrycie wady.
9	Bardzo niepewna	Kontrola jest wykonywana sporadycznie i nie jest ukierunkowana na analizę wad. Kontrola prawdopodobnie nie wykryje wady
10	Niemożliwa	Brak kontroli lub pomyłka niemożliwa do wykrycia. Nie są stosowane żadne metody kontroli. Absolutna pewność niewykrycia wady.

Definiowanie wad obiektu badań dotyczyć będzie niezawodności wyrobu przedstawionego na rys.3 na etapie produkcji.

*Rys. 3. Projekt wózka z funkcją roweru,
dla którego przeprowadzona została analiza FMEA.*

Poniżej w tabeli 4 dokonano oceny ryzyka wystąpienia wad na etapie produkcji rowero – wózka.

Tabela 4. Analiza FMEA wystąpienia wad w innowacyjnym wózku z funkcją roweru.

Potencjalny rodzaj wady	Możliwa przyczyna wady	Znaczenie wady S	Prawdopodobieństwo wystąpienia O	Wykrywalność wady D	RPN	RPN _{graniczne}
Uszkodzenie obręczy koła	Wykrzywiona obręcz, zdecentrowana piasta koła, wyszczerbienia obręczy	6	3	2	30	210
Pęknięta tarcza hamulcowa	Uszkodzenie mechaniczne, niewłaściwa obróbka cieplna, naprężenia mechaniczne	8	2	2	36	210
Uszkodzone szczęki i klocki hamulcowe	Pęknięte klocki, zdeformowane klocki hamulcowe, blokujące się szczęki hamulcowe	7	5	4	140	210
Zdeformowana opona	Wada produkcyjna, źle dobrany skład chemiczny	4	5	7	140	210
Luzy na połączeniach piasty koła z widelcem	Nieprawidłowy montaż, źle dobrane podzespoły, niedokładna obróbka mechaniczna	8	4	2	64	210
Uszkodzenie mechaniczne ruchomych elementów konstrukcyjnych roweru	Nieprawidłowy montaż, źle dobrane podzespoły, niedokładna obróbka mechaniczna	9	5	3	135	210
Uszkodzenie mechaniczne ruchomych elementów konstrukcyjnych uchwytu wózka	Nieprawidłowy montaż, źle dobrane podzespoły, niedokładna obróbka mechaniczna	9	6	2	108	210
Uszkodzenie ramy roweru	Deformacja ramy, błędy technologiczne, niedokładność połączeń nierozłącznych	9	4	3	108	210

Tabela 4. Analiza FMEA wystąpienia wad w innowacyjnym wózku z funkcją roweru (c.d.).

Potencjalny rodzaj wady	Możliwa przyczyna wady	Znaczenie wady	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Wykrywalność wady	RPN	RPN _{graniczne}
		S	O	D		
Uszkodzenie mechanizmu napędzającego koła	Wyszczerbienie zęba zębatki, nadmierne opory ruchu mechanizmu napędowego, głośnie praca mechanizmu napędowego, nadmierne luzy wrzeciona napędowego	8	4	5	160	210
Uszkodzenie łańcucha napędowego	Pęknięcie ogniw łączących, nadmierne luzy, niedostateczne luzy	7	5	5	175	210
Uszkodzenie mechanizmu przerzutek	Błędy montażowe, błędy technologiczne, nieprawidłowa regulacja	6	4	4	96	210
Uszkodzenie siodełka	Pęknięcie sprężyn amortyzujących, błędy technologiczne, błędy montażowe, brak możliwości stabilizacji siodełka	8	4	3	96	210
Uszkodzenie ramienia mocującego gondolę/ fotelik	Błędy technologiczne, błędy montażowe, zbyt duże opory ruchu ramienia, nadmierne luzy w piąście ramienia	9	4	3	108	210
Uszkodzony mechanizm kierowania rowerem	Błędy montażowe, błędy technologiczne, zastosowanie niewłaściwych części zamiennych	9	3	3	81	210
Uszkodzone ramię do pchania wózka	Nadmierny luz montażowy, brak możliwości złożenia ramienia, brak możliwości zablokowania ramienia, pęknięcia w miejscu mocowania	8	5	3	120	210
Uszkodzone światło zewnętrzne	Pęknięta lampa, błędy montażowe, spalona żarówka lub dioda LED, uszkodzony podzespół zasilający	6	6	4	144	210

Jak wynika z powyższej tabeli, poszczególne wartości ryzyka oszacowane dla konkretnych wad, które mogą wystąpić w procesie produkcji wózka z funkcją roweru, mieszczą się w granicach 30 – 175. Otrzymane wartości są mniejsze aniżeli założona wartość graniczna RPN wynosząca 210. Wartość graniczna RPN ustalona została dla $S=7$, $O=6$ i $D=5$. Są to wartości wskaźników ryzyka, które pokazują, że jakakolwiek wada zaistniała w procesie produkcji jest niepożądana i będzie eliminowana, na etapie montażu oraz kontroli jakości gotowego wyrobu.

Z uwagi na różnorodność podzespołów, elementów, a także procesów technologicznych zastosowanych do ich produkcji, niezwykle trudno jest oszacować prawdopodobieństwo wystąpienia usterki podczas montażu i wstępnej kontroli jakości. Dlatego też prawdopodobieństwo wystąpienia usterki przyjęte zostało jako przeciętne. Nawet w przypadku nieznacznego zwiększenia częstotliwości występowania usterek, uzyskane wyniki RPM nie powinny przekroczyć założonej granicznej wartości ryzyka. Jeśli jednak z przyczyn niezależnych od producenta wózków, dostarczona zostanie wadliwa partia podzespołów, zakłada się, że zostanie ona właściwie rozpoznana i wycofana z linii montażowej, a także wymieniona na pozbawioną wad.

Oszacowane ryzyka cząstkowe, których wartości są wyższe niż 100, wynikają głównie z wagi jaką przykładają się do niezawodności danego elementu. Te właśnie podzespoły powinny być objęte szczególnym nadzorem nad jakością wykonania, montażu oraz funkcjonalnością.

5. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule metoda oceny ryzyka procesu produkcji wózka z funkcją roweru ma duże znaczenie dla jakości produkowanych, a następnie eksploatowanych innowacyjnych produktów. Dzięki niej istnieje możliwość ustalania priorytetów jakości dla wyrobu w fazie projektowania, konstruowania, montażu oraz eksploatacji gotowego wyrobu.

Wykonana analiza ryzyka pokazuje, że założony przez producenta rowero-wózka sposób weryfikacji możliwych uszkodzeń w fazie montażu i kontroli jakości jest właściwy i prowadzi do otrzymywania produktu o wysokiej jakości wykonania, co powinno przełożyć się na jego trwałość i niezawodność.

6. Literatura

- [1] Rychły – Lipińska A.: FMEA – analiza rodzajów błędów i ich skutków. Zeszyty Naukowe Instytutu Ekonomii i Zarządzania Politechniki Koszalińskiej 11/2007, Koszalin 2007.
- [2] Kulińska E.: Metody analizy ryzyka w procesach logistycznych. Logistyka 2/2011. Wydawnictwo Instytutu Logistyki i magazynowania, Poznań 2011.

- [3] Świderski A., Ocena skuteczności procesu projektowania technicznych środków transportu z wykorzystaniem metody FMEA, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, zeszyt 64 Transport. Warszawa 2008
- [4] Kulińska E., Dornfeld A.: Zarządzanie ryzykiem procesów. Identyfikacja – Modelowanie - Zastosowanie., Wydawnictwo Politechniki Opolskiej, Opole 2009.
- [5] MIL-STD 1629A:1980: Procedure for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis.
- [6] Szkoda J., Świderski A.: Problemy oceny skuteczności jakościowej procesów realizacji wyrobów w aspekcie wymagań AQAP, EIJ, Warszawa 2005.
- [7] Szkoda J., Kubicki A.: Wyznaczanie ryzyka wadliwości techniki wojskowej za pomocą metody FMEA, Mat. konferencyjne nt. Problemy eksploatacji techniki wojskowej. Kielce 2000.
- [8] Zdanowicz R., Kost G.: Wykorzystanie metody FMEA do poprawy jakości i produktów. Problemy jakości 07/2001.
- [9] Dokumentacja techniczno – użytkowa wózka dziecięcego z funkcją roweru – KoppyBaby.

dr inż. Emil Nowiński – starszy specjalista badawczo – techniczny w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych.