

ANALIZA KONSTRUKCJI FMEA RESORU PIÓROWEGO

Aleksandra ŚWIERCZ - Andrzej PACANA - Lucia BEDNÁROVÁ

ANALYSIS OF CONSTRUCTION FMEA LEAF SPRING

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS '2017

STRESZCZENIE

Każdy z procesów produkcyjnych jest wystawiony na ryzyko powstawania błędów różnego rodzaju z powodu różnych przyczyn. Istniejące już błędy lub te, które mogą dopiero zaistnieć można zlokalizować przy pomocy metod oraz narzędzi zarządzania jakością. W czasie fazy produkcji i eksploatacji jest wykrywane około 80% niezgodności. Celem artykułu jest propozycja doskonalenia konstrukcji resoru piórowego przy wykorzystaniu metody FMEA. Problematyka artykułu obejmuje zagadnienia dotyczące metody zarządzania jakością. Analiza przyczyn i skutków wad daje olbrzymie możliwości w ulepszeniu działań wszystkich przedsiębiorstw. Wykonana analiza potencjalnych błędów umożliwia zapobieganie wielu zlokalizowanym w wyniku analizy, niekorzystnym działaniom, czego skutkiem jest wzrost zadowolenia klienta z produkowanego wyrobu, zwielokrotnionym zyskom, a także coraz lepszymi opiniami na rynku. W wyniku przeprowadzonej analizy FMEA zidentyfikowano potencjalne wady. Dla wad, których wskaźnik WPR osiągnął poziom wyższy niż 110 zaproponowano działania doskonalące jakość.

SŁOWA KLUCZOWE: analiza FMEA, działania zapobiegawcze, proces produkcyjny, resor piórowy, zarządzanie jakością.

ABSTRACT

Each production process is exposed to the risk of various types of faults due to various reasons. Existing faults or those that may yet exist can be located using quality management methods and tools. About 80% of non-conformities are detected during the production and operation phase. The aim of the article is the proposal to improve the construction of leaf springs using the FMEA analysis. The issues of the article cover issues related to the quality management method. Analysis of the causes and effects of defects gives enormous opportunities in improving the operations of all enterprises. The analysis of potential faults makes it possible to prevent many adverse effects, as a result of the analysis, which results in increased customer satisfaction with the produced product, multiplied profits as well as better and better opinions on the market. As a result of the FMEA analysis, potential defects have been identified. For disadvantages, whose WPR index reached a level higher than 110, actions to improve quality were proposed.

KEY WORDS: FMEA analysis, preventive actions, production process, leaf spring, quality management.

WPROWADZENIE

Na przestrzeni lat, zmiany, jakie nastąpiły w światowej gospodarce, spowodowały, że najistotniejszym czynnikiem, który daje możliwość bycia liderem na rynku jest produkcja wyrobów o jak najwyższej jakości. Duża liczba przedsiębiorstw nie przetrwała na rynku z powodu braku odpowiednich umiejętności radzenia sobie z problemami jakości. Aby uniknąć takich sytuacji, należałoby zwrócić uwagę na ciągłe doskonalenie przedsiębiorstwa, a szczególnie jego usług i wyrobów, oraz występujących w nim procesów używając do tego odpowiednich narzędzi i metod zarządzania jakością.

W celu ulepszenia procesów technologicznych wykorzystuje się wiele metod zarządzania jakością. Najistotniejsze z nich to: statystyczna kontrola procesu oraz FMEA. Analiza przyczyn i skutków wad wykorzystywana jest na etapie projektowania procesu, co pozwala na wykrycie występujących niezgodności w najwcześniejszej jego fazie, co pozwala na eliminację błędów jeszcze przed rozpoczęciem produkcji. Statystyczna kontrola procesu (certyfikacja procesów) prowadzona może być na etapie produkcji, umożliwi wskazanie nieprawidłowości, po eliminacji, których możliwa jest ocena analizowanego procesu. Znaczenie takich analiz wzrasta wraz ze wzrostem złożoności procesów produkcyjnych różnorodnych gałęzi przemysłu, a także techniki eksploatacji produktu przez konsumenta. Systemom tym stawiane są bardzo wysokie wymagania dotyczące bezpieczeństwa oraz niezawodności, głównie w takich działach przemysłu jak medycyna, transport, energetyka i inne.

FMEA z ang. Failure Mode And Effect Analysis to analiza przyczyn błędów i skutków wad. Metoda ta jest najczęściej stosowana podczas etapie projektowania oraz modernizacji. Pozwala na niedopuszczenie do powstania wad oraz zaprojektowanie systemu kontroli określonych elementów. Analiza składa się z trzech etapów: określeniu zakresu analizy, właściwej analizie oraz wprowadzeniu działań doskonalących lub zapobiegawczych, a także ich nadzorowanie.

FMEA stosowana jest najczęściej w odniesieniu do procesów, wyrobów i maszyn. Jest to metoda, która umożliwi zapobieganiu powstania wad konstrukcyjnych oraz niezgodnościom w procesie, dzięki wdrożeniu rozwiązań jak Poka–Yoke. [3]

Cele FMEA wyrobu to osiągnięcie jak najwyższej jakości produktu i jej weryfikacja w momencie konstruowania, a w przypadku FMEA procesu, analizowane są czynniki, które mają wpływ na zakłócenia lub brak możliwości dalszej realizacji zaplanowanego procesu. Różnica pomiędzy FMEA procesu i wyrobu wynika z odmienności kryteriów i przedmiotów analizy, a także typem stawianych pytań, sposobem określania przyczyn wad oraz ich skutków. Częścią wspólną obu analiz jest analiza przyczyn oraz skutków wad.

Metoda FMEA jest nie tylko trywialna w wykonaniu, ale i intuicyjna. Nie jest jednakże metodą łatwą. Pomimo tego, iż posiada wiele zalet, powinna być wykonywana z ostrożnością. W celu uzyskania najlepszych efektów trzeba ją wykonywać w określonej kolejności. Jest to niezwykle istotne, ponieważ umożliwia to osiągnięcie maksymalnych rezultatów. Żaden z etapów nie może zostać zignorowany, ponieważ może to zaważyć na ograniczeniu skuteczności metody. [1]

METODYKA ANALIZY FMEA

Główną koncepcją metody FMEA jest znajomość struktury systemu i danych dotyczących jego elementów. Jest to podstawa do realizacji etapowo analizy FMEA. Na sekwencję działań składają się trzy etapy. Są to: przygotowania do analizy, analiza właściwa oraz wprowadzenie i nadzorowanie działań zapobiegawczych oraz ich nadzór. Schemat analizy FMEA został przedstawiony na rys. 1.

ETAP 1	2. Powołanie zespołu
	4. Zdefiniowanie problemu i jego skutków
	6. Określenie granic analizowanego systemu
	8. Dekompozycja systemu (wyrobu)
	10. Wykonywanie zestawień: wyrób, podzespoły, zespoły
	12. Wybranie elementów i funkcji wyrobu, które będą poddane analizie
ETAP 2	14. Wskazanie potencjalnych wad
	16. Określenie relacji wada-przyczyna-skutek
	18. Określenie (w skali 1-10) znaczenia, ryzyka wystąpienia i wykrywalności
ETA P 3	20. Wyselekcjonowanie wad krytycznych wyrobu
	22. Przeprowadzenie rangowania wad
	24. Podjęcie działań korygujących dla wad, które mają najwyższy wskaźnik WPR
	26. Nadzór nad realizacją zaplanowanych działań korygujących

Rys. 1. Schemat analizy FMEA. Opracowanie własne na podstawie [6]

Najważniejszym elementem analizy jest analiza właściwa. Jest to część analizy, podczas której zespół roboczy ma za zadanie dla wybranych elementów wyrobu lub działań procesu wskazać potencjalne wady mogące ujawniać się podczas wytwarzania lub eksploatacji. Dla wykrytych wad wyznaczane są zależności wada – przyczyna – skutek, opisywane przyczyny ich powstania, skutki wad oraz stosowane metody kontroli i monitorowania, które dają możliwość wykrycia wady albo przyczyny. Dla określonych zależności wada – przyczyna – skutek definiowane są liczby R, W i Z. Przeważone zostały one w tab.1, tab 2 i tab 3.

Reguły, które powinny być przestrzegane to między innymi: liczba R – ryzyko – podobnie jak w przypadku liczby W może odnosić się do wady bądź jej przyczyny, w tym przypadku również należy przestrzegać jednej cechy podczas analizy,

Tab.1. Wskazówki do określania liczby R dla wyrobu. Opracowanie własne na podstawie [4]

R	Wystąpienie	FMEA wyrobu / konstrukcji	Częstość występowania wady
1	Nieprawdopodobne	Wystąpienie wady jest niemalże nieprawdopodobne	Mniej niż 1/ 1000000
2	Bardzo rzadko	Zdarza się bardzo mało wad	1/ 20000
3	Rzadko	Zdarza się stosunkowo mało wad	1/4000
4-6	Przeciętnie	Wada zdarza się co jakiś czas (sporadycznie)	1/ 1000 1/ 400 1/80
7-8	Często	Wada występuje cyklicznie	1/ 40 1/ 20
9-10	Bardzo często	Wady praktycznie nie da się uniknąć	1/8 1/ 2

Szansa na wykrycie liczby W jest związana z wadą, możliwe jest także odniesienie jej do przyczyny wady; powinno się konsekwentnie wyrażać, do czego liczba W się odnosi w konkretnej analizie – wady czy przyczyny wad i przestrzegać tego podczas całej analizy,

Tab.2. Wskazówki do określania liczby W dla wyrobu. Opracowanie własne na podstawie [4]

W	Wykrywalność wady	Prawdopodobieństwo wykrycia wady
1-2	Bardzo wysoka	<ul style="list-style-type: none"> bardzo małe prawdopodobieństwo przeoczenia wady przed opuszczeniem produktu z procesu wytwórczego, automatyczna kontrola 100% każdego elementów, instalacja zabezpieczenia,
3-4	Wysoka	<ul style="list-style-type: none"> małe prawdopodobieństwo nie przeoczenia wady zanim zakończy się operacja, wada jest oczywista, jedynie kilka wad może pozostać niewykryte,
5-6	Przeciętna	<ul style="list-style-type: none"> prawdopodobieństwo średnie nie przeoczenia wady produktu przed końcem operacji, ręczna kontrola jest utrudniona,
7-8	Niska	<ul style="list-style-type: none"> prawdopodobieństwo nie przeoczenia wady wysokie, stosowana jest ocena subiektywna w zakresie wrywkowej kontroli próbek,
9-10	Bardzo niska	<ul style="list-style-type: none"> prawdopodobieństwo nie wykrycia wady wysokie, wada jest praktycznie niewidoczna.

Do określenia liczby Z, powinno się brać pod uwagę wyłącznie skutek, bez względu na to, jaką wadą jest on spowodowany (zdarza się, że jeden ze skutków jest różnie wartościowany, ze względu na trudność wykrycia wady).

Tab.3. Wskazówki do określania liczby Z dla wyrobu. Opracowanie własne na podstawie [4]

Z	Znaczenie wady dla klienta	
1	Bardzo małe	<ul style="list-style-type: none"> • skutek jest minimalny, • klient nic nie zauważa, • wada nie ma żadnego wpływu na warunki użytkowania wyrobu,
2–3	Małe	<ul style="list-style-type: none"> • skutek jest minimalny, • może powodować nieznaczne utrudnienia, • może być zauważalne umiarkowane pogorszenie funkcji i właściwości wyrobu,
4–6	Przeciętne	<ul style="list-style-type: none"> • wada może wywoływać ograniczone niezadowolenie i powodować małe utrudnienia, • wyrób nie zaspokaja potrzeb lub jest źródłem uciążliwości, • użytkownik faktycznie dostrzega mankamenty wyrobu,
7–8	Duże	<ul style="list-style-type: none"> • pojawia się niezadowolenia klienta, • koszt naprawy są nieznane,
9–10	Bardzo duże	<ul style="list-style-type: none"> • bardzo duże znaczenie wady, • może zagrażać bezpieczeństwu użytkownika lub naruszać przepisy prawa.

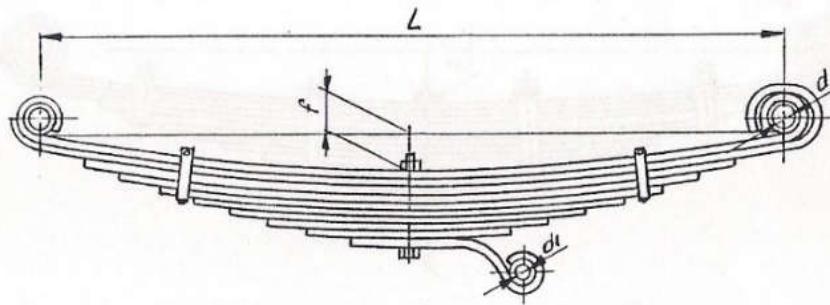
Jeśli istnieje szansa na identyfikację wad, skutków i przyczyn należy przypisać im skrajne wartości liczb R, W, Z; inne skutki i wady powinny być do nich porównywane, co zapewnia zrównoważenie wystawianych ocen. [6]

Należy pamiętać, że sama analiza FMEA nie rozwiązuje wszystkich istniejących problemów związanych z procesem lub produktem, pomimo iż przynosi dużo korzyści. Zalecane jest stosowanie jej od czasu do czasu, co zgodnie z zasadą ciągłego doskonalenia i dążenia do doskonałości. Najlepsze efekty osiągane są tylko, gdy jest używana w połączeniu z innymi narzędziami zarządzania jakością – przykładowo metodą QFD lub Poka – Yoke.

KONSTRUKCJA RESORU PIÓROWEGO

Resory piórowe są używane w zawieszeniach pojazdów samochodowych. Zaliczane są do elementów maszyn, od których trwałości i jakości zależą trwałość i właściwości eksploatacyjne pojazdów, których są częściami.

Resor piórowy, poddawany analizie został zaprezentowany na rys. 2. [5]



Dane charakterystyczne resora

Długość resora w stanie prostym	$L = 1600 \pm 4 \text{ mm}$
Strzałka fabrykacyjna	$f = 98 \pm 5 \text{ mm}$
Ilość piór	$n = 9$
Wymiary płaskownika na pióro 1-5 i wspornika	80 x 12 mm
Wymiary płaskownika na pióro 6-9	80 x 10 mm
Gatunek materiału	50 HS
Średnica d otworu w tulejce ucha resora	$\varnothing 28$
Średnica d_1 otworu w tulejce ucha wspornika	$\varnothing 24$
Masa resora (teoretyczna)	73 kg

Rys. 2. Resor piórowy STAR 744. [2]

Uszkodzenie resoru często jest przyczyną czasowego wyłączenia pojazdu z użytku. Trwałość resorów piórowych bardzo często jest kilkakrotnie mniejsza, niż przebieg międzynaprawczy silników pojazdów, których są częścią. Najczęściej uszkodzenia są powodowane przez wady materiałowe, a dodatkowo występują przyczyny eksploatacyjne oraz zaniedbania serwisowe. Resor piórowy – jak mówi nazwa zbudowany jest z piór płaskowników o różnej długości wyprodukowanych ze stali sprężynowej. Są umieszczone równoległe do osi wzdłużnej pojazdu. Płaskownik położony najwyżej to „pióro główne” jest ze wszystkich najdłuższy, a każdy kolejny jest krótszy od poprzedniego. Płaskowniki połączone są ze sobą przy pomocy śruby ustalającej, która poprowadzona jest przez ich środki, a także stalowych opasek ściągających, które są używane, w celu zapobiegania rozjeżdżania się piór. Dzięki temu, że pióra są wygięte posiadają właściwości amortyzujące.

Resor piórowy zamocowany jest do pochwy mostu napędowego lub belki osi przy użyciu strzemion. Resor musi być przytwierdzony do ramy (lub nadwozia). Nie jest to jednak tak łatwe, jak się wydaje. Wygięty resor w czasie jazdy przecały czas się odkształca, efektem, czego jest zmiana odległości pomiędzy końcami pióra głównego. Dozwolone jest kilka wariantów montażu resoru do ramy bądź nadwozia, które mają rozwiązać problemy jak ten. W przypadku, kiedy resor ma zagięcie na

každym z końców, umieszczany jest na sworzniu z jednej strony i na tak zwanym wieszaku z drugiej. Ten ostatni umożliwia przemieszczanie się.

Zostały przeprowadzane badania, mające na celu określenie możliwości określania powodów występowania uszkodzeń piór resorowych oraz szacowania składu chemicznego materiału uszkodzonego pióra oraz jego kompatybilność z odpowiednimi normami. Przedmiotem badań były części resorów i piór resorowych. Pióra resoru są wykonywane ze stali sprężynowej oraz poddawane obróbce cieplnej i od czasu do czasu specjalnemu wzmocnieniu mechanicznemu, czyli kulowaniu. Zabieg ten został wykonany podczas produkcji resoru, który podlegał będzie analizie FMEA. Pióra resoru są odpowiednio wygięte, a ich promień krzywizny jest odpowiednio długości jego pióra. Pióra połączone są ze sobą przy pomocy śruby przechodzącej przez ich środki i zabezpieczającej przed poruszaniem się na boki za pomocą specjalnych opasek stalowych. Taki typ resoru jest stosowany jest w zawieszaniach zależnych i jest zamontowany poprzecznie bądź wzdłużnie do kierunku poruszania się pojazdu. Czasami resory piórowe występują również w postaci pojedynczych piór. [4]

Analizując również ogół zewnętrznych sił działających na pojazd w ruchu, resory są w złożonym stanie naprężeń. Robocze naprężenia w piórach resorów są mają związek z działaniem pionowych sił, połączonych z drganiami resorowanych i nieresorowanych mas w płaszczyźnie wzdłużnej. Takie naprężenia spowodowane skręcaniem resorów, mając związek z poprzecznymi drganiami mostu w odniesieniu do resorowanej masy, naprężenia będące efektem działania momentów odrzutowych, które tworzą się podczas przenoszenia przez resory sił uciążu bądź hamowania i naprężenia wywodzące się od sił bocznych, wytwarzających się przy skrętach.

Wszystkie te oddziaływania manegatywnie wpływają na wytrzymałość zmęczeniową resorów – co za tym idzie obniżenie ich trwałości. Maksymalne, jeśli brać pod uwagę wartości i zazwyczaj zmieniające się naprężenia pochodzą od sił pionowych. Naprężenia, które pochodzą ze skręcania resorów są mniejsze w porównaniu do naprężeń wywodzących się od sił pionowych. Są możliwe do określenia tylko podczas poruszania się pojazdu po nierównych drogach.

Poprzeczne drgania resorowanych i nieresorowanych mas osiągają wartości takie, że przechył mostów w odniesieniu do ramy przewyższa wartości $\alpha \geq 6-8^\circ$.

Bardzo dużym udziałem w uszkodzeniach resorów zawierają naprężenia spowodowane pionowymi przeciążeniami resorów przy skrętach, na zboczach, nieumiejętnym prowadzeniu pojazdem. Naprężenia takie oraz naprężenia wywodzące się od momentów lub od sił bocznych mogą przekroczyć granicę wytrzymałości.

W zwyczajnych warunkach eksploatacji trwałość resorów ma związek z obciążeniem, które jest następstwem oddziaływań sił pionowych. Szacowanie trwałości resoru opierając się na ilości cykli obciążeń do momentu jego złamania jest najbardziej miarodajną z prób. Określenie to jest powodem, dzięki któremu badania wytrzymałościowo-zmęczeniowe resorów są masowo stosowane i aż tak rozległe. Do badań wykorzystywane są specjalistyczne urządzenia.

Skład chemiczny materiału, z którego wyprodukowane zostały pióra odpowiada stali stopowej sprężynowej określonej, jako 50HS. Jest to stal po ulepszeniu cieplnym i charakteryzuje się dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi oraz największą hartownością spośród stali sprężynowych. Zaleca stosowanie tych materiałów na maksymalnie obciążone sprężyny. Także takie, które mają duże przekroje, szczególnie podatnym na silne zmienne oraz przemienne obciążenia, a w szczególności na maksymalne obciążone pióra resorów pojazdów.

Resor typu STAR 744 przeznaczony jest do użytku w samochodach ciężarowych. Jest to resor przedni.

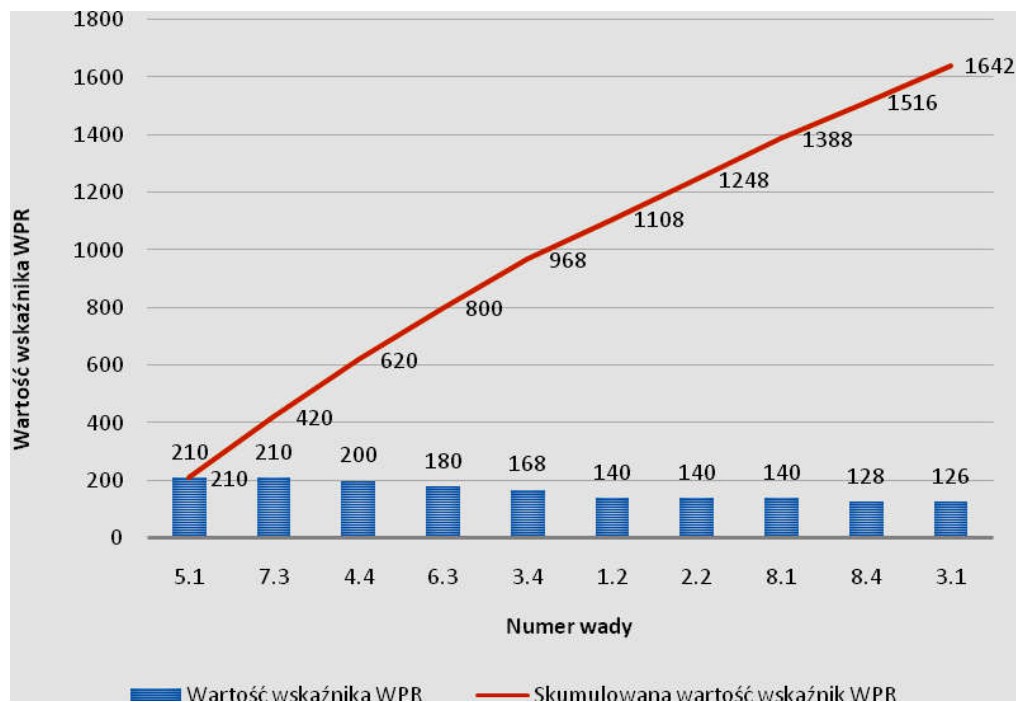
FMEA WYROBU											
Analiza przyczyn i skutków wad											
Nazwa wyrobu: RESOR PIÓROWY					Symbol wyrobu: STAR 744						
Nazwiska członków grupy roboczej: XXX YYY ZZZ					Data przeprowadzenia analizy: 04.12.2017						
Lp.	Nazwa elementu wyrobu	Funkcja elementu wyrobu	Potencjalna wada elementu wyrobu	Potencjalne skutki wady	Potencjalne przyczyny wady	Obecny system kontroli	Wskaźnik znaczenia			Proponowane działania korygujące	
							Z	W	R		WPR
1.	Pióro główne	Mocowanie ucha resoru	1.1 Nie zgodność kształtowa	Brak możliwości zamocowania resoru do zawieszenia pojazdu	Niestaranne wykonanie	Kontrola wizualna, kształtowo-wymiarowa, kontrola twardościomierzem 2 szt./partię	6	3	4	72	-
			1.2 Nie zgodność wymiarowa	Obniżona funkcjonalność	Niestaranne wykonanie		7	5	4	140	Zwiększenie kontroli do 5szt./partię
			1.3 Uszkodzenie powierzchni	Skrócenie okresu eksploatacji	Wady materiałowe, nieostrożność pracownika		5	2	3	30	-

Na podstawie wyników analizy FMEA opracowane i uporządkowane zostały dane, które są niezbędne do sporządzenia wykresu Pareto–Lorenza. Dane zostały uporządkowane w kolejności od największej wartości wskaźnika priorytetowego ryzyka do najmniejszej wartości wskaźnika priorytetowego ryzyka oraz zostały przedstawione w tab. 6.

Tab. 6. Uporządkowane dane do opracowania wykresu Pareto–Lorenza

Nr wady	Wada	Wartość wskaźnika WPR	Udział procentowy wartości wskaźnika WPR [%]	Skumulowana wartość wskaźnik WPR	Skumulowany udział procentowy wartości wskaźnika WPR [%]
5.1	Zerwanie wspornika	210	13	210	13
7.3	Pęknięcia tulei ucha resoru	210	13	420	26
4.4	Pęknięcia opaski ściągającej	200	12	620	38
6.3	Pęknięcia tulei wspornikowej	180	11	800	49
3.4	Pęknięcia śruby ustalającej	168	10	968	59
1.2	Nie zgodność wymiarowa pióra głównego	140	9	1108	67
2.2	Nie zgodność wymiarowa płaskownika	140	9	1248	76
8.1	Ścięcie ucha resoru	140	9	1388	85
8.4	Pękanie ucha resoru	128	8	1516	92
3.1	Ścięcie śruby ustalającej	126	8	1642	100

Na podstawie tab. 6 stworzony został wykres Pareto–Lorenza dla wartości wskaźnika WPR mającego wartość większą niż 110 przedstawiony na rys. 3.



Rys. 3. Wykres Pareto-Lorenza dla wartości wskaźnika WPR

Na podstawie przeprowadzonej anlizy zostało stwierdzone, że 40% wad generuje 49% wyrobów wadliwych. Oznacza to, że w na początkunależy podjąć działania, które mają na celu korygowanie konstrukcji resoru piórowego przez eliminację czterech wad o najwyższej wartości wskaźnika WPR. Sugerowana jest zmiana stosowanego materiału.

Po rozpatrzeniu tej grupy wad, można stwierdzić, że najwięcej wad, których wskaźnik WPR przekracza wartość 110 jest skutkiemzłego wykonania lub wadą materiałową. Do działań korygujących należeć będą szkolenia pracowników i zastąpienie dotychczas wykorzystywanego materiału materiałem wyższej jakości. Pomimo wyższych kosztów rozwiązania te pozwolą uniknąć reklamacji i zwiększą zyski przedsiębiorstwa.

Największa liczba wad generowana jest przez czynnik ludzki. Jeśli wyrób ma być na najwyższym poziomie, to należy przyjąć, że błąd pracownika nie istnieje. W ogromnej licznie przypadków błędu ludzkiego, prawdziwa przyczyna problemu leży najczęściej gdzieś w braku lub niewystarczającej ilości szkoleń, organizacji lub metodzie pracy. Niezbędne jest w tym przypadku doprowadzenie do stanu, w którym pracownik nie będzie miał możliwości popełnienia błędu lub prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez niego będzie na jak najniższym poziomie. Jest to możliwe do osiągnięcia na przykładpoprzez zastosowanie urządzeń działających w myśl metodologii POKA-YOKE, lub też obsadzaniem na newralgicznych stanowiskach pracowników z największym doświadczeniem.

PODSUMOWANIE

W moimartykule została przedstawiona analiza FMEA, wykorzystana, jako metoda doskonalenia produkowanego już wyrobu. Analiza przyczyn i skutków wad daje ogromne możliwości w doskonaleniu działania wszystkich przedsiębiorstw– coraz częściej małych firm stosujących tę metodę. Analiza potencjalnych błędów pozwala zapobiec wielu, zidentyfikowanym w wyniku analizy, niekorzystnym działaniom, co skutkuje wzrostem zadowolenia klientów z produkowanego wyrobu, zwiększonym zyskiem oraz coraz lepszymi opiniami na rynku.

Celem pracy było wykonanie analizy FMEA konstrukcji resoru piórowego, w taki sposób, aby wykryć możliwe do wystąpienia wady w wyrobie, określić szacunkowo ich wpływ na jakość produkcji, a w następnej kolejności podjąć działania doskonalące jakość w konstrukcji wyrobu, które mają na celu eliminację źródła powstania wady.

W wyniku przeprowadzonej analizy FMEA zidentyfikowano 32 potencjalne wady i 10 z nich wymaga wprowadzenia działań doskonalących jakość. Dla wad, których wskaźnik WPR osiągnął poziom wyższy niż 110 zostały zaproponowane doskonalące jakość. Największą ilość wad generują wady materiałowe oraz czynnik ludzki. Zaproponowano działania korygujące w postaci np. szkoleń pracowników i zmianę stosowanego materiału na materiał wyższej jakości. Efektem takich działań doskonalących jakość będzie redukcja ilości reklamacji oraz zapobieganie występowania potencjalnych wad mogących pojawić się w konstrukcji wyrobu.

LITERATURA

- [1] Hamrol A.: Zarządzanie jakością z przykładami. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2007.
- [2] Katalog resorów, Kuźnia Ostrowiec, Ostrowiec 2012.
- [3] Sęp J., Perłowski R., Pacana A.: Techniki wspomagające zarządzanie jakością. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszów, Rzeszów 2006.
- [4] Stadnicka D.: Wybrane metody i narzędzia doskonalenia procesów w praktyce. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszów, Rzeszów 2016.
- [5] Zajac K., Krasoń W.: Badania porównawcze wielopiórowego resoru podwójnego dla pojazdu kołowego, 2016 http://www.tki.wat.edu.pl/2016/streszczenia_TKI_pdf/065a_Krason1.pdf (dostęp: 11.11.2017)
- [6] Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P.: Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013.

CONTACT ADDRESS

Aleksandra ŚWIERCZ

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska, ul. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, Poland

e-mail: olaxswiercz@gmail.com

Dr hab. inż. Andrzej PACANA, prof. PRz

Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska, ul. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, Poland

e-mail: app@prz.edu.pl

doc. Ing. Lucia BEDNÁROVÁ, PhD.

Podnikovohospodárska fakulta v Košiciach, Ekonomická univerzita v Bratislave, Košice, Slovenská republika

e-mail: lucia.bednarova@euke.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.