

## ANALIZA ZAPOTRZEBOWANIA NA CZĘŚCI ZAMIENNE NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO ZAKŁADU SPOŻYWCZEGO

*Aleksandra Rewolińska, Marek Nowak*  
*Zakład Maszyn Spożywczych i Transportu Żywności, Politechnika Poznańska*

**Streszczenie.** Niezawodne działanie maszyn i urządzeń w liniach technologicznych zakładów spożywczych jest bardzo istotne. Przystoje związane z awarią maszyn mają niekorzystny wpływ na wydajność produkcyjną przedsiębiorstwa. Dlatego konieczne jest dozоровanie maszyn i urządzeń oraz analizowanie rodzajów i skutków ewentualnych uszkodzeń ich części (Nosal i in., 2002). Otrzymane wyniki dają możliwość zlokalizowania elementów najbardziej narażonych na uszkodzenia. Dzięki temu można zapobiec awariom linii produkcyjnych lub, gdy jest to niemożliwe, oszacować zapas stanu magazynowego wybranych elementów i podzespołów. Celem pracy jest wskazanie elementów oraz podzespołów maszyn najbardziej podatnych na uszkodzenia, oraz oszacowanie asortymentu i liczby krytycznych części zamiennych magazynu niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania palarni kawy. Do realizacji celu wykorzystano metodę FMEA (ang. *Failure mode and effects analysis*), umożliwiającą ilościową analizę uszkodzeń.

**Słowa kluczowe:** część zamienna, magazyn części zamiennych, palarnia kawy, metoda FMEA

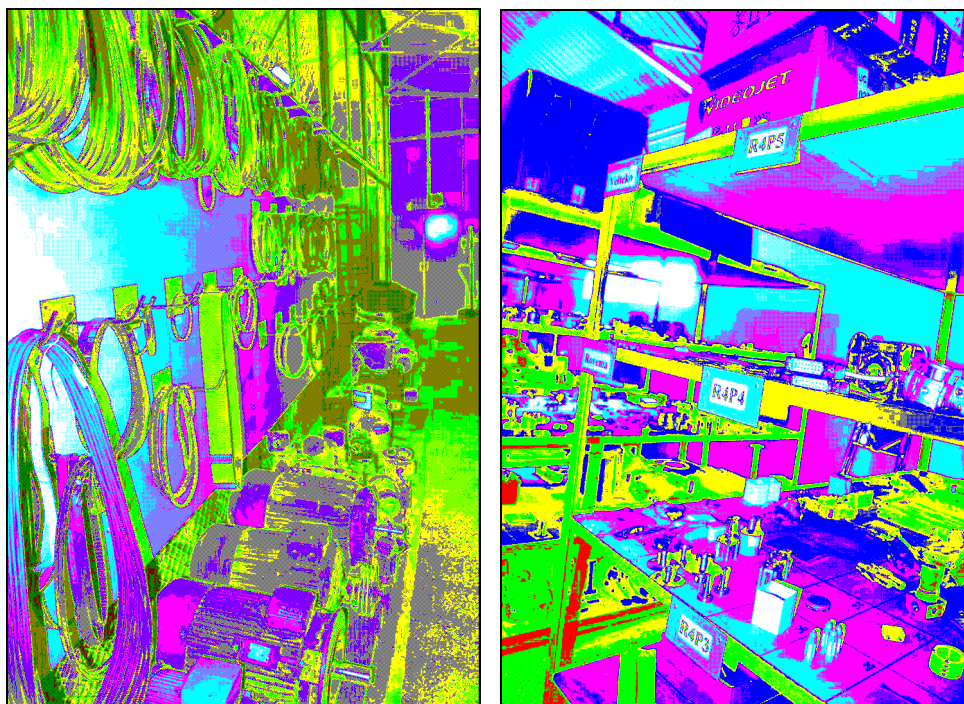
### Wprowadzenie

Coraz więcej gałęzi przemysłu spożywczego wykorzystuje linie technologiczne do wytwarzania wszelkiego rodzaju produktów, w których maszyny i urządzenia realizują ciągły proces technologiczny. Ciągłość realizacji procesu technologicznego zależy od niezawodności obiektów wchodzących w skład linii produkcyjnej. Dlatego pełne zaangażowanie obiektów technicznych, uczestniczących w realizacji procesów produkcyjnych, wymaga podjęcia szeregu działań zapobiegających ich uszkodzeniom (Legutko, 2009; Rewolińska, 2011; Pietrzyk i Piskorz, 2005). Otrzymane wyniki umożliwiają identyfikację elementów najbardziej narażonych na uszkodzenia oraz oszacowanie zapasów magazynowych tych części.

Celem pracy jest wskazanie elementów maszyn najbardziej podatnych na uszkodzenia oraz oszacowanie asortymentu i liczby krytycznych części zamiennych magazynu niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania palarni kawy.

### Magazyn części zamiennych w palarni kawy

W pracy magazynu części zamiennych palarni kawy wykorzystywany jest program informatyczny „Użytkowanie maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie” (RHO Software, 2005). Program ten umożliwia między innymi pogrupowanie wszystkich części maszyn oraz aktualizowanie stanu zapasów części zamiennych. Każda maszyna pracująca w palarni kawy posiada oznaczony regał w magazynie, na którym znajdują się jej pogrupowane części zamienne (rys. 1).



Źródło: Nowak, (2012)

Rysunek 1. Regały wraz z częściami zamiennymi w magazynie  
Figure 1. Shelves along with spare parts in the storage

Pogrupowanie znajduje swoje odzwierciedlenie w programie informatycznym. Gdy dana część zostanie pobrana przez pracownika działu utrzymania ruchu, jest on zobowiązany wprowadzić odpowiednie zmiany w programie informatycznym. Działanie to usprawnia system utrzymania ruchu i kontroluje stan magazynowy części zamiennych.

## Metodyka badań

Badaniom analizy krytyczności zostały poddane wszystkie maszyny, które biorą udział w całym procesie produkcyjnym kawy. Jedynym wyjątkiem jest dział mielenia kawy, który został potraktowany pobieżnie z uwagi na jego przyszłą reorganizację. Metoda, jaką wybrano do analizy, to metoda FMEA umożliwiająca ilościową analizę uszkodzeń (PN-EN 60812:2009; Scipioni i in., 2002; Huber, 2006). Ocenia się każde uszkodzenie części liczbą całkowitą z przedziału 1–10 ze względu na trzy kryteria (Dohn, 2009):

- częstość wystąpienia uszkodzenia – ryzyko wystąpienia uszkodzenia – liczba  $R$ ,
- wpływ (znaczenie) uszkodzenia – jak istotne jest uszkodzenie danej części maszyny dla zachowania ciągłości pracy linii – liczba  $Z$ ,
- poziom wykrywalności – jakie jest prawdopodobieństwo, że uszkodzenie nie zostanie wykryte i spowoduje wyłączenie maszyny z eksploatacji – liczba  $W$ .

Wskazówki do szacowania wskaźników  $R$ ,  $W$  oraz  $Z$  znajdują się w pracy (Dohn, 2009). Wykorzystując wskaźniki  $R$ ,  $Z$ ,  $W$  wyznacza się liczbę priorytetu RPN (*Risk Priority Number*) wg wzoru (1):

$$RPN = R \cdot Z \cdot W \quad (1)$$

Badanie krytyczności części eksploatacyjnych metodą FMEA realizowano podczas pracy trójzmiannowej. Każdy operator na swojej zmianie zobowiązany był do wykonania oceny wszystkich zespołów, podzespołów oraz elementów danej maszyny, przy wykorzystaniu przedstawionych wskaźników  $R$ ,  $W$  oraz  $Z$ . Operatorzy przypisywali dane liczby do poszczególnych części na podstawie swoich własnych wieloletnich doświadczeń, które zdobyli podczas pracy z maszyną. Ich ocena weryfikowana była przez pracowników działu utrzymania ruchu. Uśrednienie wyników z poszczególnych zmian prowadziło do obliczenia liczby priorytetu RPN. Przez części krytyczne należy rozumieć takie części, których brak wiąże się z wstrzymaniem procesu produkcyjnego lub jego etapu. Liczba RPN bliska wartości 1000 oznacza wadę krytyczną, zagrażającą bezpieczeństwu użytkownika lub naruszającą przepisy prawa. Palarnia kawy określiła próg krytyczny liczby priorytetu na poziomie 300.

## Wyniki badań

Na podstawie przeprowadzonej analizy FMEA uzyskano wyniki badań krytyczności elementów, podzespołów maszyn i urządzeń eksploatowanych w palarni kawy. Przykładowe wyniki analizy przedstawiono w tabelach 1 i 2. Tabela 1 przedstawia wyniki analizy krytyczności elementów/podzespołów maszyn i urządzeń pracujących w dziale transportu kawy surowej, natomiast tabela 2 wyniki dla maszyny pakującej. Wartości liczby RPN przekraczające wartość krytyczną 300 zostały pogrubione.

W każdym z działów palarni kawy znajdują się maszyny i urządzenia, których elementy są częściami krytycznymi, a ich awarie mogą stanowić poważny problem w procesie prażenia kawy. Praktycznie w każdej maszynie biorącej udział w procesie produkcyjnym występują elementy-podzespoły, które osiągnęły lub przekroczyły próg liczby priorytetu RPN równy 300. Ze względu na ograniczoną objętość artykułu nie przedstawiono wszyst-

kich wyników badań. W tabeli 3 zestawiono wszystkie elementy-podzespoły maszyn i urządzeń, których poziom krytyczności wynosił lub przekraczał 300.

Tabela 1

*Wybrane wyniki analizy krytyczności części maszyn i urządzeń pracujących w dziale transportu kawy surowej*

Table 1

*Selected results of criticality analysis of parts of machines and devices operating in the transportation department of raw coffee*

Maszyna/Urządzenie	Element/Część	Z	R	W	RPN
Przenośnik kubelkowy K2	Przekładnia pasowa	10	10	5	<b>500</b>
	Kubelki	5	1	2	10
	Paski	10	3	2	60
	Silnik	10	1	1	10
	Łożyska	10	2	8	160
Waga	Siłowniki	10	1	1	10
Przenośnik kubelkowy K3	Przekładnia pasowa	10	10	3	<b>300</b>
	Kubelki	5	1	2	10
	Paski	10	3	2	60
	Silnik	10	1	1	10
	Łożyska	10	2	8	160

*Źródło: Nowak, (2012)*

Tabela 2

*Wybrane wyniki analizy krytyczności części maszyny pakującej*

Table 2

*Selected results of criticality analysis of a packing machine*

Element/Część	Z	R	W	RPN
Szczęki poprzeczne 1	10	5	8	<b>400</b>
Szczęki poprzeczne 2	10	10	8	<b>800</b>
Taśma wzdłużna	10	10	3	<b>300</b>
Silnik napędu szczęk	10	3	8	240
Głowica drukarki	10	6	6	<b>360</b>
Pasy transportowe	10	3	3	90
Koła napędu szczęk	10	1	8	80
Paski napędu szczęk	10	3	8	240
Falownik	10	4	10	<b>400</b>

*Źródło: Nowak, (2012)*

Tabela 3

Zestawienie elementów/podzespołów maszyn i urządzeń pracujących w palarni kawy o poziomie krytyczności równym lub przekraczającym 300

Table 3

The list of elements/components of machines and devices working in the roasting company of the criticality level equal to or exceeding 300

Dział	Maszyna	Urządzenia	Element	RPN	
Kawy surowej		Przenośnik kubekowy K2	Przekładnia pasowa	500	
		Przenośnik kubekowy K3	Przekładnia pasowa	300	
		Przenośnik ślimakowy ukośny K3	Przekładnia zębata	500	
		Przenośnik ślimakowy poziomy K7	Przekładnia zębata	500	
		Przenośnik kubekowy K8	Przekładnia pasowa	500	
		Przenośnik ślimakowy poziomy K9	Przekładnia zębata	500	
Prażenia kawy	Piec A	Wentylator chłodzenia	Łożysko	400	
			Sprzęgło	560	
			Krańcówki kłapy doprowadzające gorące powietrze	350	
		Palnik + komora prażenia	Termopara	560	
			Krańcówki kłap	600	
			Przepływomierz wody	700	
	Piec B		Elektrozawór wody	500	
			Czujnik wody	500	
			Pompa wody	500	
			Wentylator odkamieniacza	Siłownik	320
			Buhler	Sita	560
		Pakowania kawy	Pakowarka A		Szczęki poprzeczne
	Elementy układu formującego (łożyska, prowadnice, kółka)			640	
	Szczęka poprzeczna			800	
	Taśma wzdłużna			300	
	Głowica drukarki			360	
	Taśmy wagowe			360	
Pakowarka B			Falownik	400	
			Aplikator wentyli	350	
Kartoniarka			Złączki pneumatyki	384	
			Czujniki położenia	300	
			Końcówki węży	400	
			Silnik krokowy	300	
Pakowarka C			Siłownik	300	
			Łożyska igiełkowe	512	
			Pasek napędu 1060	300	
Pakowarka D			Grzałki	360	
			Szczęki poprzeczne 1	400	
			Szczęki poprzeczne 2	800	
		Taśma wzdłużna	300		
		Głowica drukarki	360		
		Taśmy wagowe ( łożyska + taśmy)	400		
		Falownik	400		

Dział	Maszyna	Urządzenia	Element	RPN
			Jednostka centralna – piec A	300
			Jednostka centralna – piec B	300
			Sprężarka	300
			Serwer nr 1	300
			Serwer nr 2	600
			Pompa systemu chłodzenia	500
Pozostałe elementy				

Źródło: Nowak, (2012)

## Wnioski i propozycje zmian

Przedstawiona analiza została przeprowadzona po raz pierwszy w badanej palarni kawy. Do badań wykorzystano wieloletnie doświadczenie operatorów maszyn oraz mechaników z działu utrzymania ruchu. Na podstawie analizy można stwierdzić, że:

- W każdym dziale palarni znajdują się maszyny, których części zamienne są częściami przekraczającymi ustalony próg krytyczności. Liczba tych części wyniosła 45.
- Działem, w którym znajduje się najwięcej części krytycznych, jest dział pakowania kawy, co spowodowane jest między innymi dużą różnorodnością maszyn i ich znacznym skomplikowaniem.
- Częściami o największej liczbie RPN są szczęki poprzeczne z maszyn pakujących.
- W dziale kawy surowej częściami krytycznymi są przekładnie pasowe oraz zębate. Praktycznie w każdym przenośniku pracuje przekładnia pasowa lub zębata, której liczba RPN jest większa od 300.

Propozycje zmian:

- Aby zmniejszyć liczbę części krytycznych, wskazane jest wykonanie analizy ich uszkaźzalności. Dotyczy to przede wszystkim takich elementów, jak szczęki poprzeczne oraz przekładnie. Związane z tym jest również skrupulatne prowadzenie kart awarii i postojów maszyn z przedstawieniem między innymi przyczyn awarii.
- Znacznym udogodnieniem byłoby pełne wykorzystanie możliwości programu informatycznego w magazynie. Program umożliwi tworzenie automatycznych zamówień, gdy dany element osiągnie minimum magazynowe. Jednakże w przypadku palarni kawy zamówienia zespołów typu przekładnia, silnik itp. realizowane są nie przez program, lecz przez korporacyjne zamówienia tworzone dużo wcześniej ze względu na ich długi czas realizacji.
- Przechowywanie przy maszynie typowych części zamiennych, np. pasków klinowych, których wymiany mógłby dokonywać pracownik obsługujący maszynę.
- Tworzenie układów równoległych. Byłoby to zwłaszcza korzystne podczas rozładunku kawy surowej, gdzie kawa mogłaby być transportowana bezpośrednio z samochodu dostawczego dwiema niezależnymi drogami. To rozwiązanie wykluczyłoby prawdopodobieństwo przestoju w momencie gdy jedna z linii transportowych ulega awarii. Należy jednak zwrócić uwagę, że tworzenie takich układów jest kosztowne.

## Literatura

- Dohn, K. (2009). Organizacja procesów transportu wewnętrznego – studia przypadków. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, 70, 47-58.
- Huber, Z. (2006). *Analiza FMEA procesu*. Internetowe Wydawnictwo Złote Myśli, Gliwice
- Legutko, S. (2009). Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn. *Eksploatacja i Niezawodność*, 2, 8-16.
- Nosal, S. (red.). (2002). *Metody stabilizacji niezawodności maszyn w fazie eksploatacji*. Poznań, Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji.
- Nowak, M. (2012). *Analiza zapotrzebowania na części zamienne na przykładzie wybranej firmy*. Praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Poznańska, promotor Aleksandra Rewolińska.
- PN-EN 60812:2009 Techniki analizy nieuszkodzalności systemów - Procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń (FMEA).
- Pietrzyk, A.; Piskorz, Z. (2005). Metoda RCM- nowoczesna technika optymalizacji serwisu. *Energocontrol News*, 10, 2-3.
- Rewolińska, A. (2009). Funkcjonowanie małych zakładów piekarniczych – studium przypadku. *Służby Utrzymania Ruchu*, 3 (17), 44-50.
- RHO Software. (2005). *Użytkowanie maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie. Oprogramowanie wspierające ewidencję i kontrolę stanu technicznego*. Wydawnictwo FORUM, Poznań
- Scipioni, A.; Saccarola, G.; Centazzo, A.; Francesca A. (2002). FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company. *Food Control*, 13 495-501.

## ANALYSIS OF DEMAND FOR SPARE PARTS ON THE EXAMPLE OF THE SELECTED FOOD ENTERPRISE

**Abstract.** Reliable functioning of machines and devices in technological lines of food enterprises is very crucial. Stoppages related to failures of machines unfavourably influence production efficiency of enterprises. Therefore, control of machines and devices and analysing types and possible effects of damages to its parts (Nosal et al., 2002) is necessary. The obtained results give a possibility to localize elements which are the most exposed to damages. Due to the above, faults of production lines may be prevented or when this is impossible the stock on hand of the selected elements and components may be determined. The purpose of the work is to indicate machines, which are the most exposed to damages and to determine the product range and numbers of critical spare parts of the storage indispensable for correct functioning of a roasting company. In order to carry out this purpose, FMEA method was applied (in English Failure mode and effects analysis) which enables the amount of damages analysis.

**Key words:** spare part, spare parts storage, roasting company, FMEA method

### Adres do korespondencji:

Aleksandra Rewolińska; e-mail: [aleksandra.rewolinska@put.poznan.pl](mailto:aleksandra.rewolinska@put.poznan.pl)  
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych  
Politechnika Poznańska  
ul. Piotrowo 3  
60-965 Poznań