

AWARYJNOŚĆ PRZESIEWACZY W PROCESIE WYDOBYWCZYM WĘGLA KAMIENNEGO

SCREENS FAILURES IN THE PROCESS OF HARD COAL MINING

Andrzej Figiel – Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Politechnika Wrocławska
Grzegorz Wota – Zakład Urządzeń Technicznych WAMAG S.A., Wałbrzych

Przesiewacze wibracyjne stanowią jedno z ważniejszych ogniw w ciągu technologicznym pozyskiwania węgla. Jednym z najważniejszych wymagań stawianych przez ich użytkowników tj. kopalnie węgla kamiennego – oprócz zapewnienia określonej wydajności – jest zapewnienie wysokiej ich niezawodności. Jest to o tyle zadaniem złożonym, gdyż każdorazowo należy uwzględnić niekorzystny wpływ środowiska w jakim muszą one pracować. W artykule przedstawiono wyniki badań uszkodzeń dziewięciu przesiewaczy wibracyjnych eliptycznych eksploatowanych w latach 2000-2010 w kilku kopalniach. Przeprowadzone analizy wyników dają także pewien obraz jakości tych przesiewaczy.

Vibrating screens are one of the most important links in technological chain of coal excavation. One of the most important things for hard coal mines exploiting screens, apart from their efficiency, is high reliability. It is very complicated aspect because it is necessary to take into consideration unfavorable impact of environment in which machines are operating. Results of research into failures of nine elliptic vibrating screens exploited in 2000-2010 in several mines are presented in the paper. Results analysis shows the quality of screens.

Wprowadzenie

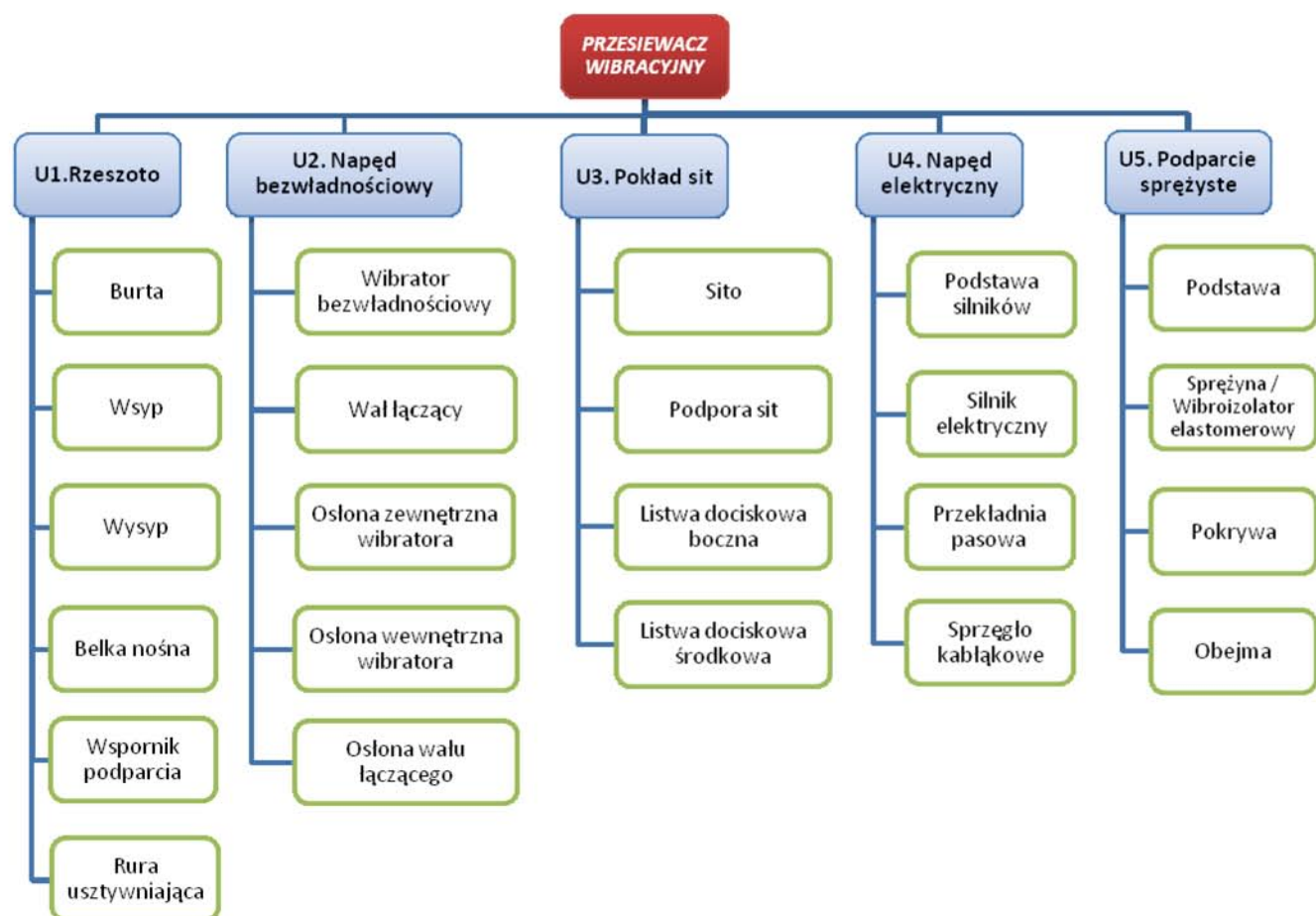
W procesie wydobywania węgla kamiennego jednym z istotnych elementów ciągu technologicznego są przesiewacze. Przesiewacze wibracyjne mają zastosowanie w zakładach mechanicznej przeróbki węgla, zarówno do klasyfikacji końcowej sortymentów, jak również do odwadniania mułów węglowych [1,7]. Przesiewacze, ze względu na specyfikę warunków eksploatacji muszą charakteryzować się wysoką sprawnością i bezawaryjnością oraz wydajnością, zapewniającą ciągłość procesu. Wymagania takie są stawiane również ze względu na stale rosnące koszty przestojów oraz napraw przesiewaczy [1]. Awaria tych urządzeń powoduje „wyłączenie” całych ciągów technologicznych. Kluczowym zatem zadaniem utrzymania ruchu ciągu technologicznego jest zapewnienie maksymalnej ciągłości pracy eksploatowanych przesiewaczy. Stąd też konieczność oceny dotychczasowego procesu użytkowania tych urządzeń w postaci ich charakterystyk ocenowych niezawodności. W oparciu o wyniki badań możliwa staje się weryfikacja i optymalizacja konstrukcji przesiewaczy wibracyjnych, w celu zwiększenia niezawodności przesiewaczy [2]. W artykule przedstawiono wyniki badania niezawodności przesiewaczy wibracyjnych produkcji Zakładu WAMAG S.A. w Wałbrzychu eksploatowanych w polskich kopalniach węgla kamiennego.

Badania niezawodności przesiewaczy

Badania niezawodności przeprowadzono dla dziewięciu przesiewaczy wibracyjnych eliptycznych typu PWE w oparciu o dane jakie uzyskano bezpośrednio od użytkowników tych maszyn. W tabeli 1 scharakteryzowano wszystkie badane przesiewacze. W celu prawidłowego przeprowadzenia badań niezawodnościowych danego obiektu technicznego należy określić szczegółowość jego dekompozycji. Strukturę funkcjo-

nalną określa się jako sposób połączeń elementów składowych niższego szczebla dekompozycji w celu spełnienia wspólnego, nadrzędnego zadania [3,4]. Wobec tego dekompozycja obiektu technicznego powinna przebiegać w taki sposób, aby wszystkie wyróżnione zespoły spełniały swoje zadania, czyli służyły wykonywaniu głównej, założonej dla przesiewacza wibracyjnego funkcji, czyli klasyfikacji materiałów ziarnistych. Podstawowe poziomy dekompozycji obiektu technicznego stanowią zespoły, podzespoły, węzły konstrukcyjne oraz elementy nierozbieralne. Struktura funkcjonalna niższego poziomu musi obejmować wszystkie ogniwa i jednocześnie żadne z ogniw nie może wystąpić w strukturze więcej niż raz. [5] Taki sposób dekompozycji pozwala zarówno na rzetelną ocenę stanu technicznego obiektu poddanego badaniom niezawodności oraz na zastosowanie w analizie konstrukcji do precyzyjnego określenia słabych ogniw [6]. Schemat pokazany na rysunku 1 przedstawia dekompozycję typowego przesiewacza wibracyjnego na zespoły i podzespoły.

Za kryterium podziału przesiewacza na poszczególne poziomy dekompozycji przyjęto warunek spełnienia przez każdy zespół konkretnej funkcji. Według tak zadanego kryterium – rzeszoto ma za zadanie prowadzenie strugi nadawy po pokładzie sitowym, napęd bezwładnościowy wymusza ruch drgający całego przesiewacza, pokład sitowy ma za zadanie rozdział materiału na żądane frakcje, napęd elektryczny dostarcza energię do układu i służy do napędu przesiewacza, natomiast podparcie sprężyste ma za zadanie tłumienie drgań i ich oddziaływanie na konstrukcję wsporczą. Z kolei kryterium podziału zespołów na poszczególne podzespoły jest czysto konstrukcyjne i wynika bezpośrednio z dokumentacji technicznej. Natomiast dekompozycja podzespołów na elementy opracowana została w oparciu o obserwację eksploatacji przesiewaczy, doświadczenie i praktykę użytkowników oraz ekonomiczność i racjonalność naprawy lub wymiany danego elementu.

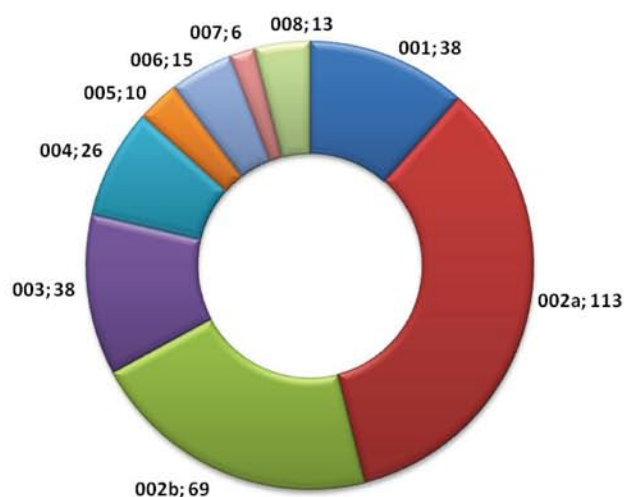


Rys. 1. Struktura funkcjonalna przesiewacza wibracyjnego
Fig. 1. Functional structure of vibrating screen

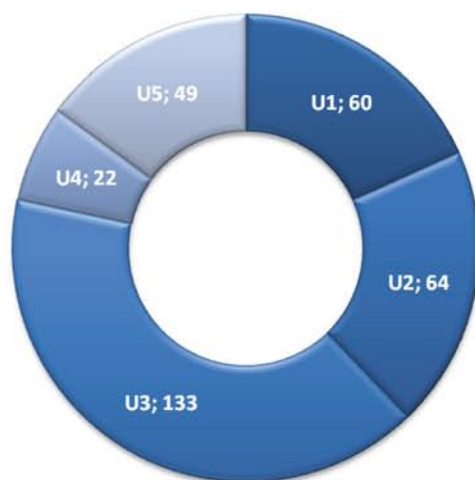
Uszkodzenia przesiewaczy

Na poziomie pojedynczego elementu przesiewacza, za uszkodzenie uznaje się jego zniszczenie. Jest to spowodowane stopniem zabudowania każdego ze zdefiniowanych elementów, co powoduje trudności w ocenie jego stanu w trakcie normalnej eksploatacji i codziennych przeglądów. Z kolei biorąc pod uwagę podzespół, to za jego uszkodzenie przyjmuje się niemożność wykonywania przezeń założonych zadań. Podobnie rzecz się

ma na poziomie zespołu, gdzie za uszkodzenie uznaje się utratę przez niego zdolności do spełnienia przypisanej mu funkcji, a także zakłócenia w ich funkcjonowaniu. Przesiewacz wibracyjny w ujęciu całościowym należy rozpatrywać jako obiekt o strukturze progowej, w którym uszkodzenie przesiewacza następuje po uszkodzeniu k z n elementów, gdzie $k < n$ [5]. Struktura taka charakteryzuje się tym, że można zaobserwować kilka drobnych, mało znaczących uszkodzeń, jak na przykład wytarcie się okładzin ściernych wysypu i wysypu, uszkodzenia



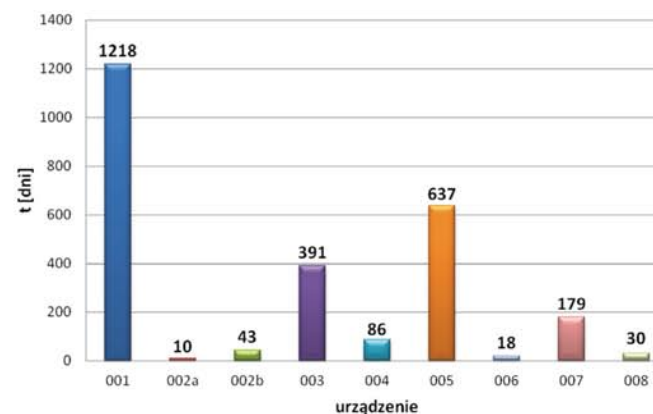
Rys. 2. Liczba uszkodzeń przesiewaczy (nr przesiewacza; liczba uszkodzeń) [8]
Fig. 2. Number of screen failures (screen no., number of faults)



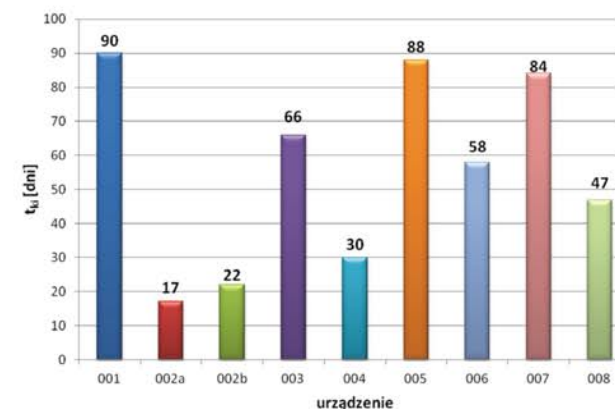
Rys. 3. Liczba uszkodzeń zespołów przesiewaczy [8]
Fig. 3. Number of screen assemblies faults [8]

Tab. 1. Wykaz maszyn poddanych badaniom niezawodności [9]
 Tab. 1. List of machines subjected to tests on reliability [9]

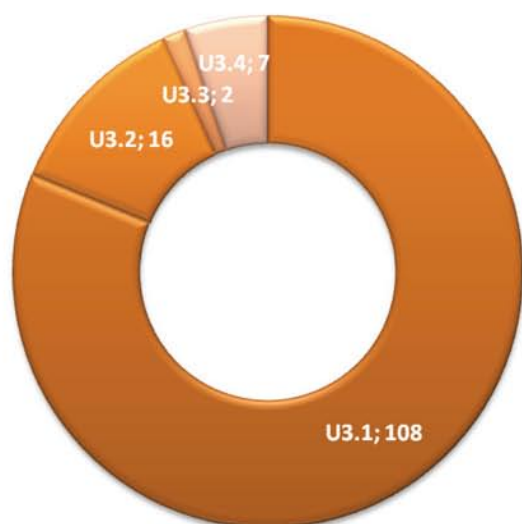
NR Z URZĄDZENIA	TYP MASZYN	ROK PRODUKCJI	SYSTEM EKSPLOATACJI	WARUNKI EKSPLOATACJI	RYSUNEK ZŁOŻENIOWY	NAPĘD BEZWŁADNOŚCIOWY	POKŁAD SITOWY	NAPĘD ELEKTRYCZNY	PODPARCIE SPRĘŻYSTE
001	PWE1-1,5x4,5	2000	ZMPW KWK Marcel	odwadnianie	W71.263	WB80 W71.053-02/1	PUR s=2 mm kołkowe	2x5,5 kW 960 obr/min	2 x 160/24x390
002a	PWE2-2,8x5,25	2000	ZMPW KWK Wiczeżerek	klasyfikacja końcowa	W71.249	WB150 W71.249-02	blaszane 6 kt. 20 mm stalowe s=1 mm	2x22 kW 650 obr/min	3 x 210/30x410
002b	PWE2-2,8x5,25	2000	ZMPW KWK Wiczeżerek	klasyfikacja końcowa	W71.249	WB150 W71.249-02	blaszane 6 kt. 20 mm stalowe s=1 mm	2x22 kW 650 obr/min	3 x 210/30x410
003	PWE1-2,2x5,25	2003	ZMPW KWK Marcel	klasyfikacja końcowa	W71.225	WB100 W71.055-02/2	PUR s=2 mm kołkowe	2x11 kW 960 obr/min	wibroizolator elastomerowy nr 2
004	PWE2-1,5x4,5	2006	ZMPW ZG Sobieski	klasyfikacja końcowa	BPP-10G-011	WB100m W71.256-02	blaszane #80x80 mm blaszane #50x50 mm	2x7,5 kW 960 obr/min	2 x 160/24x390
005	PWE2-1,8x6,0	2006	ZMPW ZG Sobieski	klasyfikacja końcowa	BPP-10G-012	WB110W BPP-10G-012-02	blaszane Qd30-60mm blaszane Qd20-40mm	2x15 kW 733 obr/min	3 x 160/24x390
006	PWE1-2,2x5,25	2007	ZMPW KWK Marcel	klasyfikacja końcowa	W71.225	WB100 W71.055-02/2	PUR s=2 mm kołkowe	2x11 kW 960 obr/min	3 x 160/24x390
007	PWE1-3,0x5,25	2008	ZMPW KWK Wujek	odwadnianie	BPP-10G-024	WB130WM BPP-10G-024-02	PUR s=1 mm nabijane	2x15 kW 850 obr/min	3 x 210/30x410
008	PWE1-2,0x5,0	2009	ZMPW ZG Sobieski	odwadnianie	WA-2030	WB100 W71.272-02	PUR samonośne s=0,3 mm	2x11 kW 960 obr/min	3 x 160/24x390



Rys. 4. Czas zdatości przesiewaczy do wystąpienia uszkodzenia [8]
Fig. 4. Time of screens ability until failure occurs

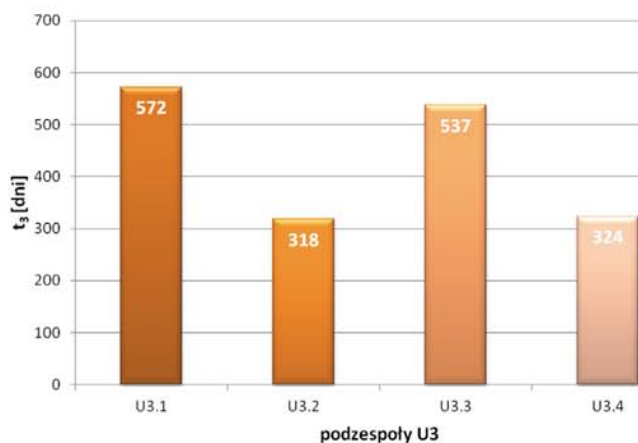


Rys. 5. Średni czas zdatości między dwoma kolejnymi uszkodzeniami [8]
Fig. 5. Average time of ability between two following failures [8]

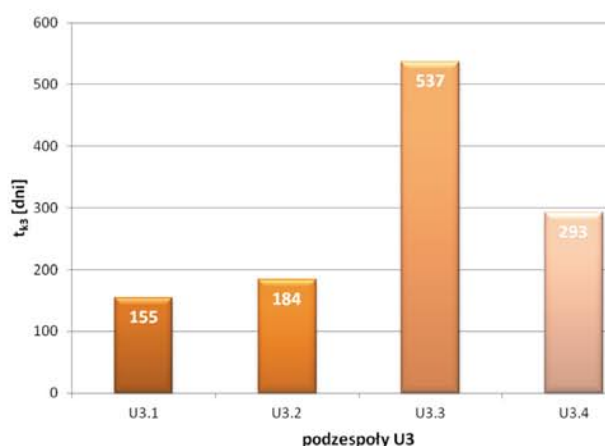


Rys. 6. Liczba uszkodzeń pokładu sitowego; U3.1 – sito, U3.2 – podpora sit, U3.3 – listwa dociskowa boczna, U3.4 – listwa dociskowa środkowa [8]
Fig. 6. Number of screen decks failures; U3.1- screen, U3.2- support, U3.3 – side strip, U3.4- middle strip [8]

mostków pomiędzy otworami sit, zalepianie się szczelin sit. Dopiero jednoczesne wystąpienie pewnej granicznej liczby tych drobnych uszkodzeń ma wpływ na funkcjonowanie podstawowych zespołów przesiewacza, obniżając na przykład skuteczność przesiewania czy zdolność tłumienia drgań. Na rysunku 2 pokazano wyniki badań liczby uszkodzeń przesiewaczy w latach 2000-2010, a na rysunku 3 liczbę uszkodzeń ich zespołów. Analizie poddano też czas zdatości przesiewaczy do



Rys. 7. Średni czas zdatości podzespołów zespołu sitowego: U3.1 – sito, U3.2 – podpora sit, U3.3 – listwa dociskowa boczna, U3.4 – listwa dociskowa środkowa [8]
Fig. 7. Average time of ability of screen assembly elements U3.1- screen, U3.2- screens support; U3.3 – side strip, U3.4- middle strip [8]



Rys. 8. Średni czas zdatości między dwoma uszkodzeniami podzespołów zespołu sitowego: U3.1 – sito, U3.2 – podpora sit, U3.3 – listwa dociskowa boczna, U3.4 – listwa dociskowa środkowa [8]
Fig. 8. Average time of ability between two following failures of screen assembly U3.1- screen, U3.2- screens support; U3.3 – side strip, U3.4- middle strip [8]

wystąpienia pierwszego uszkodzenia (rys. 4) oraz średni czas zdatości między dwoma kolejnymi uszkodzeniami przesiewaczy (rys. 5). Analiza wyników badań wskazuje, że najczęściej ulegał uszkodzeniom pokład sitowy. Stąd dokonano analizy uszkodzeń dla tego zespołu. Wyniki tych badań pokazano na rysunkach 6 – 8.

Wnioski i podsumowanie

Zebrane do badań informacje od użytkowników pokazują rzeczywiste problemy i potrzeby, jakie występują w trakcie procesu użytkowania przesiewaczy wibracyjnych. W analizowanym okresie eksploatacji (lata 2000-2010) przesiewacze należące do próbkki badawczej uszkadzały się w sumie trzysta dwadzieścia osiem razy, co daje średnio pięćdziesiąt sześć dni bezawaryjnej pracy pomiędzy kolejnymi stanami niezdatności. Natomiast średni czas do wystąpienia pierwszego uszkodzenia, to w przypadku badanej próbkki wyrobów dwieście dziewięćdziesiąt dni, czyli prawie dziesięć miesięcy. Przyjmując średni dobowy czas eksploatacji przesiewacza na poziomie $16 \div 20$ godz., to urządzenie wyprodukowane przez WAMAG S.A., do czasu wystąpienia uszkodzenia może być

eksploatowana przez $4600 \div 5800$ [rbh]. Wyniki jednoznacznie pokazują, że najczęstszą przyczyną przestojów maszyny jest uszkodzenie pokładu sitowego, w przypadku którego średni przebieg pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami posiada wartość najmniejszą i wynosi sto dwanaście dni. Również rozpatrując okres eksploatacji objęty warunkami gwarancji tj. okres dwóch lat, wyniki pokazują, że dla zespołu pokładu sitowego prawdopodobieństwo uszkodzenia wynosi $P = 0,01267$. Takie wyniki mają swoje uzasadnienie, bowiem pokład sit jest tym zespołem przesiewacza, który spełnia podstawową funkcję rozdziału ziarna nadawy [7]. Tym samym jest najbardziej narażony na działanie czynników powodujących jego starzenie, czyli ścieranie, zużycie zmęczeniowe czy korozję. Jednak najszybciej spośród podzespołów pokładu sitowego uszkodzeniu ulegają nie sita lecz ich podpory oraz listwy dociskowe środkowe. O ile jednak w przypadku listew dociskowych środkowych jest to wynik zrozumiały, ze względu na ich miejsce zamontowania, o tyle dość niski wynik (trzysta osiemnaście dni) w przypadku podpór sit wskazuje na zasadność weryfikacji rozwiązań konstrukcyj-

nych, stosowanych materiałów lub jakości produkcji tychże. Przeprowadzone badania umożliwiły wyznaczenie podstawowych wskaźników niezawodnościowych i dały pewien obraz na jakość produkowanych maszyn. Opracowane statystycznie wyniki, w odniesieniu do kilku podzespołów potwierdziły dotychczasową praktykę zawodową, a w przypadku innych skłaniają do zastanowienia się i weryfikacji dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych. Wnioski płynące z badań powinny mieć swoje odzwierciedlenie zarówno w opracowywanej dokumentacji konstrukcyjnej, jak i technologii oraz produkcji nowych maszyn. Niektóre spostrzeżenia zawarte w powyższym opracowaniu powinny również znaleźć się w dokumentacji techniczno-ruchowej nowo produkowanych przesiewaczy – i to zarówno w części dotyczącej elementów szybkozysuwających się, które nie są objęte warunkami umowy gwarancyjnej, jak też w katalogu części zamiennych, gdzie proponowany jest minimalny zapas elementów zapasowych, które powinny gwarantować ciągłość eksploatacji.

Literatura

- [1] Banaszewski T., *Przesiewacze*, Wydawnictwo „Śląsk”, Kraków 1990
- [2] Figiel A., Skomra Z., Wota G., *Wybrane aspekty modernizacji układów przesiewania węgla*, Górnictwo Odkrywkowe Nr 4-5, Wrocław 2009
- [3] Gołabek A., *Niezawodność autobusów*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1993
- [4] Gołabek A., *Eksploatacja i niezawodność maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1988
- [5] Konieczny J., *Podstawy eksploatacji urządzeń*, Wydawnictwo MON, Warszawa 1975
- [6] Kopociński B., *Zarys teorii odnowy i niezawodności*, PWN, Warszawa 1973
- [7] Sztaba K., *Przesiewanie*, Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1993
- [8] Wota G., *Badanie niezawodności przesiewaczy wibracyjnych produkcji WAMAG S.A.*, praca dyplomowa magisterska, promotor: dr inż. A. Figiel
- [9] materiały firmy WAMAG S.A.

Artykuł recenzowali prof. dr hab. inż. Dionizy Dudek

dr hab. inż. Franciszek W. Przystupa, prof. PWr

Rękopis otrzymano 16.08.2011 r. *2234



Cykl: prolog do konstrukcji...