



Trwałość taśmy przenośnikowej użytkowanej w zakładach przeróbki kopalń węgla kamiennego

Service life of conveyor belts used in conveyors being in operation at coal preparation plants

Aleksander LUTYŃSKI¹⁾

¹⁾ Dr hab. inż., prof. Politechniki Śląskiej; Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Katedra Przeróbki Kopalni i Utylizacji Odpadów; ul. Akademicka 2, 44-101 Gliwice, tel.: (+48-32) 237-11-35, 237-27-51, e-mail: lutyagm1@polsl.gliwice.pl

RECENZENCI: Mr David PEATFIELD, I. Eng.; Prof. dr hab. inż. Monika HARDYGÓRA

Streszczenie

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki analizy trwałości taśm, które użytkowane były w przenośnikach zakładów przerobczych pięciu kopalń węgla kamiennego. Prezentowane dane dotyczące pięcioletniego okresu lat osiemdziesiątych porównano z danymi pięcioletniego okresu lat dziewięćdziesiątych. Dla jednej z kopalń dokonano analizy wpływu wybranych parametrów przenośników taśmowych na trwałość zainstalowanych na nich taśm.

Summary

The paper presents results of an analysis of the service life of belts used in conveyors operated at coal preparation plants attached to five hard coal mines. The analysis covered two five years` periods: one in the 1980s and in the 1990s. The obtained data have been compared. In the case of one of the coal mines under investigation, the effect of selected parameters of belt conveyors on the service life of belts incorporated in these conveyors has been analysed.

1. Wprowadzenie

Poprawa efektywności funkcjonowania kopalni węgla kamiennego, wiążąca się na ogół z obniżaniem kosztów wydobywania, wymusza konieczność dogłębnych analiz tych kosztów, które są generowane w każdym ogniwie procesu produkcyjnego. Wyniki takich analiz tworzą podstawy działań pozwalających na osiągnięcie zamierzonego celu. Jednym z ogniw procesu produkcyjnego kopalni jest transport urobku zarówno pod ziemią, jak i na powierzchni kopalni, a w tym w obrębie zakładu przerobczego. Transportowi urobku przypisać można koszty, których jednym ze składników jest zużycie taśmy przenośnikowej [2]. Jest ona odnawiana kolejnymi zakupami, a znajomość wielkości tych zakupów w dalszym horyzoncie czasowym usprawnia planowanie i gospodarkę materiałową kopalni.

W niniejszym artykule podjęto problem trwałości taśmy przenośnikowej użytkowanej w przenośnikach zakładów przerobczych pięciu kopalń, które należały w minionym okresie do jednej spółki węglowej. Jedna z analizowanych kopalń posiada dwa zakłady przerobcze. W przeprowadzanej analizie przenośniki obu zakładów rozpatrywano łącznie uznając, że warunki i metody ich eksploatacji w obszarze jednej kopalni są niemal identyczne.

Analizę trwałości taśmy i jej zużycia w wyniku eksploatacji odniesiono do masy przeniesionego urobku i przeprowadzono dla dwóch pięcioletnich okresów. Pierwszy okres obejmował lata 1981 do 1985 a drugi lata 1991 do 1995.

1. Introduction

As there is an urgent need for hard coal mines to raise effectiveness of functioning of the mines while reducing costs, it is necessary to analyse thoroughly the costs generated at each stage of the production process. Results of such analyses provide the basis which allows suitable measures to be taken to realize the planned target. The transportation of run-of-mine coal both in underground workings and on the surface of a mine, and also within a coal preparation plant, is one of stages of the coal production. One of the components of costs incurred when conveying the run-of-mine coal is wear of a conveyor belt [2]. The replacement of worn belts involves successive purchases of new belts. When the volume of these purchases is known, it is possible to improve the materials planning and management at a coal mine.

A problem relating to the service life of conveyor belts incorporated in conveyors in use in coal preparation plants on five coal mines, which previously had been grouped in one coal company, has been dealt with in this paper. One of the coal mines under analysis has two coal preparation plants. Seeing that conditions and procedure of the operation of conveyors installed in the two coal preparation plants, situated within one coal mine, are almost identical, conveyors of these coal preparation plants are analysed jointly.

The service life of a belt and its wear, resulting from the operation, have been related to the volume of the run-of-mine coal conveyed and analysed for two five years` periods. The first period covered the

Wyniki tak przeprowadzonej analizy prezentują więc także pewne trendy zmian zachodzących na przestrzeni czasu, w którym dokonywano analizy.

O skali omawianego zagadnienia świadczy kilka podanych wielkości. W systemach przenośników taśmowych analizowanych zakładów przerobczych pięciu kopalń zainstalowane było w 1996r 70 870 m² taśmy. W analizowanym roku średnia cena metra kwadratowego taśmy wynosiła 194 zł.

Tak więc wartość zainstalowanej na przenośnikach taśmy wyniosła 13,75 mln zł, a w latach 1993 – 1995 koszt zakupu taśm w tych kopalniach wynosił średnio 2,15 mln zł rocznie.

2. Opis badanych przenośników

W przeprowadzonych badaniach uznano, że warunki pracy przenośników taśmowych w poszczególnych zakładach przerobczych są porównywalne. Każdy zakład posiada oddziały przygotowania węgla, sortownię, płuczkę, obieg wodno mułowy. W jednym zakładzie istnieje oddział flotacji.

W analizowanych zakładach przerobczych pięciu kopalń oznaczonych numerami od 1 do 5 pracowało w końcu 1995 r. odpowiednio: w kopalni 1 – 207 przenośników, w kopalni 2 – 95 przenośników, w kopalni 3 – 120 przenośników, w kopalni 4 – 96 przenośników i w kopalni 5 – 101 przenośników.

Przenośniki taśmowe eksploatowane w zakładach przerobczych charakteryzowały się stosunkowo niewielkimi długościami i prędkościami taśmy oraz dość znacznymi różnicami szerokości taśmy. Przeciętna długość przenośnika w analizowanych zakładach przerobczych wynosiła poniżej 40 m. Szerokości taśm zainstalowanych na przenośnikach wynosiły od 800 do 2000 mm, co jest pełnym typ szeregiem taśm produkowanych dla potrzeb górnictwa węgla kamiennego, a jej prędkości zawierała się w granicach od 0,8 do 2,0 m/s. Napęd przenośników zakładów przerobczych jest na ogół jednobębnowy. Bardzo rzadko, w przenośnikach o większych długościach, spotykany jest napęd dwubębnowy. Podobnie jest ze sposobem napinania taśmy. Na ogół jest ona napinana mechanizmem śrubowym działającym na bęben zwrotny. W nielicznych przypadkach dłuższych przenośników taśma napinana jest urządzeniami ciężarowymi.

3. Sposób prowadzenia badań i wyniki analizy trwałości taśm

Badania trwałości taśm przenośnikowych przeprowadzono w oparciu o ewidencje i opisy sporzą-

years 1981 – 1985 and the second period covered the years 1991 – 1995.

Results of the so performed analysis illustrate some trends in changes occurred within the space of time being analysed.

Several quantities, that have been presented, are indicative of the importance of the problem dealt with. In 1996, there were 70 870 m² of belts incorporated in belt conveyor systems of coal preparation plants situated at five coal mines under analysis. At that time, i.e. in 1996, the average price of a square meter of belt was 194 Zł.

Thus, the value of belts mounted on conveyors figured 13.75 millions Zł. In the years 1993 – 1995 the annual costs of belts purchased by these coal mines amounted to 2.15 millions Zł on the average.

2. Description of conveyors under investigation

When carrying out the tests, it has been found that conditions, under which belt conveyors are operated in particular coal preparation plants, are comparable. Each coal preparation plant has various departments for processing of the coal, a screening plant, a washer, a water – slurry circuit. A flotation department is included in one coal preparation plant.

Late in the year 1995, in coal preparation plants of the five coal mines under analysis, designated with numbers from 1 to 5, there were operated, respectively, in coal mine no 1 – 207 conveyors, in coal mine no 2 – 95 conveyors, in coal mine no 3 – 120 conveyors, in coal mine no 4 – 96 conveyors and in coal mine no 5 – 101 conveyors.

The belt conveyors, operated at coal preparation plants, were characterized by relatively small lengths of belts running at relatively low speeds and by considerable differences in belt widths. The average length of conveyors installed in coal preparation plants under analysis was below 40 m. The widths of belts incorporated in conveyors ranged from 800 to 2000 mm, covering the complete series of types of belts being manufactured for coal mining applications. The belt speeds were contained within the range from 0.8 to 2.0 m/s. Conveyors operated in coal preparation plants are, in general, fitted with a single-drum drive. A double-drum drive is found very rarely in longer conveyors. As regards the method of belt tensioning, it is usual to tension a belt with the aid of a screw gear acting on a return drum. In few cases of longer conveyors a belt is tensioned by means of weight adjusters.

3. Methodology of investigations and results of an analysis of the service life of belts

Testing of the service life of conveyor belts has been carried out on the basis of records and

dzone przez różne działy ruchu kopalni, w tym głównie przez dozór zakładów przerobczych.

W pierwszym etapie badań dokonano inwentaryzacji sumarycznej długości taśmy (L_c) zainstalowanej na wszystkich użytkowanych przenośnikach ciągów transportowych w kolejnych latach i poszczególnych zakładach przerobczych. Jednocześnie zinwentaryzowano sumaryczne długości taśmy nowej (L_w) wymienianej na przenośnikach w poszczególnych latach i zakładach przerobczych. Były to stany na koniec każdego roku kalendarzowego. Przykładowe dane za lata 1991 do 1995 zaprezentowano w Tabeli 1.

Tablica 1

Sumaryczne długości taśmy użytkowanej i nowej, wymienionej w ciągach transportowych poszczególnych zakładów przerobczych w latach 1991 – 1995, m

Rok Year	Kopalnia 1 Coal Mine No 1		Kopalnia 2 Coal Mine No 2		Kopalnia 3 Coal Mine No 3		Kopalnia 4 Coal Mine No 4		Kopalnia 5 Coal Mine No 5	
	L_c	L_w	L_c	L_w	L_c	L_w	L_c	L_w	L_c	L_w
1991	27008	2245	6245	1954	10824	2611	10281	1215	7810	1997
1992	26273	1335	5831	2224	10852	2843	10337	2342	7829	2008
1993	25561	2180	5700	1913	10873	1610	10337	2228	7710	1809
1994	24146	1917	5319	1835	11019	2714	10855	1856	7600	1915
1995	23863	2255	5029	1867	11135	1608	10935	2417	7395	1616

Masę przetransportowanego taśmami urobku określano szacunkowo na podstawie zapisów ksiąg raportowych zakładu przeróbki. Parametry techniczne, charakteryzujące przenośniki i istotne dla analizy, takie jak: długość przenośnika, szerokość i prędkość taśmy, parametry charakteryzujące warunki pracy przenośników: liczba przepracowanych godzin w ciągu dnia i liczba dni roboczych w roku kalendarzowym oraz informacje o wymianach taśm przenośnikowych, a więc data wymiany taśmy i jej ilość uzyskano od służb zakładów przeróbki. Dane o ilości wymienianej na przenośniku taśmy weryfikowano w dziale gospodarki materiałowej. W wykonywanej analizie nie uwzględniono wymian taśm, które pozyskiwano, w wyniku zabiegów modernizacyjnych zakładu, z przenośników likwidowanych. Informacje takie były bardzo trudne do zweryfikowania, a ich skala, poza wyjątkiem kopalni 1, nie była znacząca. Świadczą o tym dane o zmianach sumarycznej długości taśmy przenośnikowej zamieszczone w Tabeli 1.

Z uwagi na znaczną ilość czynników zarówno eksploatacyjno-ruchowych, jak i materiałowych, proces zużycia taśmy przenośnikowej w wyniku jej użytkowania uznać należy jako złożony. Użytkowana w przenośniku taśma zużywa się nierówno-

descriptions drawn up by different departments of a coal mine, in the main by the supervisory staff of coal preparation plants.

The first stage of investigations consisted in a summary listing of the length of belts (L_c) mounted on all conveyors of transportation systems being in use in particular coal preparation plants in successive years. At the same time summary lists of lengths of new belts (L_w), which replaced the worn belts, were drawn up for particular coal preparation plants and particular years. The records reflected the status at the end of each calendar year. Examples of data illustrating the years 1991 – 1995 are contained in the Table 1.

Table 1

Summary lengths of belts being in operation and of new belts used in place of worn belts in transportation systems of particular coal preparation plants in the years 1991 – 1995, m

The volume of run-of-mine coal transported by means of belts has been estimated on the basis of entries in report books of coal preparation plants. Technical parameters characterizing the conveyors and being of essential importance for the analysis, such as: length and width of a conveyor, belt speed, as well as parameters characterizing the operating conditions of belt conveyors: a number of operation hours per day and a number of working days within a calendar year as well as the information about replacements of conveyor belts stating the replacement's dates and quantity of the belt being replaced, were furnished by the pertinent personell of the coal operation plants. Data on the quantity of belt replaced were verified by the department of materials management. The cases, when belts recovered due to modernization measures taken at the coal preparation plant or taken from conveyors being removed from the operation were used to replace the worn belts, have not been taken into consideration when performing the analysis as it was difficult to verify the information about such replacements. Apart from the coal mine no 1, the proportion of replacements of this type was not significant. This is evidenced by the data relating to changes in the summary length of conveyor belts as presented in Table 1.

miernie i w przenośnikach o większych długościach bardzo rzadko wymieniana jest w całości. Z taśmy zamontowanej na przenośniku usuwane są najbardziej zniszczone odcinki, które zastępowane są nowymi. Z tego względu trwałość taśmy dla wszystkich przenośników rozpatrywanych łącznie w jednym zakładzie przerobczym wyznaczyć można, dla badań prowadzonych w okresie jednego roku, korzystając z następującej zależności:

$$T_r = \frac{L_c}{L_w} \quad (1)$$

gdzie:

- T_r – trwałość taśmy przenośnikowej dla roku kalendarzowego, lata
- L_c – długość taśmy zainstalowanej w przenośnikach zakładu w danym roku, m
- L_w – sumaryczna długość taśmy wymienionej w okresie roku, m

Innym parametrem wyznaczanym w przeprowadzanej analizie dla każdego zakładu przerobczego był wskaźnik S_w zużycia odnoszonego do 1000 Mg przyniesionego przenośnikami urobku. Wskaźnik ten wyznaczano z następującej zależności:

$$S_w = \frac{L_w}{W} \quad (2)$$

gdzie:

- W – roczne wydobycie kopalni w tys. Mg.

Przedstawione powyżej wskaźniki wyznaczone dla poszczególnych lat i poszczególnych kopalń posłużyły do wyznaczenia ich wartości średnich, charakteryzujących zakład przerobczy danej kopalni podczas jednego i drugiego okresu obserwacji.

Porównanie wyznaczonych wskaźników charakteryzujących zużycie taśmy przenośnikowej pozwala na pewną ocenę warunków użytkowania przenośników jak i poziomu technicznego oraz organizacyjnego zakładów przeróbki poszczególnych kopalń. Pozwala również na ocenę zmian trwałości taśm, jakie zachodzą w dłuższych horyzontach czasu, co wiąże się głównie ze sposobem ich użytkowania.

Wyniki analizy trwałości taśm przedstawione zostały w poniższych tabelach. W Tabeli 2 przedstawiono trwałości taśm wyznaczone dla poszczególnych lat i poszczególnych zakładów przerobczych kopalń, zestawiając bezpośrednio dane z dwóch okresów prowadzenia badań. W ostatnim wierszu tej tabeli padano wartości średnie trwałości taśmy, wyznaczone dla poszczególnych, pięcioletnich okresów badań i poszczególnych kopalń.

Considering there area great number of factors, both operational and materials – related ones, it is necessary to recognize that the process of belt wear is complicated. A belt mounted in a conveyor does not wear out ta a uniform rate. It is rare for belts of long conveyors to be replaced as a whole. Only the most worn segments of a belt are removed and replaced by new ones. Therefore, the service life of a belt, as determined jointly for all conveyors of a given coal preparation plant for the purpose of investigations performed in the space of one year, can be calculated from the following relationship:

where:

- T_r – service life of a conveyor belt for the calendar year, years
- L_c – length of the belt installed in conveyors of coal preparation plant in a given year, m
- L_w – summary length of the belt replaced within a year, m

A wear index S_w related to 1000 Mg of run-of-mine coal conveyed on a belt was another parameter determined in the analysis. The following relationship served for determining this index:

where:

- W – yearly output of coal at a coal mine in thousand, Mg

The above presented indices, determined for particular years and for particular coal mines, provided the basis which allowed their mean values characterizing the coal preparation plant of a given mine in the course of the first five years` period and the other period under investigation to be found.

Through a comparison of the determined indices characterizing the wear of a conveyor belt it is possible to evaluate, in some extent, operating conditions of conveyors as well as a state of technology and organization of coal preparation plants of particular coal mines. Changes in the service life of belts that take place within longer spaces of time and are caused by the procedure of their operation can also be estimated.

Results of the analysis of belt service life are presented in tables below. The Table 2 shows data on the service life of belts determined for particular years and particular coal preparation plants so that data coming from the two periods under investigation are directly comparable. The last line of the table contains mean values of the service life of belts, determined for particular five years` periods and for particular coal mines.

Tablica 2

Trwałość taśm przenośnikowych T_r w zakładach przeróbki poszczególnych kopalń, lata

Table 2

Service life of conveyor belts operated at coal preparation plants of particular coal mines, years

Lata Years	Kopalnia 1 Coal Mine No 1	Kopalnia 2 Coal Mine No 2	Kopalnia 3 Coal Mine No 3	Kopalnia 4 Coal Mine No 4	Kopalnia 5 Coal Mine No 5
1981/1991	2,34/12,89	2,59/3,19	2,77/4,14	2,83/8,46	2,13/4,53
1982/1992	3,04/11,25	1,78/2,62	2,50/3,81	2,03/4,41	3,09/4,79
1983/1993	2,44/11,72	2,72/2,97	3,26/6,75	2,63/4,63	3,61/4,50
1984/1994	5,98/12,59	3,37/2,89	5,17/4,06	3,54/5,94	4,80/3,96
1985/1995	1,87/10,58	3,09/2,98	2,76/6,92	4,14/4,60	3,12/4,57
Średnio on the average 81-85/91-95	3,13/11,81	2,71/2,93	3,29/5,14	3,03/5,61	3,35/4,47

W Tabeli 3 zaprezentowane zostały wyniki analizy wskaźnika zużycia taśmy S_w na 1000 Mg przetransportowanego przenośnikami urobku, wyznaczone dla poszczególnych lat, w których prowadzono badania i poszczególnych zakładów przeróbki.

W ostatnim wierszu tej tabeli podano wartości średnie wskaźnika zużycia taśmy, wyznaczone dla poszczególnych, pięcioletnich okresów badań i poszczególnych kopalń.

Results of an analysis of wear indices of a belt related to 1000 Mg of run-of-mine coal conveyed on the belt, as determined for particular years, during which the investigation was carried out, and for particular coal preparation plants are presented in Table 3.

The last line of the table contains mean values of the service life of belts, determined for particular five years` periods and for particular coal mines.

Tablica 3

Wskaźnik zużycia taśmy S_w w zakładach przeróbki poszczególnych kopalń, m/1000Mg

Table 3

Wear index of a belt related to 1000 Mg of run-of-mine coal in coal preparation plants of particular coal mines, m/1000Mg

Lata Years	Kopalnia 1 Coal Mine No 1	Kopalnia 2 Coal Mine No 2	Kopalnia 3 Coal Mine No 3	Kopalnia 4 Coal Mine No 4	Kopalnia 5 Coal Mine No 5
1981/1991	2,22/0,48	2,53/1,07	0,88/0,46	0,66/0,28	1,00/0,34
1982/1992	1,36/0,47	3,59/1,15	0,75/0,49	0,96/0,56	0,59/0,35
1983/1993	1,45/0,44	2,30/0,99	0,77/0,31	0,93/0,51	0,44/0,35
1984/1994	0,590,36	2,69/0,98	0,54/0,49	0,54/0,41	0,40/0,37
1985/1995	2,02/0,48	1,970,89	0,76/0,30	0,46/0,50	0,77/0,30
Średnio on the average 81-85/91-95	2,02/0,45	1,97/1,02	0,76/0,41	0,46/0,45	0,77/0,34

W powyższych tabelach łatwo zauważyć, że wyniki uzyskane w badaniach zakładu przerobczego kopalni 1 w latach 1991 do 1995 różnią się istotnie od pozostałych. Wobec powyższego uzyskane dane poddano badaniu jednorodności testem sumy rang [1].

W teście sumy rang obliczana jest wartość statystyki:

From the above tables it appears that the results obtained during investigations performed in a coal preparation plant of the coal mine no 1 in the period 1991 – 1995 differ considerably from the rest of these results. This being so, the obtained data have been subjected to testing of homogeneity with the aid of a rang sum test [1].

In the rang sum test a value of statistics is calculated:

$$\chi^2_{k-1} = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{V_{\Sigma i}^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (3)$$

gdzie:

$V_{\Sigma i}$ – jest sumą rang każdego ciągu liczb opisujących trwałość taśmy przenośnikowej lub wskaźnika zużycia taśmy dla roku kalendarzowego w poszczególnych zakładach przeróbki,

$n = \sum n_i$ – jest liczbą realizacji zmiennych losowych, która w naszym przypadku, dla lat 1991 do 1995, wynosi 25.

Jeżeli weryfikowana hipoteza, głosząca jednorodność danych jest prawdziwa, to statystyka (3) ma asymptotyczny rozkład χ^2 o $k-1$ stopniach swobody. Z tablic rozkładu χ^2 dla przyjętego a priori poziomu ufności α i dla $k-1$ stopni swobody odczytujemy wartość krytyczną $\chi_a^2(k-1)$.

Jeżeli zachodzi $\chi_{(k-1)}^2 \geq \chi_a^2(k-1)$ to hipotezę głoszącą jednorodność danych odrzucamy. W przeciwnym przypadku brak jest podstaw do odrzucenia weryfikowanej hipotezy.

Badanie jednorodności wykazało, że wyniki kopalni 1 w latach 1991 do 1995 różniły się istotnie od wyników uzyskanych z pozostałych kopalń. Był to, jak wykazała weryfikacja, efekt zabiegów modernizacyjnych zakładu przeróbki, polegający między innymi na istotnej przebudowie dróg transportowych, co związane było z wykorzystaniem do wymian taśmy zużytej taśm pozyskanych z demontażu innych przenośników.

W przeprowadzanych badaniach wydawało się istotne poznanie wpływu wybranych, techniczno-ruchowych parametrów przenośników na analizowaną trwałość taśm. Do badań podporządkowanych temu celowi wybrano jeden z opisywanych powyżej zakładów przerobczych. Analizowano trzydzieści trzy przenośniki taśmowe. Z badań wyeliminowano przenośniki pracujące w sposób okresowy, dla których nie można było ustalić ilości cykli pracy taśmy przenośnikowej i obciążenia taśmy urobkiem. Były to na ogół przenośniki odstawiające urobek do punktów sprzedaży drobnej lub do zbiorników oraz przenośniki rezerwowe.

Uzyskane informacje o poszczególnych przenośnikach w wybranym losowo zakładzie przerobczym posłużyły do wyznaczenia rzeczywistej trwałości taśmy zainstalowanej na badanym przenośniku T_{rz} . Trwałość tą wyznaczano z zależności:

gdzie:

L_{cp} – długość taśmy zainstalowanej na przenośniku, m

where:

$V_{\Sigma i}$ – is a rang sum of each sequence of numbers describing the service life of a conveyor belt or the wear index of a belt for a calendar year in particular coal preparation plants,

$n = \sum n_i$ – is a number of realization of random variables which, in our case, for the years 1991 – 1995, figures 25.

If the hypothesis under verification, according to which the data are homogeneous, is true, the statistics (3) has an asymptotic distribution χ^2 with $k-1$ degrees of freedom. A critical value $\chi_a^2(k-1)$ is taken from χ^2 distribution tables for the assumed prior level of confidence and for $k-1$ degrees of freedom.

If $\chi_{(k-1)}^2 \geq \chi_a^2(k-1)$ occurs, the hypothesis of homogeneity of data is rejected. If not, there are no grounds to reject the hypothesis being verified.

Testing of the homogeneity has indicated that the results obtained in the coal mine no 1 from 1991 to 1995 differed considerably from results coming from the rest of coal mines. From the verification it follows that this should be attributed to modernization operations carried out in the coal preparation plant, which consisted, among others, in a significant reconstruction of transportation systems. The belts recovered from conveyors that had been removed were used to replace the worn belts in other conveyors.

When performing the investigations, it seemed to be of essential importance to identify the effect of selected technical and operational parameters of conveyors on the belt service life being analysed. One of the above described coal preparation plants has been chosen to serve for this purpose. The analysis covered thirty three belt conveyors. Conveyors operated in periods, for which it was impossible to determine the number of work cycles of a conveyor belt and the loading of the belt with run-of-mine coal, have been eliminated from investigation. This was the case of conveyors supplying the run-of-mine coal to retail sale stations or to reserve bunkers.

The information about particular conveyors collected at the random selected coal preparation plant provided the basis for determining the real service life of a belt installed in the conveyor being investigated T_{rz} . This service life was determined from the relationship:

$$T_{rz} = \frac{L_{cp}}{L_{wp}} \cdot t_b \quad (4)$$

where:

L_{cp} – length of a belt installed in a conveyor, m

L_{wp} – total length of belt replaced in the period of investigation, m

L_{wp} – łączna długość taśmy wymieniona w okresie badań, m

t_b – czas prowadzenia badania, lata

Czas badań wynosił 5 lat. Za wskaźniki charakteryzujące pracę taśmy na przenośniku uznano następujące:

C – liczbę cykli pracy (obiegów) taśmy,

W_p – masę nosiwa przetransportowanego przez przenośnik w okresie badań, Mg

WC – iloczyn masy nosiwa przetransportowanego przez przenośnik w okresie badań i liczby cykli pracy taśmy, Mg-cykle

TC – iloczyn masy nosiwa przetransportowanego w okresie badań na 1 m^2 taśmy i liczby cykli pracy taśmy, Mg-cykle/ m^2

Liczbę cykli pracy taśmy na przenośniku wyznaczano mając za podstawę długość przenośnika i prędkość jego taśmy.

Wykonane histogramy wyznaczonej trwałości taśmy w funkcji przedstawionych powyżej wskaźników charakteryzujących pracą przenośników wskazywały na potęgową funkcję regresji, co przyjęto za podstawę identyfikacji modelu trwałości taśmy. Stałe równań regresji wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów. Wyznaczony współczynnik korelacji R wskazał, z jaką dokładnością wyznaczone funkcje dopasowane były do wyników uzyskanych w badaniach trwałości taśmy.

Wyniki dokonanej analizy przedstawiono na rys. 1, 2, 3 i 4.

t_b – duration of investigation, years

The duration of the investigation was of 5 years. The following indices have been recognized as indices characterizing the work of a conveyor belt:

C – number of work cycles of a belt,

W_p – volume of the carried material that has been transported in the period of investigation, Mg

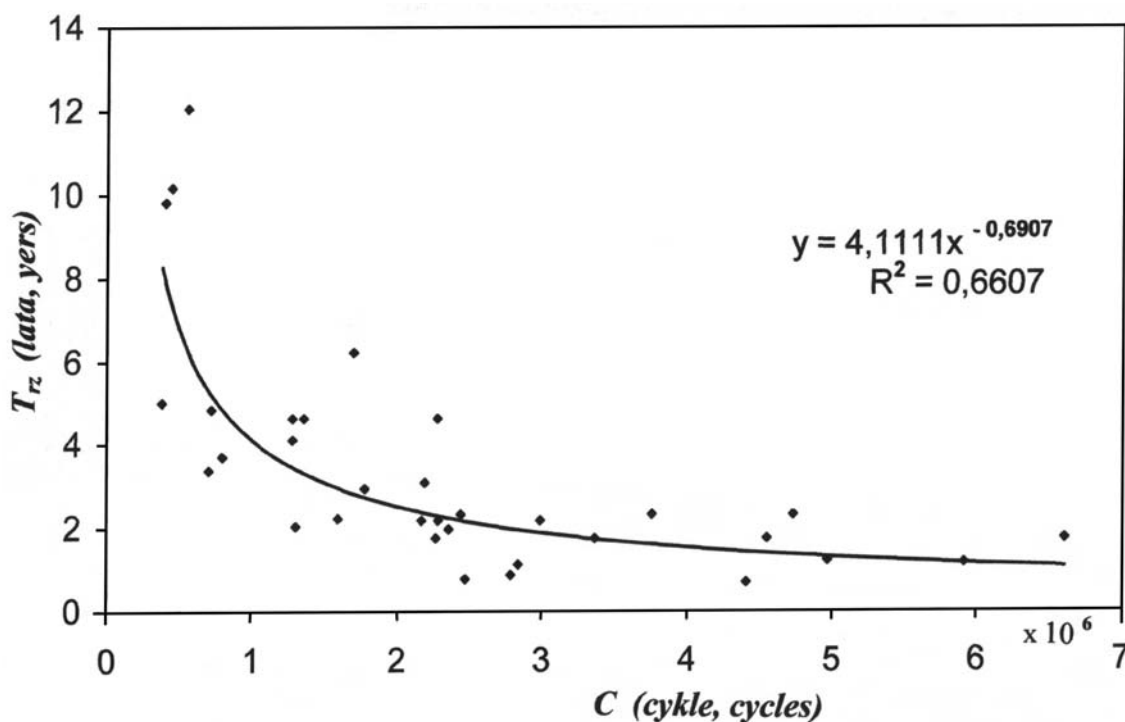
WC – product of volume of the carried material, that has been transported in the period of investigation, and of a number of work cycles of a belt, Mg-cycle

TC – volume of the carried material, that has been transported in the period of investigation. related to 1 m^2 of belt and a number of work cycles of the belt, Mg-cycle/ m^2

The number of work cycles of a conveyor belt was determined on the basis of the conveyor length and the speed of its belt.

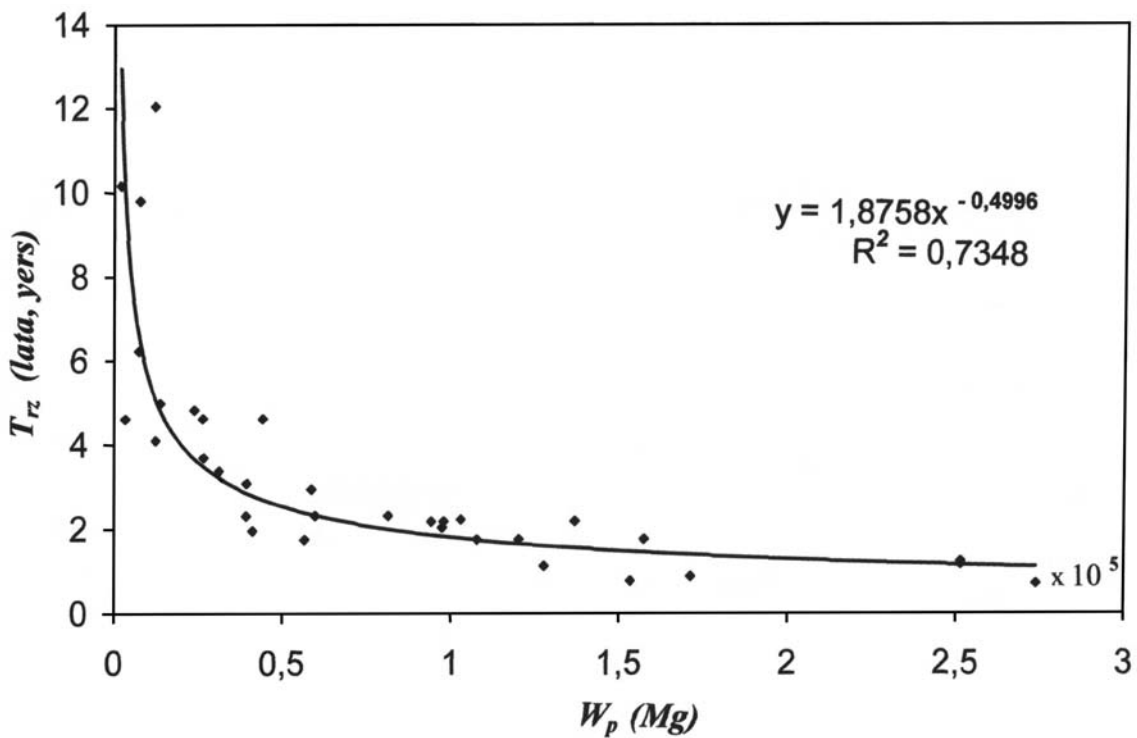
Bar charts of the determined service life of a belt versus the above presented indices characterizing the work of conveyors have been indicative as a regression of power function. This was taken for the basis to identify a model of the belt service life. Constants of the regression equations were determined by the least square method. The determined correlation coefficient R indicated an accuracy with which the determined functions corresponded to results obtained in the course of investigation of the belt service life.

Results of the performed analysis are shown in figures 1, 2, 3 and 4.



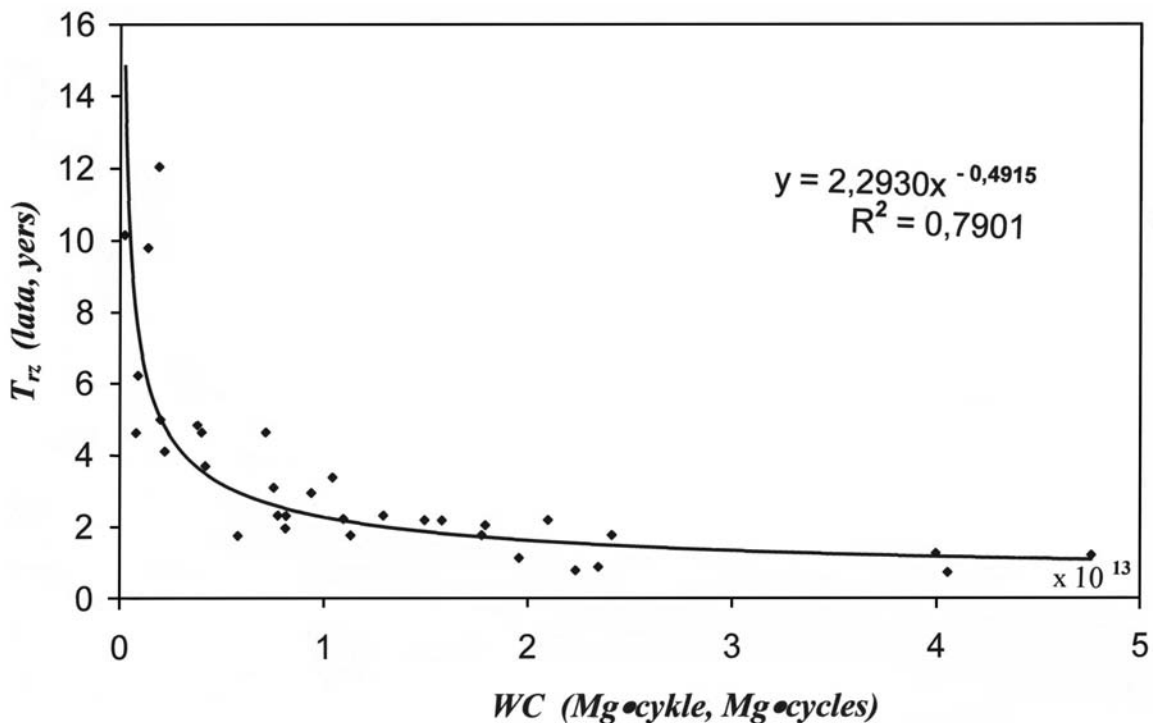
Rys.1
Trwałość taśmy T_{rz} w funkcji liczby cykli C pracy taśmy

Fig. 1
Belt service life T_{rz} versus number of work cycles C of a belt



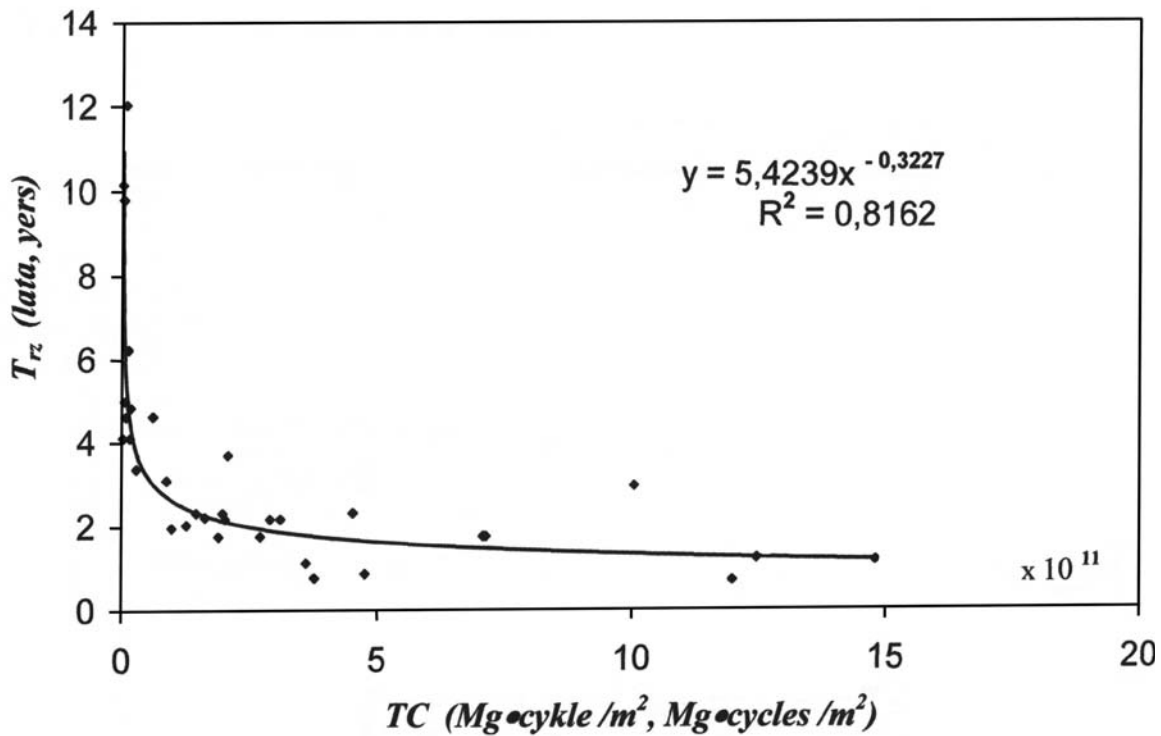
Rys. 2
Trwałość taśmy T_{rz} w funkcji masy nosiwa W_p przetransportowanego przez przenośnik w okresie badań

Fig. 2
Belt service life T_{rz} versus volume of the carried material W_p transported by a conveyor in the period of investigation



Rys. 3
Trwałość taśmy T_{rz} w funkcji iloczynu WC masy nosiwa przetransportowanego przez przenośnik w okresie badań i liczby cykli pracy taśmy

Fig. 3
Belt service life T_{rz} versus product of volume of the carried material, transported by a conveyor in the period of investigation, and a number of work cycles of the belt WC



Rys. 4
Trwałość taśmy T_z w funkcji iloczynu TC masy nosiwa przetransportowanego w okresie badań na 1 m^2 taśmy i liczby cykli pracy taśmy

Fig. 4
Belt service life T_z versus product of volume of the carried material, transported in the period of investigation, related to 1 m^2 of a belt and a number of work cycles of the belt TC

Jak łatwo zauważyć na przedstawionych powyżej rysunkach trwałość taśmy najlepiej opisać można mając za podstawę iloczyn masy nosiwa przetransportowanego na 1 m^2 taśmy i liczby cykli jej pracy.

4. Podsumowanie

Analizując wyniki uzyskane w badaniach trwałości taśm użytkowanych w zakładach przerobczych kopalń węgla kamiennego stwierdzić można, pomijając wyniki lat dziewięćdziesiątych w kopalni 1, że trwałość ta w poszczególnych zakładach wykazuje pewne tylko różnice. Jak się wydaje wynika to z odmiennych warunków i metod użytkowania. Występujące, czasami nawet dość istotne, różnice trwałości taśmy w poszczególnych latach w zakładzie jednej kopalni wynikać mogą z prowadzonej strategii wymian taśm i dokonywania jej zakupów oraz z różnego zakresu zabiegów modernizacyjnych zakładu.

Analizując wartości średnie trwałości taśm w poszczególnych okresach przeprowadzanych badań stwierdzić należy, że we wszystkich zakładach w latach dziewięćdziesiątych trwałość taśmy wydatnie wzrosła w porównaniu z okresem lat osiemdziesiątych. Wzrost ten wyniósł (pomijając kopalnię 1) od 55% do 34%.

From the above presented figures it is evident that the belt service life can be described when taking on the basis of the product of volume of the carried material transported, when related to 1 m^2 of the belt and the number of work cycles of the belt.

4. Summary

When analysing the results obtained in the course of investigation of the service life of belts used in coal preparation plants of coal mines, it can be stated that, apart from results coming from the coal mine no 1 obtained in the 1990s, there are only certain differences between particular coal mines. Most likely, this is to be attributed to different conditions and procedures of the operation of conveyors. Some essential differences in the belt service life, that occur from time to time in particular years at a coal preparation plant of one coal mine, can be derived from the realized strategy in the field of the replacement of belts and of belt purchases as well as from different range of modernization measures taken at the plant.

An analysis of mean values of the belt service life in particular periods of investigation indicates that in 1990s the belt service life considerably increased in comparison with 1980s. This applies to all coal preparation plants. This increase (apart from the coal mine no 1) ranged from 55% to 34%.

Do podobnych stwierdzeń prowadzą wyniki analizy zużycia taśmy na 1000 Mg przetransportowanego przez nią urobku. Dotyczy to zarówno różnic wartości wskaźników wyznaczonych dla poszczególnych lat i poszczególnych kopalń jak i różnic wartości średnich dla całego okresu badań. W latach dziewięćdziesiątych wskaźnik zużycia taśmy zmniejszył się średnio w poszczególnych kopalniach (z pominięciem kopalni 1) od 25% do 66%.

Uzyskane wyniki dają podstawę do stwierdzenia, że starania użytkowników oraz producentów taśm przyniosły efekt w postaci zwiększenia trwałości. Ma to niewątpliwie wpływ na obniżenie kosztów transportu urobku w obrębie zakładu przerobczego kopalni.

Przeprowadzone, bardziej szczegółowe analizy uwzględniające badanie wpływu wskaźników charakteryzujących pracę taśmy na przenośniku na trwałość taśmy wykazały, że trwałość tą można opisać funkcją potęgową. Wyznaczona funkcja regresji dla zmiennej objaśniającej, którą stanowi iloczyn masy nosiwa przetransportowanego na 1 m² taśmy i liczby cykli jej pracy, najlepiej opisuje trwałość taśmy użytkowanej na zdefiniowanym przenośniku. Wyniki tych badań mogą posłużyć do prognozowania zużycia taśmy, a co za tym idzie kształtowania polityki jej wymian i zakupów.

The analysis of wear of the belt related to 1000 Mg of the transported run-of-mine coal brings about similar statements. This refers both to differences in values of the indices determined for particular years, particular coal mines and to differences in mean values determined for the whole period of investigations. In 1990s the belt wear index in particular coal mines (apart from the coal mine no 1) decreased by 25% to 66% on the average.

The obtained results give grounds for stating that efforts made by users and producers of conveyor belts have contributed to increasing of the service life. This involves reducing of costs of transportation of run-of-mine coal within a coal preparation plant.

The performed, more comprehensive analyses, in which the effect of indices characterizing the work of a belt on the belt service life has been taken into consideration, have indicated that the service life can be described by power function. The determined regression function for an explanatory variable, which constitutes a product of volume of the carried material transported in relation to 1 m² of a belt and the number of work cycles of the belt, allows the service life of a belt incorporated in a given conveyor to be described in the best way. It is possible to utilize results of these investigations to forecast the wear of a belt and, thus, to manage the strategy in the field of replacements and purchases of belts.

Literatura — References

1. Czaplicki J.M., Lutyński A.: *Transport poziomy. Zagadnienia niezawodności. Skrypt Uczelniany Pol. Śląskiej Nr 1330. Gliwice 1987.*
2. Mokrzycki E.: *Rachunek kosztów w zakładzie przeróbki węgla kamiennego. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2001.*