

UKD 622.333: 622.338.515: 622.658.5

Zależność jednostkowego kosztu własnego od stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej zakładu wydobywczego

Dependence of a unit prime cost from the capacity utilization rate of a mining plant



Prof. dr hab. inż. Roman Magda^{*)}



Dr inż. Tadeusz Woźny^{*)}

Treść: W pracy przedstawiono pewien wycinek analitycznych badań nad zależnością jednostkowego kosztu własnego od stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej zakładu wydobywczego. Przytoczono wzory analityczne, które wykorzystano do przeprowadzenia obliczeń. Przyjęto scenariusze badawcze na przykładzie których wykonano obliczenia i zinterpretowano ich wyniki. Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń i ich analizy sformułowano spostrzeżenia istotne dla procesu podejmowania decyzji w zakresie zarządzania kosztami produkcji górniczej.

Abstract: This paper presents a part of the analytical research on the dependence of a unit prime cost from the capacity utilization rate of a mining plant. Analytical formulas used in the calculations were indicated. Calculations were performed on the basis of the assumed research scenarios in order to interpret the results which allowed to formulate observations crucial for the decision-making process in the field of mining production costs management.

Słowa kluczowe:

węgiel kamienny, zdolność produkcyjna zakładu wydobywczego, koszt własny produkcji górniczej, projektowanie produkcji górniczej

Key words:

hard coal, production capacity of a mining plant, prime cost of mining production, planning of mining production

1. Wprowadzenie

Strukturę kosztów produkcji górniczej w podziemnych kopalniach węgla kamiennego charakteryzuje wysoki udział kosztów stałych względem wielkości produkcji. W strukturze rodzajowej kosztów prawie połowę stanowią koszty osobowe, które w całości można traktować jako koszty stałe. W produkcję górniczą zaangażowane są kapitałochłonne techniczne środki produkcji, których amortyzacja stanowi w całości koszt stały. Stopień wykorzystania potencjału technicznych środków produkcji i obsługującej je załogi powinien być jak najwyższy, a niepełne jego wykorzystanie pogarsza efekt ekonomiczny procesu produkcji górniczej [3].

Na koszt własny produkcji górniczej mają wpływ warunki naturalne i geologiczno-górnice eksploatowanego złoża węgla kamiennego. Na etapach planowania i projektowania przyszłej produkcji górniczej należy zwrócić szczególną uwagę na dostosowanie zdolności produkcyjnej technicznych środków produkcji (maszyn i urządzeń górniczych) do możliwości wydobywczych stymulowanych przez warunki naturalne i geologiczno-górnice złoża [2]. Dążenie do maksymalizacji wydobycia ze ścian może napotkać w praktyce na ograniczenia wynikające z występowania zagrożeń naturalnych, jak np. zagrożenia metanowego. W przypadku kopalń metanowych zastosowanie wyposażenia technicznego o dużej zdolności produkcyjnej, zwłaszcza w pokładach cienkich i średniej grubości, może prowadzić do niepełnego wykorzystania tej zdolności na skutek konieczności utrzy-

^{*)} AGH w Krakowie

mania intensywności urabiania dostosowanej do ograniczeń wynikających z dopuszczalnego stężenia metanu w prądzie powietrza opuszczającym ścianę.

Artykuł ma na celu przedstawienie pewnego wycinka badań analitycznych nad problematyką wpływu stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej na jednostkowy koszt własny produkcji górniczej w kopalni węgla kamiennego. Badania te przeprowadzono na przykładzie przyjętych do rozważań scenariuszy badawczych, zakładających określenie poziom kosztów produkcji i wariantowo ujętą wydajność pracy. Dane przyjęte do obliczeń mają charakter poglądowy i nie należy utożsamiać ich z wielkościami charakterystycznymi dla którejkolwiek z kopalń węgla kamiennego, chociaż rząd wielkości może odpowiadać wartościom uzyskiwanym w praktyce. Dla przyjętych do rozważań scenariuszy badawczych przeprowadzono obliczenia na modelu analitycznym opisującym stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej w aspekcie jego wpływu na jednostkowy koszt własny.

2. Modelowanie wpływu stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej na koszt jednostkowy

Analityczny zapis kosztu jednostkowego posiada następującą postać [1]

$$k = \frac{K_s}{W} + k_z$$

gdzie:

- k – jednostkowy koszt własny, zł/Mg,
- W – wydobyte, mln Mg/rok,
- K_s – koszt stały, mln zł/rok,
- k_z – koszt jednostkowy zmienny, zł/Mg.

Jednostkowy koszt własny przyjmuje najmniejszą wartość gdy wydobyte jest równe zdolności produkcyjnej [3]. Minimalną wielkość kosztu jednostkowego można zatem odwzorować wstawiając do powyższej formuły zdolność produkcyjną w miejsce wydobyca

$$k_{min} = \frac{K_s}{Z} + k_z$$

gdzie:

- k_{min} – minimalny jednostkowy koszt własny, zł/Mg,
- Z – zdolność wydobywcza kopalni, mln Mg/rok.

Minimalna wielkość kosztu jednostkowego może stanowić poziom odniesienia dla badań nad wpływem stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej na jednostkowy koszt własny.

Bezwzględny przyrost kosztu jednostkowego w stosunku do kosztu minimalnego w przypadkach gdy wielkość wydobywania nie dorównuje zdolności produkcyjnej można określić ze wzoru

$$\Delta k = k - k_{min}$$

gdzie: Δk – przyrost jednostkowego kosztu własnego na skutek niepełnego wykorzystania zdolności wydobywczej kopalni, zł/Mg.

Przyjmując jako stopień wykorzystania zdolności wydobywczej kopalni stosunek wielkości wydobywania do zdolności wydobywczej możemy napisać formułę

$$\alpha = \frac{W}{Z}$$

gdzie: α – stopień wykorzystania zdolności wydobywczej kopalni.

Przekształcając powyższą formułę otrzymujemy

$$W = \alpha \cdot Z$$

Analityczny zapis kosztu jednostkowego możemy przekształcić do postaci

$$k = \frac{K_s}{\alpha \cdot Z} + k_z$$

Bezwzględny przyrost kosztu jednostkowego Δk wynosi zatem

$$\Delta k = \frac{K_s}{\alpha \cdot Z} + k_z - \left(\frac{K_s}{Z} + k_z \right)$$

W wyniku przekształceń otrzymujemy

$$\Delta k = \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \cdot \frac{K_s}{Z}$$

Bezwzględny przyrost kosztu jednostkowego nie zależy od wielkości jednostkowego kosztu zmiennego.

Względny przyrost kosztu jednostkowego, wyrażony w %, można przyjąć jako stosunek bezwzględnego przyrostu kosztu jednostkowego do kosztu minimalnego i opisać formułą

$$\frac{\Delta k}{k_{min}} (\%) = \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \cdot \frac{K_s}{K_s + k_z \cdot Z} \cdot 100\%$$

Przytoczone formuły mogą służyć badaniom analitycznym nad określaniem wpływu stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej kopalni na koszt jednostkowy a w dalszej kolejności, po uwzględnieniu średniej ceny zbytu węgla, na wynik jednostkowy (akumulację jednostkową).

3. Podstawowe założenia, dane wejściowe i wyniki obliczeń

Przykładowe scenariusze przyjęte dla celów badawczych dotyczą hipotetycznej kopalni o zdolności produkcyjnej zaprojektowanej na wielkość wydobywania netto 22000 Mg/d (20000 Mg/d z robót eksploatacyjnych i 2000 Mg/d z robót przygotowawczych). Dla liczby dni z wydobywaniem 250 d/rok projektowana roczna zdolność wydobywcza wynosi 5,5 mln Mg/rok. Przyjęto wydajność wariantowo, zakładając, że wynosi ona: 900 Mg/os/rok dla wariantu I, 1000 Mg/os/rok dla wariantu II, 1100 Mg/os/rok dla wariantu III. Poziom zatrudnienia wynosi zatem: 6111 osób dla wariantu I, 5500 osób dla wariantu II, 5000 osób dla wariantu III. Jednostkowe koszty osobowe przyjęto na poziomie 80000 zł/os/rok, stąd wynika, że roczne koszty osobowe sięgają odpowiednio: 488,9 mln zł/rok dla wariantu I, 440 mln zł/rok dla wariantu II, 400 mln zł/rok dla wariantu III. Pozostałe pozycje kosztów przyjęto na podstawie wskaźnikowych relacji pomiędzy poszczególnymi pozycjami kosztów w układzie rodzajowym. Strukturę rodzajową kosztów z podziałem na koszty stałe i zmienne przedstawiono w tabelicy 1.

Wykorzystując dane liczbowe zawarte w tabeli 1 można określić wielkość kosztu stałego ogółem, który wynosi: 859,8 mln zł/rok dla wariantu I, 810,9 mln zł/rok dla wariantu II, 770,9 mln zł/rok dla wariantu III, a także wielkość jednostkowego kosztu zmiennego, który wynosi 51,65 zł/Mg.

Wyniki obliczeń jednostkowego kosztu własnego w zależności od wielkości wydobywania kopalni, z podziałem na koszt stały i zmienny, zestawiono w tabelicy 2. Charakterystykę kosztu jednostkowego pokazano na rysunku 1.

Tablica 1. Struktura rodzajowa kosztów z podziałem na stałe i zmienne
Table 1. Generic structure of costs divided into fixed costs and variable costs

Poz.	Wyszczególnienie	Udział procentowy kosztów, %		Koszty, mln zł/rok		Koszty ogółem, mln zł/rok
		Stale	Zmienne	Stale	Zmienne	
1	Koszty osobowe	100	0	488,9	0	488,9 (Wariant I)
				440		440 (Wariant II)
				400		400 (Wariant III)
2	Koszty materiałowe	10	90	12	108	120
3	Koszty związane z majątkiem trwałym	77	23	197	60	257
3.1	- amortyzacja	100	0	137	0	137
3.2	- remonty, naprawy, konserwacje	40	60	40	60	100
3.3	- ubezpieczenia majątkowe	100	0	8	0	8
3.4	- pozostałe koszty	100	0	12	0	12
4	Energia	65	35	57,2	30,8	88
5	Usługi produkcyjne	21	79	12,8	48,2	61
5.1	- usługi wiertnicze	20	80	8,4	33,6	42
5.2	- usługi transportowe	20	80	3,4	13,6	17
5.3	- inne usługi produkcyjne	50	50	1	1	2
6	Podatki i usługi administracyjne	10	90	2,1	18,9	21
7	Pozostałe koszty wytwarzania	50	50	5	5	10
8	Koszty wytworzenia węgla	74	26	775	270,9	1045,9 (Wariant I)
				726,1	270,9	997 (Wariant II)
				686,1	270,9	957 (Wariant III)
9	Koszty ogólnozakładowe	100	0	65	0	65
10	Koszty sprzedaży	60	40	19,8	13,2	33
11	Sumaryczny koszt własny	75	25	859,8	284,1	1143,9 (Wariant I)
				810,9	284,1	1095 (Wariant II)
				770,9	284,1	1055 (Wariant III)

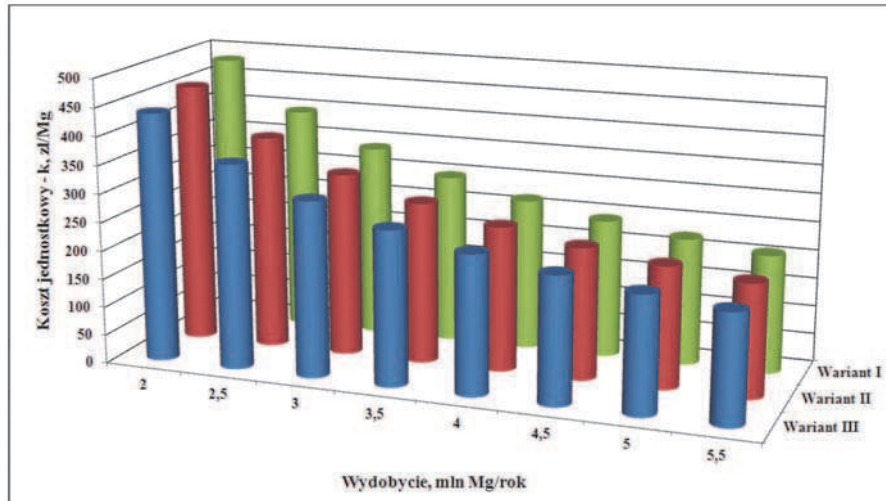
Wyniki obliczeń przyrostów kosztu jednostkowego, bezwzględnego i względnego, dla omawianego przykładu obliczeniowego zestawiono w tablicy 3. Zestawienie tych wyników pokazuje w jakiej proporcji różnica pomiędzy wielkością wydobycia a zdolnością wydobywczą wpływa na przyrost kosztu jednostkowego. Gdy wielkość wydobycia jest równa zdolności wydobywczej bezwzględny i względny przyrost kosztu jednostkowego jest równy zero. Na podstawie

wyników zestawionych w tablicy 3 można ocenić jak spadek stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej wpływa na wzrost kosztu jednostkowego.

Bezwzględny przyrost kosztu jednostkowego w zależności od stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej dla danych liczbowych dla omawianego przykładu zilustrowany jest na rysunku 2, natomiast względny przyrost kosztu jednostkowego – na rysunku 3.

Tablica 2. Jednostkowy koszt własny w zależności od wielkości wydobycia kopalni
Table 2. Unit prime cost depending on the mine production

Wydobycie, mln Mg/rok	Koszt jednostkowy - k, zł/Mg						
	Stały			Zmienny	Razem		
	Wariant I	Wariant II	Wariant III		Wariant I	Wariant II	Wariant III
2	429,90	405,45	385,45	51,65	481,55	457,10	437,10
2,25	382,13	360,40	342,62	51,65	433,78	412,05	394,27
2,5	343,92	324,36	308,36	51,65	395,57	376,01	360,01
2,75	312,65	294,87	280,33	51,65	364,30	346,52	331,98
3	286,60	270,30	256,97	51,65	338,25	321,95	308,62
3,25	264,55	249,51	237,20	51,65	316,20	301,16	288,85
3,5	245,66	231,69	220,26	51,65	297,31	283,34	271,91
3,75	229,28	216,24	205,57	51,65	280,93	267,89	257,22
4	214,95	202,73	192,73	51,65	266,60	254,38	244,38
4,25	202,31	190,80	181,39	51,65	253,96	242,45	233,04
4,5	191,07	180,20	171,31	51,65	242,72	231,85	222,96
4,75	181,01	170,72	162,29	51,65	232,66	222,37	213,94
5	171,96	162,18	154,18	51,65	223,61	213,83	205,83
5,25	163,77	154,46	146,84	51,65	215,42	206,11	198,49
5,5	156,33	147,44	140,16	51,65	207,98	199,09	191,81

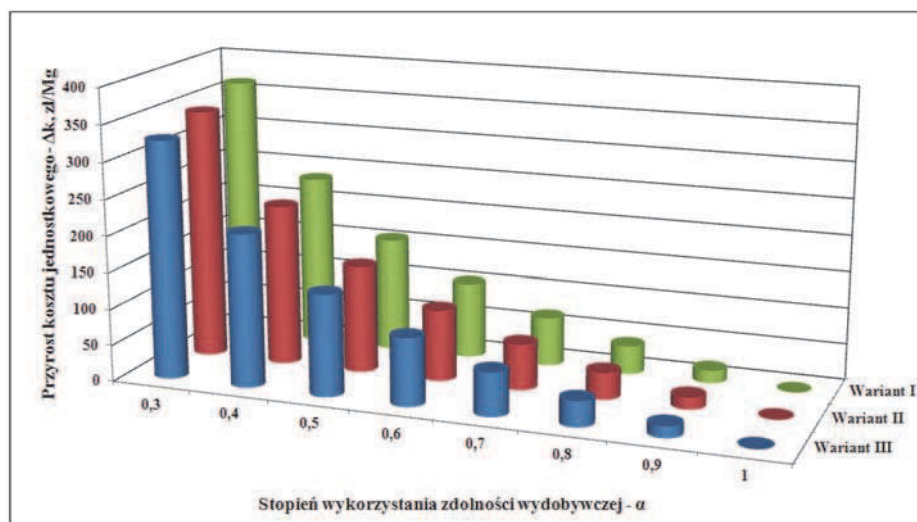


Rys. 1. Charakterystyka kosztu jednostkowego jako funkcji wielkości wydobycia
 Fig. 1. Characteristics of a unit cost in relation to the total production

Tablica 3. Wyniki obliczeń przyrostów kosztu jednostkowego w zależności od stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej

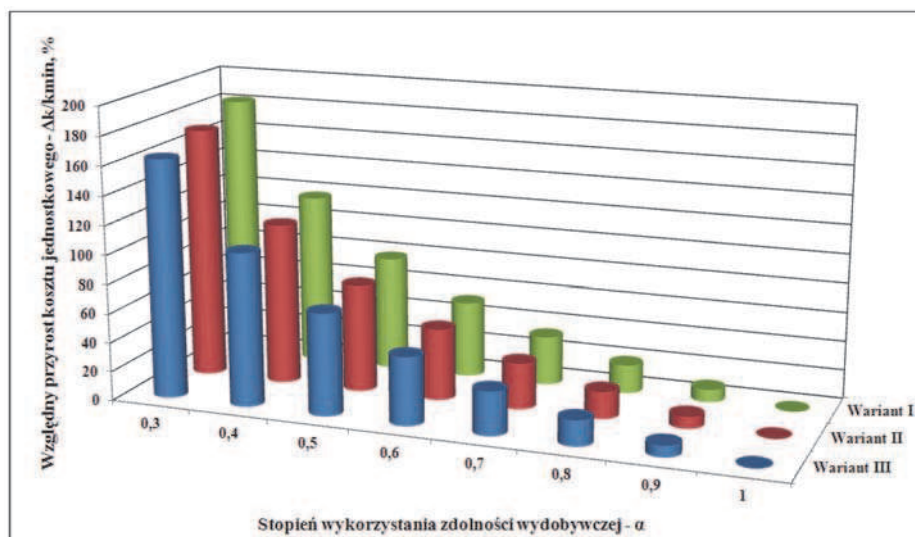
Table 3. Calculation results of the growth of unit cost depending on the capacity utilization rate

Stopień wykorzystania zdolności wydobywczej – α	Bezwzględny przyrost kosztu jednostkowego – Δk , zł/Mg			Względny przyrost kosztu jednostkowego – $\Delta k/k_{min}$, %		
	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant I	Wariant II	Wariant III
0,3	364,76	344,02	327,05	182	172	164
0,35	290,32	273,81	260,30	145	137	130
0,4	234,49	221,15	210,25	117	111	105
0,45	191,07	180,20	171,31	96	90	86
0,5	156,33	147,44	140,16	78	74	70
0,55	127,90	120,63	114,68	64	60	57
0,6	104,22	98,29	93,44	52	49	47
0,65	84,18	79,39	75,47	42	40	38
0,7	67,00	63,19	60,07	33	32	30
0,75	52,11	49,15	46,72	26	25	23
0,8	39,08	36,86	35,04	20	18	18
0,85	27,59	26,02	24,73	14	13	12
0,9	17,37	16,38	15,57	9	8	8
0,95	8,23	7,76	7,38	4	4	4
1	0,00	0,00	0,00	0	0	0



Rys. 2. Przyrost kosztu jednostkowego w zależności od stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej

Fig. 2. Growth of unit cost depending on the capacity utilization rate



Rys. 3. Względny przyrost kosztu jednostkowego w zależności od stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej

Fig. 3. Relative growth of unit cost depending on the capacity utilization rate

Wartości jednostkowego kosztu własnego w zależności od stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej w przypadku analizowanych wariantów wielkości wydajności zestawione są w tablicy 4.

Kształtowanie się jednostkowego kosztu własnego jako funkcji stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej dla analizowanych wariantów zilustrowane jest na rysunku 4.

Przedstawiony schemat obliczeniowy może również być wykorzystany do poszukiwania kierunków działań zmierzających do redukcji jednostkowego kosztu własnego w drodze obniżenia poziomu tych składników kosztów, które wpływają w istotny sposób na sumaryczny koszt stały.

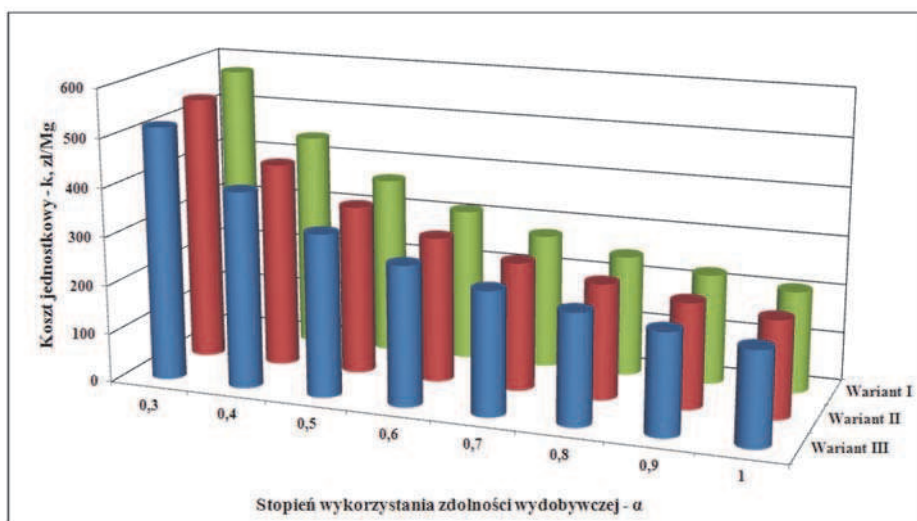
5. Podsumowanie

Przedstawiony powyżej prosty przykład obliczeniowy wskazuje na znaczenie, jakie posiada stopień wykorzystania zdolności produkcyjnej dla ekonomicznego aspektu funkcjonowania zakładu górniczego. Jego spadek prowadzi do wzrostu kosztu jednostkowego, który narastając zbliża się niebezpiecznie do ceny węgla, a w przypadku jej przekrocze-

Tablica 4. Jednostkowy koszt własny w zależności od stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej

Table 4. Unit prime cost depending of the capacity utilization rate

Stopień wykorzystania zdolności wydobywczej – α	Koszt jednostkowy – k, zł/Mg		
	Wariant I	Wariant II	Wariant III
0,3	572,74	543,11	518,86
0,35	498,30	472,90	452,11
0,4	442,47	420,24	402,06
0,45	399,05	379,29	363,12
0,5	364,31	346,53	331,97
0,55	335,88	319,72	306,49
0,6	312,20	297,38	285,25
0,65	292,16	278,48	267,28
0,7	274,98	262,28	251,88
0,75	260,09	248,24	238,53
0,8	247,06	235,95	226,85
0,85	235,57	225,11	216,54
0,9	225,35	215,47	207,38
0,95	216,21	206,85	199,19
1	207,98	199,09	191,81



Rys. 4. Charakterystyka kosztu jednostkowego jako funkcji stopnia wykorzystania zdolności wydobywczej

Fig. 4. Characteristics of a unit cost in relation to the capacity utilization rate

nia czyni produkcję górnictwem nieefektywną z ekonomicznego punktu widzenia. Możliwości obniżania kosztów produkcji już realizowanej są ograniczone warunkami charakterystycznymi dla przyjętych rozwiązań [3]. W tym przypadku pole manewru może być niewielkie lub niemożliwe. Ważne jest aby projektowane na przyszłość, zarówno wyposażenie w techniczne środki produkcji, jak i system organizacji pracy, były dobrane adekwatnie do możliwości wykorzystania zdolności produkcyjnej w danych warunkach naturalnych i geologiczno-górnictwowych zalegania złoża.

*Praca dofinansowana przez MNiSzW – umowa statutowa
Nr 11.11.100.693*

Literatura:

1. *Czopek K.*: Koszty stałe i zmienne. Teoria – praktyka. Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „Art.-Tekst”. Kraków, 2003 r., str. 63
2. *Magda R.*: Ocena wpływu ograniczenia stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej w ścianach wydobywczych na jednostkowy koszt własny. *Przeгляд Górnictwa*, nr 9, 2013 r., str. 110÷113
3. *Magda R.*: Wpływ stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnej zakładu górnictwowego na jednostkowy koszt własny. *Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją*. Opole 2014, str. 290÷300

Zwiększajmy prenumeratę najstarszego – czołowego miesięcznika Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa!

Liczba zamawianych egzemplarzy określa zaangażowanie jednostki gospodarczej w procesie podnoszenia kwalifikacji swoich kadr!