

MARIAN KOZDRÓJ, WŁODZIMIERZ SITKO  
ZYGMUNT FURGOŁ, ANTONI CHMIELA

WPŁYW MECHANIZACJI ROBÓT PRZODKOWYCH  
NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ PRACOCHOŃNOŚCI  
POZAPRZODKOWEJ W KOPALNIACH RZPW

Streszczenie. W artykule przy pomocy metody korelacji i regresji - na podstawie zebranych informacji statystycznych z kopalń RZPW określono związki zachodzące pomiędzy mechanizacją robót przodkowych a pracochłonnością pozaprzodkową całkowitą oraz jej składnikami cząstkowymi.

Celem badań przeprowadzonych w ramach niniejszego artykułu jest ustalenie i zmierzenie wybranych zależności występujących w procesie wydobywania węgla pomiędzy mechanizacją przodkową a pracochłonnością pozaprzodkową jako ilościowy efekt ekonomiczny.

Ustalenie i zmierzenie tych współzależności powinno dać odpowiedź na pytanie jakiego należy oczekiwać wzrostu lub spadku pracochłonności pozaprzodkowej na skutek wzrostu mechanizacji przodkowej.

W celu przeprowadzenia analizy zebrano dane statystyczne dotyczące 8-letniego okresu działalności kopalni Rybnickiego Zjednoczenia Przemysłu Węglowego. Pominięto kopalnię 1 Maja "Jastrzębie" i "Moszczenica" jako nietypowe z uwagi na charakter rozwojowy. Pracochłonność pozaprzodkowa wyrażona w rdn/10 tys. ton wydobywania będzie w dalszym ciągu traktowana jako zmienna zależna od zmiennych niezależnych - mechanizacji przodkowej.

Przez pracochłonność pozaprzodkową rozumie się w tym ujęciu stosunek liczby dniówek przepracowanych na pozaprzodkowym odcinku nitki produkcyjnej, przypadający na odpowiednią wielkość wydobywania (w konkretnym przypadku 10000 t).

Powstaje pytanie w jakim stopniu otrzymana próba jest reprezentatywna dla całej populacji. Odpowiedzi na to pytanie dostarcza wyliczenie średniej z próby oraz średniej z populacji, która w przypadku wysokiego prawdopodobieństwa, że średnie z próby można przyjąć jako średnie z populacji daje odpowiedź pozytywną na weryfikację tej tezy.

Badania te zostaną przeprowadzone w dalszej części artykułu. W tabelicy 1 zestawiono odpowiednie parametry z okresu lat 1959-66 dotyczące RZPW.

Widać tu, że poszczególne parametry zarówno kształtujące badane kryterium jak i będące efektem ekonomicznym badanego kryterium zmieniają się w czasie.

Pracochłonność pozaprzodkowa wykazuje stały rosnący trend wartości od 1961 r. osiągając przyrost bezwzględny (61-66 r.) 713 pdn/10000 ton, przy równoczesnym spadku pracochłonności przodkowej w analogicznym okresie od 690 pdn/10000 ton.

W badanym okresie wzrastała mechanizacja urabiania ładowania oraz mechanizacja wybierania. Średnie przyrosty w przekroju RZPW w latach 1959-66 wynoszą:

- a) 37,75% - dla mechanizacji wybierania,
- b) 37,87% - dla mechanizacji ładowania,
- c) 7,54% - dla mechanizacji urabiania.

Kształtowanie się poszczególnych parametrów w badanym okresie czasu ilustruje rys. 1.

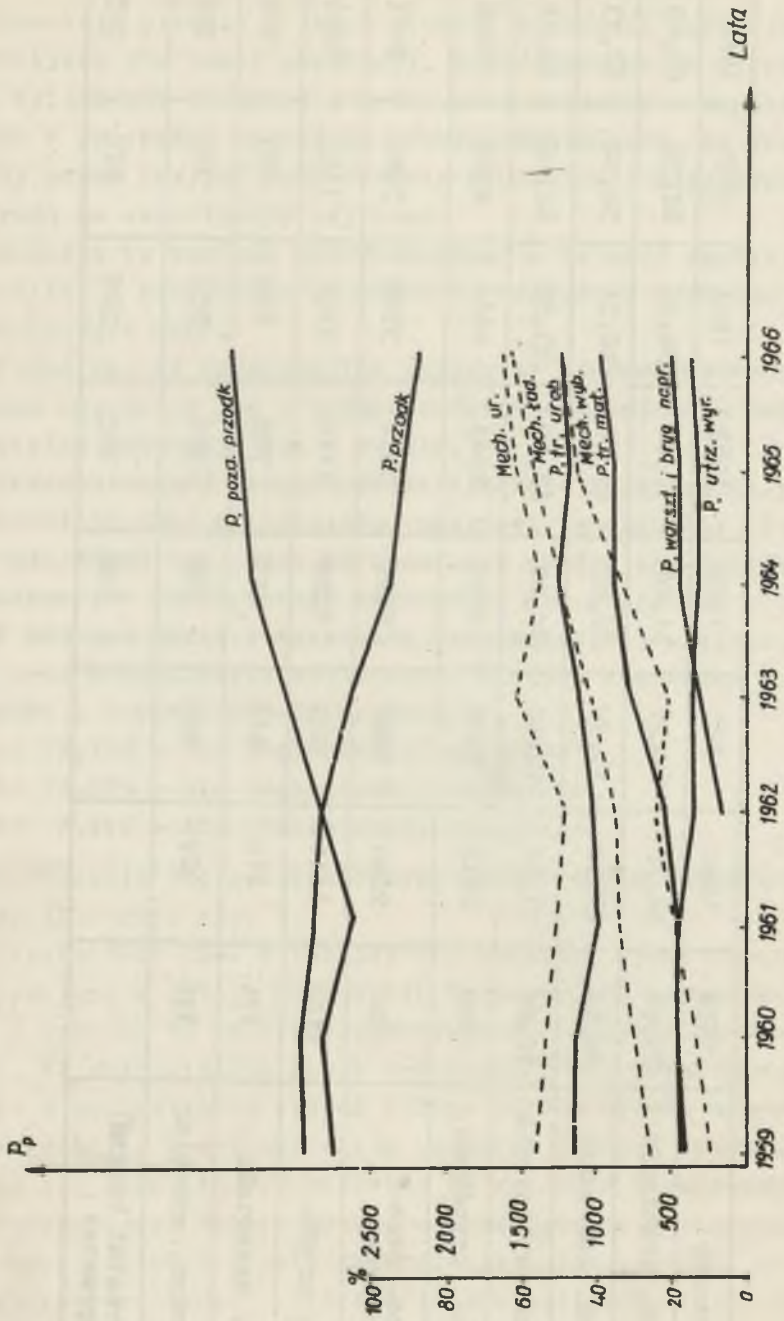
Przytoczone dane w tabelicy 1 i wykresie rys. 1, potwierdzają panującą w naszym górnictwie tendencję do przenoszenia dniówek z przodka do prac pozaprzodkowych. Zjawisko to tłumaczy fakt, że mechanizacja robót przodkowych nie przebiega równolegle z mechanizacją wzdłuż całego potoku urobku z przodka na powierzchnię. W związku z tym niektóre procesy pozaprzodkowe stają się bardziej pracochłonne ze wzrostem mechanizacji.

Podane wyżej spostrzeżenia upoważniają do przeprowadzenia dalszych dociekań w celu znalezienia tych elementów pracochłonności pozaprzodkowej, które w sposób najistotniejszy skorelowane są ze zmianami mechanizacji w przodku.

Tablica 1

Parametr	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Mech. urabiania	55,91	52,78	52,36	51,20	61,60	54,56	60,36	63,45
Mech. ładowania	24,46	29,38	33,98	36,83	42,08	48,04	56,84	62,33
Mech. wybierania	10,91	13,38	19,80	20,60	23,60	33,50	43,46	48,65
Prac. przodkowa	2893	2918	2976	2807	2643	2464	2309	2286
Prac. poze- przodkowa	2741	2840	2688	2799	3014	3380	3382	3401
Tr. urobku	1127	1114	989	1026	1115	1182	1193	1203
Tr. materiału	374	412	411	527	780	838	839	862
Utrzym. wyrobisk	396	429	405	389	341	356	359	342
Warsztat brygad naprawcze				174	305	385	372	375





Rys. 1

Badanie przeprowadzono przy następujących założeniach:

- Wszystkie dobrane cechy są mierzalne co pozwala na zastosowanie w szerokim zakresie metod ekonometrycznych celem ustalenia występujących prawidłowości pomiędzy czynnikami górniczo-technicznymi a wynikami ekonomicznymi, będącymi konsekwencją czynników pierwszych.
- Ustalone w wyniku badań zależności zostaną zweryfikowane z zastosowaniem współczynników rzetelności, ufności - pozwalające określić w jakim stopniu zależności liczbowe obliczone z próby mogą odpowiadać parametrom z populacji. W konsekwencji ustalili się dopuszczalny margines błędu dla wyliczonych zależności.

Analizę badanych zależności umożliwia osiem wyjściowych zbiorów statystycznych składających się z indywidualnych wartości, które reprezentuje dana kopalnia jako pojedyncze spostrzeżenia.

Spostrzeżenia te uporządkowane szeregowo spełniają nierówność:

$$X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad \dots \quad X_n \quad (1)$$

Dzieląc całą próbę na podzbiory będące podstawowym elementem w przeprowadzonych badaniach, przyjęto zasadę tworzenia grup stosunkowo licznych charakteryzujących w sposób możliwie dokładny całą próbę od strony struktury, jak również od strony współzależności pomiędzy cechą przewodnią przyjmowaną w danym zbiorze za zmienną zależną a zmiennymi niezależnymi. Zbiory statystyczne podzielone na podzbiory tworzące szeregi wielostopniowe, w celu zbadania struktury próby przyporządkowano badanej zmiennej.

Kryterium grupowania stanowią następujące wskaźniki:

- I etap - mechanizacja urabiania,
- mechanizacja ładowania,
- mechanizacja wybierania,

- II etap - mechanizacja wybierania w kontekście z:
- pracochłonnością transportu urobku,
  - pracochłonnością transportu materiałów,
  - pracochłonnością utrzymania wyrobisk,
  - pracochłonnością warsztatów i brygad naprawczych.

Do przeprowadzania wnioskowania statystycznego przyjęto rozkład z próby normalny co zostało sprawdzone za pomocą testów statystycznych.

Normalność rozkładu ustalono przeprowadzając badania dla głównych cech, za pomocą odchylenia standardowego.

Analizę przeprowadza się w rozbięciu na mechanizację przodkową a pracochłonność pozaprzodkową.

Mechanizację przodkową traktowano oddzielnie jako mechanizację urabiania-ładowania oraz nowego współczynnika wprowadzonego do statystyki MG1E, mechanizację wybierania.

Definiowanie dwóch pierwszych wskaźników jako ogólnie znanych wydaje się być zbyt ezoteryczne. Wskaźnik mechanizacji wybierania jest syntetycznym wskaźnikiem mechanizacji przodkowej.

"Urobek wybrany mechanicznie jest sumą urobku urobionego maszynowo i urobku ładowanego nie ręcznie ale tylko tej części, która uprzednio nie została urobiona maszynowo, a więc jest to wskaźnik łączący w sobie operację ładowania i urabiania".

Wskaźnik mechanicznego wybierania podobnie jak urabianie i ładowanie stanowi więc ilościowy stosunek wielkości odpowiednio wybranego węgla w tonach dla całkowitego tonażu urobku. Wszystkie wskaźniki podawane są w procentach.

Odchylenie standardowe obliczono wg następującego wzoru:

$$\sigma = \frac{1}{N} \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2)$$

gdzie:

X - indywidualne pomiary,

N - liczba obserwacji w próbie.

Poszczególne odchylenia standardowe wynoszą dla:

- mechanicznego wybierania  $\sigma = 21,52\%$
- mechanicznego ładowania  $\sigma = 17,20\%$
- mechanicznego urabiania  $\sigma = 24,30\%$

Analiza dyspersji wskaźnika, przeprowadzona za pomocą odchylenia standardowego, pozwoli w dalszych badaniach porównać stopień zmienności badanych cech.

Wyliczone odchylenie standardowe pozwoli w stopniu wystarczająco dokładnym dla dalszych badań zastąpić przeprowadzenie dowodu tezy o przybliżonej normalności rozkładu badanych zmiennych. Dla przyjęcia tezy, że rozkład zmiennej jest w przybliżeniu normalny wystarczy jeśli około 2/3 ogólnej liczby spostrzeżeń mieści się w przedziale  $+\sigma$ ,  $-\sigma$ .

Każda z badanych prób składa się z 68 pomiarów oczekiwana więc liczba obserwacji znajdujących się w granicach jednego odchylenia standardowego od średniej  $\bar{M}$  w obu kierunkach powinna wynosić 46.

Dla powyższych wskaźników liczba obserwacji znajdujących się w przedziale  $\bar{M} - \sigma$  do  $\bar{M} + \sigma$  wynosi:

Tablica

Zmienna	Średnia $\bar{M}$	% obserwacji	Liczba obserwacji
mech. urabiania	62,88%	65%	44
mech. ładowania	46,10%	68%	45
mech. wybierania	34,33%	64%	43

Rozkład zmiennych wykazuje, że z badanych wskaźników najbardziej asymetryczny rozkład wartości wykazuje mechaniczne wybieranie. Nie występuje to jednak w stopniu pozwalającym podważyć założenie o przybliżonej normalności rozkładu próby. Pracochłonność pozaprzodkowa, zgodnie z metodą badań, będąca miernikiem efektywności ekonomicznej jest cechą kryterium. Obszar zmienności zamyka się w granicach od 1812 pdn/10000 ton do 4904 pdn/10000 ton.



Odchylenie standardowe dla pracochłonności pozaprzedkowej obliczonej wg wzoru 2 wynosi 658 pdn/10000 ton średnia arytmetyczna z próby wynosi 2942 pdn/10000 ton a liczba obserwacji 51 co stanowi 75%. Jest to liczba najwyższa i przedstawia najsymetryczniejszy rozkład próby.

Analizując rozwój mechanizacji urabiania, ładowania oraz wybierania i oceniając kształtowanie się pracochłonności pozaprzedkowej w kontekście z mechanizacją dochodzi się do szeregu ciekawych wniosków. Ze względu na brak miejsca nie zostaną pokazane odpowiednie tabele i wykresy a podane zostaną jedynie zauważone spostrzeżenia:

- Najmniejszą pracochłonnością pozaprzedkową odznaczają się kopalnie stosujące niską mechanizację - do 50%, natomiast najwyższą a zarazem najbardziej zróżnicowaną w kopalniach przy mechanizacji przekraczającej 50%.
- Pracochłonność wykazuje mniejszy rosnący trend przy mechanizacji do 40% zaś przy przejściu do wyższych wskaźników wyższy i bardziej niejednorodny.
- Ze wzrostem mechanizacji zauważa się stały wzrost pracochłonności pozaprzedkowej.
- Mechanizacja prac przedkowych nie jest jednak głównym ani jedynym czynnikiem determinującym pracochłonność pozaprzedkową.

Ogólnie można stwierdzić już w fazie wstępnych obserwacji, że związek mechanizacji przedkowej z pracochłonnością pozaprzedkową jako całością jest dość luźny ale rzutujący na kształtowanie się pracochłonności. Wynika tu jednak wniosek, który pozwala przypuszczać, że analiza pomiędzy mechanizacją przedkową a poszczególnymi stanowiskowymi rodzajami pracochłonności na pozaprzedkowej nitce produkcyjnej jakimi są transport urobku, transport materiałów, utrzymanie wyrobisk, warsztaty i brygady naprawcze, dostarczy istotniejszych materiałów do końcowego wnioskowania. Stopień ścisłości występujących zależności można określić stosując metodę korelacji całkowitej (zupełnej).



Liczbowym miernikiem ścisłości związku korelacyjnego dla dwóch zmiennych przy założeniu istnienia zależności w przybliżeniu prostoliniowej jest czynnik korelacji całkowitej według momentu iloczynowego Pearsona wzór nr 3 bądź współczynnik korelacji rang (rank correlation) wzór nr 4

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{N \sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (3)$$

gdzie:

- $r_{xy}$  - jest to korelacja między X i Y,
- $x$  - odchylenie poszczególnych wyników X od średniej testu X,
- $y$  - odchylenie odpowiednich wyników Y od średniej testu Y,
- $\sum xy$  - suma iloczynów odchyleń, (każde odchylenie x razy odpowiednie odchylenie y),
- $\sigma_x$  i  $\sigma_y$  - odchylenie standardowe rozkładów wyników X Y.

Współczynnik korelacji rang zwany też kolejnościowym obliczono wg następującego wzoru

$$r = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N (N^2 - 1)}$$

gdzie:

- D - różnica pomiędzy kolejnością jednej i drugiej zmiennej w uporządkowaniu statystycznym,
- N - liczba par pomiarów.

Powołując się na J.P. Guilforda należy stwierdzić, że wyniki otrzymane przy pomocy powyżej przytoczonych wzorów są do siebie bardzo zbliżone.

Na ogół wyniki obliczone momentem iloczynowym Pearsona są tylko o około 0,02 wyższe od wyników liczonych wg korelacji rang. Współczynniki r obliczono traktując wszystkie elementy jako jedną próbę i systematyzując 68 badanych elementów w jeden szereg statystyczny.

Poszczególne cechy oznaczono następująco:

- pracochłonność pozaprzedkowa ..... 1
- udział mechanicznego ładowania w ogólnym załadunku .....2
- udział mechanicznego wybierania w ogólnym wybieraniu kopalni ..... 3
- udział mechanicznego urabiania w ogólnym urobku kopalni 4

Poszczególne współczynniki korelacji kształtują się następująco:

$$r_{14} = 0,07$$

$$r_{12} = 0,33$$

$$R_{13} = 0,34$$

W dalszych badaniach pomija się mechaniczne urabianie jako nie posiadające istotniejszego wpływu na pracochłonność pozaprzedkową. Mimo, że mechanizacja wybierania i ładowania posiada znacznie wyższy wpływ na pracochłonność od mechanizacji urabiania to i tak nie są to zależności zbyt ścisłe i nasuwają wątpliwości co do istnienia korelacji między badanymi cechami.

Po sprawdzeniu istotności statystycznej stosując hipotezę zerową stwierdzono, że współczynnik  $r_{14}$  nie reprezentuje związku badanych cech. Mechanizacja ładowania i wybierania może być brana pod uwagę. Różnicę między  $r$  z próby a  $r$  z populacji ustalono za pomocą błędu standardowego współczynnika korelacji.

$$\sigma_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{N - 1}} \quad (5)$$

Odpowiednie błędy standardowe współczynnika korelacji wynoszą: dla  $r_{12} = 0,10$ ; dla  $r_{13} = 0,10$ .

Można więc przypuszczać, że  $r$  z próby niewiele różni się od  $r$  z populacji, gdyż jak wcześniej zauważono jest to rozkład normalny dla którego 68,26% współczynników znajduje się w granicach  $\sigma_r - r + \sigma_r$ .

Przeprowadzone więc do tego etapu badania wykazują jednoznacznie, że traktowanie mechanizacji w kontekście z pracochłonnością pozaprzodkową jako całością nie daje zadowalających rezultatów. W dalszych badaniach przyjęto, że mechanizację przodkową reprezentował będzie wskaźnik mechanicznego wybierania a jemu przyporządkowane zostaną elementarne składniki pracochłonności pozaprzodkowej. Pracochłonność rozbito więc na następujące stanowiskowe pracochłonności cząstkowe.

- pracochłonność transportu urobku
- pracochłonność transportu materiałów
- pracochłonność przy utrzymaniu wyrobisk
- pracochłonność warsztatów i brygad naprawczych

Pracochłonność ujęta pod pozycję "inne" nie objęto analizą ze względu na brak zależności przyczynowo-skutkowych oraz jakichkolwiek prawidłowości.

Dalsze badania przeprowadzono na podstawie danych statystycznych wspomnianych na wstępie artykułu.

Wstępna analiza wykazała, że pracochłonność transportu urobku w latach 1962-66 wzrosła z 1026 do 1203 pdn/10000 ton, pracochłonność transportu materiałów wykazała wzrost z 527 do 862 pdn/10000 ton, warsztaty i brygady naprawcze ze 174 pdn/ do 375 pdn/10000 ton. Pracochłonność utrzymania wyrobisk wykazuje natomiast trend malejący z 389 do 342 pdn/10000 ton. Nadmieniam się, że równocześnie w tym okresie mechanizacja wybierania w kopalniach RZPW wzrosła z 20,6% do 48,55%.

Odchylenie standardowe dla mechanizacji wybierania oraz poszczególnych rodzajów pracochłonności pozaprzodkowej obliczone wg wzoru 2 kształtują się następująco:

		$\sigma$ liczba obserwacji	% obserwacji
- pracochłonność tr. urobku	261,6	30	69
- pracochłonność tr. materiałów	298,0	32	74
- pracochłonność brygad i warszt. naprawcz.	154	29	66
- pracochłonność utrzym. wyrob.	77,8	31	70,5



Na ogół obliczone odchylenia standardowe potwierdzają prawidłowość przyjęcia rozkładu normalnego oraz pozwalają w stopniu wystarczająco dokładnym dla dalszych badań zaniechać przeprowadzenia dowodu tezy o przybliżonej normalności rozkładu wyżej wymienionych prób. W dalszym ciągu przyjmuje się więc mechaniczne wybieranie jako zmienną losową niezależną a pracochłonności: transportu urobku, transportu materiałów, warsztatów i brygad naprawczych oraz utrzymania wyrobisk jako zmienne losowe zależne.

Do obliczenia odpowiednich związków korelacyjnych posłużono się metodą kolejnościową traktując wyniki okresu pięcioletniego jako jedną próbę i systematyzując je w szereg statystyczny.

Poszczególным zmiennym nadano następujące oznaczenia:

mechanizacja wybierania ..... 3  
 pracochłonność transportu urobku ..... a  
 pracochłonność transportu materiałów ..... b  
 pracochłonność utrzymania wyrobisk ..... c  
 pracochłonność warsztatów i brygad naprawczych ..... d

Poszczególne wartości korelacji całkowitej dla związków zachodzących pomiędzy pracochłonnością cząstkowymi a mechanizacją wybierania są następujące:

pracochłonność transportu urobku .	$r_{a3} = 0,10$
pracochłonność transportu materiałów	$r_{b3} = 0,44$
pracochłonność utrzymania wyrobisk	$r_{c3} = -0,25$
pracochłonność warsztatów naprawczych i brygad	$r_{d3} = 0,28$

Znaki współczynników potwierdzają to co wykazała analiza wstępna. Jeżeli chodzi o wartość współczynników są one na ogół niskie za wyjątkiem związku pracochłonności transportu materiałów z mechanizacją wybierania jako zależność istotna a korelacja znaczna. Dla obliczonych współczynników zbadano ich statystyczną istotność. Najbardziej istotne są zależności  $r_{c3}$ ,  $r_{d3}$  oraz  $r_{b3}$ . Błąd standardowy współczynnika korelacji

$\sigma_r$  obliczony wg wzoru 5 dla  $r_{a3} = 0,15$ ,  $r_{b3} = 0,12$ ,  
 $r_{c3} = 0,14$ ,  $r_{d3} = 0,14$ .

Z wyliczonych błędów standardowych współczynników wynika, że  $r$  z próby w stosunku do  $r$  populacji nie powinno różnić się więcej aniżeli wartość obliczonych błędów standardowych. Istnieje prawdopodobieństwo 1:20, że współczynniki z populacji będą się różniły od współczynników z próby znacznie aniżeli dla:  $r_{a3} = 0,3$   $r_{b3} = 0,24$ ,  $r_{c3} = 0,24$ ,  $r_{d3} = 0,28$ .

Nawet w przypadku gdyby obliczone różnice na poziomie ufności 0,05 okazały się rzeczywiste, wartości współczynników byłyby istotne, gdyż w krańcowych przypadkach jako dolna granica wyrosiłyby:

$$r_{a3} = 0,00, \quad r_{b3} = 0,32, \quad r_{c3} = -0,37 \quad r_{d3} = 0,14$$

jako górna granica:

$$r_{a3} = 0,3 \quad r_{b3} = 0,56, \quad r_{c3} = 0,11, \quad r_{d3} = 0,42$$

W granicach podwójnego błędu standardowego znalazłoby się więc  $100 - 0,05 = 95\%$  ogółu współczynników korelacji całkowitej.

### Wnioski

1. Pomiędzy stopniem mechanizacji urabiania a pracochłonnością pozaprzodkową brak jest wyraźnego związku przyczynowego. Wyrazem liczbowym tego związku jest bardzo niski współczynnik korelacji całkowitej wynoszący dla badanych cech 0,07.

2. Pomiędzy mechanizacją ładowania a pracochłonnością pozaprzodkową istnieje zależność znaczna a korelacją istotną. Wyrazem tego jest współczynnik korelacji całkowitej równy 0,33.

3. Najniższe pracochłonności pozaprzodkowe notują kopalnie o niskiej i średniej mechanizacji ładowania.

4. W miarę wzrostu mechanicznego ładowania pracochłonność pozaprzodkowe wykazuje stały trend rosnący.

5. Mechanizacja wybierania jako syntetyczny wskaźnik mechanizacji przodkowej wykazuje również zależność znaczną a korelację istotną.

6. Mechanizacja wybierania jako parametr przewodni mechanizacji przodkowej w kontekście z pracochłonnościami cząstkowymi wykazuje zależności dodatnie, w analizowanych trzech przypadkach przy czym najwyższy dla transportu materiałów równy 0,44.

7. Korzystny wpływ mechanizacji wybierania na pracochłonność utrzymania wyrobisk jest widoczny gdyż współczynnik ma znak ujemny i wartość 0,25.

### Zakończenie

Przeprowadzona analiza dostarczyła niewątpliwie wiele ciekawego materiału na temat aktualnego obecnie w naszym górnictwie zagadnienia pracochłonności pozaprzodkowej.

Obliczone związki nabiorą jednak pełniejszej wymowy kiedy zagadnienie mechanizacji zostanie powiązane z koncentracją jako czynnikami wpływającymi na pracochłonność pozaprzodkową. Problem ten zostanie opublikowany w następnych artykułach.

### ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО ЗАБОЮ НА ОФОРМЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВНЕ ЗАБОЯ В ШАХТАХ РЫБНИЦКОГО ТРЕСТА УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### Р е з ю м е

При помощи корреляционного и регрессивного метода на основании сообранных статистических данных из шахт Рыбницкого треста угольной промышленности определено в работе связь и взаимоотношение между механизацией работ по забоям и полной трудоёмкостью вне забоя, а также её частичными компонентами.



MECHANIZATION OF COAL-FACE WORKING AND ITS INFLUENCE  
UPON THE EXTRA COAL-FACE WORK-TIME IN THE RZPW COAL-MINES

S u m m a r y

In the paper by means of correlation and regression methods - on the ground of statistic information from the RZPW coal-mines the relations between the mechanization of coal-face working and the extra coal-face work-time as well as tis partial constituents- have been determined.

