ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1967
Seria: GÓRNICTWO z. 27 Nr kol. 193

Dr inż. JÓZEF PSOTA
Kopalnia Piast

BADANIA NAD MOŻLIWOŚCIĄ USTALENIA NIEKTÓRYCH ZWIAZKÓW KORELACYJNYCH W WYROBISKACH KORYTARZOWYCH

1. Wstęp

W górnictwie węgla kamiennego w Polsce drąży się rocznie ponad 2000 km wyrobisk korytarzowych węglowych, węglowo-kamiennych, kamienno-węglowych i kamiennych.
Stały wzrost wydobycia, które uzyskuje się przez uruchomienie nowych kopalń oraz nowych poziomów w kopalniach czynnych, powoduje systematyczny wzrost drążenia głównych wyrobisk korytarzowych udostępniających - kamiennych.

O ile w roku 1953 wyrobiska korytarzowe kamienne i kamienno-węglowe stanowiły około 29% wszystkich robót przygotowawczych, to obecnie wskaźnik ten przekroczył już znacznie 50%. Przeznaczenie i charakter wyrobisk korytarzowych spowodowały wzrost przekrojów poprzecznych wyrobisk kamiennych i kamienno-węglowych.

Znacznie wzrasta liczba wyrobisk korytarzowych drążonych w warunkach zagrożenia gazowego (ponad 10% wszystkich wyrobisk korytarzowych).
Wzrasta liczba wyrobisk korytarzowych drążonych na większych głębokościach, pogarsza się urabialność węgla (wzrasta udział wydobycia z pokładów o f = 1,2-2,0).
Wszystkie te warunki powodują, że będzie się zwiększać urabialnie skał w wyrobiskach korytarzowych, za pomocą materiałów wybuchowych, w szczególności materiałów wybuchowych skalnych. Potrzeba szybkiego udostępnienia nowych pokładów, dynamiczny wzrost techniki na wszystkich odcinkach pracy w kopalniach PW spowodowały, że zaczęto szukać nowych technologii i form organizacji pracy przy drążeniu zwłaszcza głównych wyrobisk korytarzowych, "metod drążenia szybkościowego".

Znaczny udział czasu operacji wiercenia, nabijania, odpalania i przewietrzania po strzałach wyrobiska korytarzowego w ogólnym czasie trwania cyklu technologicznego (który dla wyrobisk korytarzowych węglowych o przekrojach poprzecznych 6-16 m^2 i zabiorach 2,40-2,50 m z wrębem wynosi około 30% - 36%, zaś dla wyrobisk kamiennych przy zabiorze 2,0 m wynosi 40% - 45% ogólnego czasu trwania cyklu) powoduje, że coraz więcej zaczęto zwracać uwagę na technikę strzelniczą w tych wyrobiskach. Kopalnie PW w własnym zakresie szukają nowych technicznych i bardziej ekonomicznych rozwiązań, które pozwoliłyby na określenie optymalnych wielkości podstawowych dla techniki strzelniczej, jakimi są liczba otworów strzałowych oraz ilość materiału wybuchowego dla określonego geologicznie rodzaju skał w zależności od przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego i ustalonego zabioru.

2. Ogólna charakterystyka stanu obecnego

Warunki geologiczne w zagłębiu górnośląskim nie sprzyjają szerokiemu zastosowaniu urabiania mechanicznego calizny w przodkach wyrobisk korytarzowych. Stąd też stosowanie robót strzelniczych przy urabianiu calizny w przodkach korytarzowych uważa się nadal za podstawowy sposób w górnictwie węglowym PW, w którym obecnie za pomocą MW urabia się 100% w przodkach kamiennych i kamienno-węglowych oraz około 80% w przodkach węglowych. Szukanie nowych metod, które pozwoliłyby określić jednoznacznie współzależność pomiędzy liczbą otworów strzałowych, ilością materiału wybuchowego a przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego, przy ustalonym zabiorze i znanych warunkach geologicznych w jakich ma być drążone wyrobisko, wynika z potrzeby uporządkowania gospodarki materiałem wybuchowym w kopalniach PW.

3. Parametry określające rozmieszczenie i liczbę otworów strzałowych w przodku wyrobiska

Ustalając sposób urabiania skały w wyrobisku korytarzowym, technik strzałowy wykonuje w danym przodku kilka wzorcowych

strzelań, na podstawie których opracowuje metrykę strzałową. Przy rozmieszczaniu otworów strzałowych w przekroju poprzecznym wyrobiska korytarzowego należy mieć na uwadze spełnienie następujących warunków:

- wykorzystanie całej długości odwierconych otworów,
- skupiony odrzut skały,
- dostatecznie skruszenie skały,
- jak najmniejsze zużycie materiału wybuchowego.

Dotrzymanie wymienionych wymagań w pełni jest bardzo trudne, zobowiązuje do dobrego przygotowania teoretycznego i praktycznego oraz szczegółowej znajomości warunków geologicznych danej kopalni przez technika strzałowego i osoby sprawujące nadzór nad robotami strzelniczymi.

3.1. Ustalenie liczby otworów strzałowych

Ustalenie liczby otworów strzałowych w przodku wyrobiska korytarzowego jest zależne od wielu czynników. Podejmowano próby ujęcia w zależności funkcyjną liczby otworów strzałowych w przekrój poprzeczny wyrobiska korytarzowego oraz współczynnikiem zwięzłości skał wg skali Protodiakonowa, wzory te jak np. wzór Protodiakonowa

$$N = S \cdot \left(\sqrt{0,2\ f} - \sqrt{\frac{1}{S}}\right)^2, \qquad (1)$$

uproszczony wzór Protodiakonowa

$$N = 2,7 \cdot \sqrt{f \cdot S}, \qquad (2)$$

wzór Bogomałowa

$$N = 2,3 \cdot \sqrt{f \cdot S}, \qquad (3)$$

wzór Miszenki

$$N = S\left[2,487 + 0,143\ f - S\ (0,134 + 0,001\ f)\right] \qquad (4)$$

wzór Suchanowa

$$N = S\left[1{,}67+0{,}17f - S\,(0{,}003f+0{,}027)\right] \qquad (5)$$

można ogólnie przedstawić jako funkcję zmiennej S oraz parametru f

$$N = F\,(S,\ f), \qquad (6)$$

gdzie:

N - liczba otworów strzałowych w przodku,

S - powierzchnia przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego, m^2

f - współczynnik zwięzłości skały w skali Protodiakonowa,

F - symbol funkcji.

Należy zwrócić uwagę, że wyliczone wartości N według wzorów (1), (2), (3), (4), (5) odbiegają znacznie od określonych za pomocą wzorcowych strzelań.

Rozpatrywanie tego zagadnienia przekraczałoby jednak ramy referatu, stąd podam tylko niektóre nieścisłości, które powodują, że podane wzory (1), (2), (3), (4), (5), (6) traktują zagadnienie dosyć ogólnie.

Rozpatrzmy wielkość S - czyli przekrój poprzeczny wyrobiska korytarzowego. Wiadomym jest z doświadczeń praktycznych, że przy tej samej wielkości przekroju liczba otworów strzałowych dla wyłomu (obrysu) obudowy łukami będzie mniejsza aniżeli dla wyłomu prostokątnego (dodatkowe otwory rogowe). Dla kopalń stosujących materiały wybuchowe słabsze (kopalnie gazowe) liczba otworów strzałowych dla tego samego rodzaju skał i przekroju poprzecznego wyrobiska przy ustalonym zabiorze będzie większa, aniżeli dla kopalń stosujących materiały wybuchowe silniejsze (kopalnie niegazowe), co można sprawdzić porównując wartości w tablicach 1, 2, 3. Wzory 1-6, nie uwzględniają jednak tej zależności. Podobnie za pomocą wielkości f niesposób określić specyficznych warunków geologicznych danej

kopalni, czy nawet samego wyrobiska korytarzowego takich jak:

- uwarstwienie skały,
- uławicenie skały,
- powierzchnie spękań,
- mikroszczeliny,
- stopień zwietrzenia skały (kopalnie płytkie) itp.
- stan naprężeń urabianej calizny

W poszukiwaniu ściślejszego wzoru, czyli związku jaki zachodzi pomiędzy liczbą otworów strzałowych a przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego, przeanalizowano kilka tysięcy wzorcowych metryk strzałowych na przykładzie kopalń JMZPW. Pozwoliło to na szersze zobrazowanie zagadnienia techniki strzałowej w wyrobiskach korytarzowych drążonych w skałach karbońskich oraz pozwoliło na ustalenie pewnych związków funkcyjnych, które zostaną podane w dalszej części referatu.

3.2. Czynniki wpływające na liczbę otworów strzałowych w przodku wyrobiska korytarzowego

Spośród czynników mających wpływ na liczbę otworów strzałowych w wyrobisku korytarzowym są:

- wielkość przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego,
- kształt wyłomu (obrysu) przodku wyrobiska,
- głębokość zabioru,
- sposób rozmieszczenia i kierunek (nachylenie w stosunku do osi wyrobiska) otworów strzałowych,
- rodzaj stosowanego materiału wybuchowego,
- ilość materiału wybuchowego przypadająca na jeden otwór strzałowy (regulowana w pewnych określonych granicach),
- wielkość średnicy nabojów MW (ograniczona pewną wielkością graniczną),
- własności fizykomechaniczne skał jak zwięzłość, twardość, sprężystość,
- głębokość na jakiej jest prowadzone wyrobisko korytarzowe,

- wpływ ciśnienia eksploatacyjnego na przodek wyrobiska korytarzowego,
- sposób ładowania i inicjowania MW.
- rodzaj i prawidłowe wykonanie przybitki w otworze strzałowym.

3.2.1. Wielkość przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego

Liczba otworów strzałowych rośnie wraz z przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego, co pokazano w tablicach 1, 2 i 3.

3.2.2. Kształt wyłomu (obrysu) przodku wyrobiska korytarzowego

Liczba otworów strzałowych dla tego samego przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego jest różna w zależności od kształtu obrysu przodku.

3.2.3. Głębokość zabioru

Głębokość zabioru przy tym samym przekroju poprzecznym wyrobiska korytarzowego ma decydujący wpływ na liczbę otworów strzałowych. W miarę zwiększania głębokości zabioru liczba otworów strzałowych wzrasta. Należy tutaj zwrócić uwagę, że większość techników strzałowych kopalń PW zagadnienie to upraszcza, zmieniając tylko ilość materiału wybuchowego przypadająca na jeden otwór strzałowy. Z analizy metryk wzorcowych wynika, że w zakresie 1,5-2,5 m głębokości zabioru liczba otworów strzałowych w większości przypadków jest ta sama, a wzrasta tylko zużycie jednostkowe materiału wybuchowego. Dla głębokości zabioru 2,50 m - 3,00 m można stwierdzić w niektórych kopalniach), że liczba otworów strzałowych wzrasta wraz z ich głębokością. Zagadnienie to wymaga dokładnej analizy i dodatkowego przeszkolenia techników strzałowych, biorąc pod uwagę fakt, że kopalnie PW w najbliższej przyszłości przejdą, przy drążeniu wyrobisk korytarzowych, na zabiory 3 m i głębsze.

Opracowanie więc właściwych wzorcowych metryk strzałowych dla takich zabiorów może przynieść dużą oszczędność w zużyciu materiału wybuchowego w całym resorcie górnictwa.

3.2.4. Rozmieszczenie i kierunek otworów strzałowych

Umiejętne rozmieszczenie otworów strzałowych w przekroju poprzecznym przodku wyrobiska korytarzowego, ich nachylenie w stosunku do osi wyrobiska, w szczególności otworów włomowych, decyduje o większej lub mniejszej ich liczby przy tym samym przekroju poprzecznym. Umiejętność ta wymaga dokładnego przygotowania teoretycznego, jak również doświadczenia praktycznego podczas wykonywania wzorcowych strzelań przez techników strzałowych.

3.2.5. Rodzaj stosowanego materiału wybuchowego

Rodzaj stosowanego materiału wybuchowego przy tym samym przekroju poprzecznym wyrobiska korytarzowego decyduje wyraźnie o potrzebnej liczbie otworów strzałowych, co można zauważyć na przykładzie danych z tablic 1, 2 oraz tablicy 3, w której podane są wielkości z kopalni Silesia, stosującej materiały wybuchowe dopuszczalne w kopalniach gazowych materiały wybuchowe słabsze od konwencjonalnych dla kopalń niegazowych i niepyłowych.

3.2.6. Ilość materiału wybuchowego przypadająca na jeden otwór strzałowy

Dla tego samego przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego ilość materiału wybuchowego regulowana w pewnych granicach decyduje o większej lub mniejszej liczbie otworów strzałowych. W kopalniach PW można zauważyć, że dla różnych geologicznie skał technicy strzałowi ustalają dla określonego przekroju poprzecznego taką samą liczbę otworów strzałowych regulując ewentualną mniejszą liczbę otworów większym zużyciem jednostkowym materiału wybuchowego, co pokazano w tablicach 2 (piaskowce zwięzłe i średniozwięzłe, kopalnia Jaworzno) i 3 (pias-

kowce zwięzłe, średniozwięzłe i łupki zwięzłe, kopalnia Silesia). Zagadnienie to jest obecnie i na przyszłość bardzo ważne. Kopalnie PW, szukają możliwości uzyskania jak największych postępów dobowych i miesięcznych przez wprowadzenie tzw. "metod szybkościowego drążenia" idą w kierunku możliwego zmniejszenia liczby otworów strzałowych (kosztem większego zużycia materiału wybuchowego) w celu skrócenia cyklu technologicznego. Problem odprowadzenia gazów postrzałowych z chwilą wprowadzenia w kopalniach wentylatorów lutniowych wysoko depresyjnych wydaje się być nieistotny.

Należy zwrócić jeszcze uwagę, że wprowadzanie maszyn do ładowania urobku (w szczególności w wyrobiskach kamiennych) powoduje, że technicy strzałowi opracowują metryki wzorcowe strzałowe nie licząc się zasadniczo z ilością materiału wybuchowego, gdyż skała dobrze urobiona i skruszona ułatwia znacznie ładowanie mechaniczne, co z kolei pozwala na skrócenie czasu operacji ładowania urobku w cyklu technologicznym. Problem ten w miarę drążenia wyrobisk korytarzowych, tzw. "metodą zorganizowaną" w coraz szerszym zakresie w kopalniach PW będzie narastał co uwidoczni się wzrastającym zużyciem jednostkowym materiału wybuchowego.

3.2.7. Wielkość średnicy nabojów materiału wybuchowego

Poprzez zwiększenie średnicy nabojów materiału wybuchowego do pewnej określonej wielkości granicznej rośnie ciśnienie detonacji i ciśnienie gazów, przez co zwiększa się efekt roboty strzałowej, co w konsekwencji pozwala na zmniejszenie (w pewnych granicach) liczby otworów strzałowych w przodku wyrobiska korytarzowego.

3.2.8. Własności fizykomechaniczne skał

Własności skał takie jak zwięzłość, twardość, sprężystość, decydują o liczbie otworów strzałowych przy tym samym przekroju poprzecznym wyrobiska korytarzowego.

Ciekawe wyniki uzyskano w tym zakresie analizując metryki strzałowe na przykładzie kopalni Komuna Paryska,które z uwagi na ograniczoną objętość referatu nie podano. Kopalnia ta prowadzi roboty górnicze stosunkowo płytko pod powierzchnią (bezwzględna głębokość eksploatacji wynosi 136 m), gdzie zwięzłość i twardość skał karbońskich jest mniejsza niż w innych kopalniach JMZPW. Dla przypadków drążenia wyrobisk korytarzowych kamiennych można na przykładzie tej kopalni zauważyć, że liczba otworów strzałowych dla tego samego przekroju poprzecznego wyrobiska jest mniejsza aniżeli dla podobnych warunków w kopalniach prowadzących roboty górnicze na większej głębokości w skałach karbońskich o większej zwięzłości i twardości.

3.2.9. Głębokość bezwzględna na jakiej jest prowadzone wyrobisko korytarzowe

W miarę wzrostu głębokości, na jakiej prowadzone jest wyrobisko korytarzowe, wzrasta zwięzłość i twardość skał karbońskich, które zasadniczo decydują, że liczba otworów strzałowych przy tym samym przekroju poprzecznym wzrasta w stosunku do wyrobisk drążonych na głębokościach mniejszych, co można zauważyć na przykładzie kopalni Piast głębokość bezwzględna prowadzenia robót górniczych wynosi 200 m tablica 1 i kopalni Jaworzno głębokość bezwzględna prowadzenia robót górniczych wynosi 500 m tablica 2.

3.2.10. Wpływ ciśnienia eksploatacyjnego na przodek wyrobiska korytarzowego

Wyrobiska korytarzowe drążone w zasięgu wpływu ciśnienia eksploatacyjnego wymagają przy tym samym przekroju poprzecznym mniejszej liczby otworów strzałowych, aniżeli drążone w skałach nienaruszonych. Tłumaczy się to tym, że ciśnienie eksploatacyjne w pewnym sensie narusza zwięzłość skał.

3.2.11. Sposób ładowania i inicjowania materiału wybuchowego

W praktyce stwierdzono, że po ustaleniu wzorcowej metryki strzałowej górnik strzałowy nie potrafi uzyskać wymaganego odstrzału skały. Analizując przyczyny stwierdzono, że zło tkwi w nieodpowiednim i nieprzepisowym załadowaniu otworu strzałowego materiałem wybuchowym (złe wyczyszczenie otworu strzałowego z zwiercin, przerwy pomiędzy poszczególnymi nabojami, co powodowało częściową lub pełną deflagrację materiału wybuchowego w otworze strzałowym), nieprawidłowym założeniu spłonki w naboju udarowym, niewłaściwym umiejscowieniem naboju udarowego w ładunku otworu. Stwierdzono, że najlepsze wyniki osiąga się przy inicjowaniu tylnym.

3.2.12. Rodzaj i prawidłowe wykonanie przybitki w otworze strzałowym

Rodzaj i technicznie prawidłowe wykonanie przybitki w otworze strzałowym decyduje o liczbie otworów strzałowych, jak również o ilości zużytego materiału wybuchowego.
Zastosowanie na skalę przemysłową przybitki wodnej w kopalniach JMZPW pozwala stwierdzić, że przy stosowanej dotychczas ilości materiału wybuchowego można zmniejszyć liczbę otworów strzałowych dla tego samego przekroju poprzecznego lub odwrotnie, przy tej samej liczbie otworów strzałowych można znacznie zmniejszyć jednostkowe zużycie materiału wybuchowego.

4. Związki korelacyjne jakie można ustalić na podstawie metryk wzorcowych - strzałowych

Z uwagi na ograniczoną objętość referatu podane zostaną wyniki analizy przeprowadzone w trzech kopalniach JMZPW a mianowicie: Jaworzno, Piast, Silesia.

Pierwsze dwie kopalnie prowadzą roboty górnicze w warstwach łaziskich i orzeskich, zaś kopalnia Silesia w warstwach rudzkich i jest kopalnią gazową kategoria III. Średnia głębokość bezwzględna eksploatacji wynosi dla kopalni Piast - 200 m, dla

kopalni Jaworzno - 500 m, dla kopalni Silesia - 545 m. Do analizy wzięto metryki strzałowe wzorcowe dla tych samych przekrojów poprzecznych w zakresie 8-18 m^2 i ustalonym zabiorze l = 2,0 m.

Dla każdego przypadku skał i przekroju poprzecznego wyrobiska wybrano po 10 najbardziej typowych i sobie podobnych metryk wzorcowych, spośród których sposobem losowania wybrano po jednej dla każdego przekroju poprzecznego i danej kopalni. Metryki wzorcowe były opracowywane na przestrzeni lat dla różnych wyrobisk korytarzowych o których trudno w tej chwili powiedzieć jakie w tym czasie zajmowały położenie względem pól eksploatacji i średniej bezwzględnej głębokości poziomów czynnych danej kopalni.

Trudno również ustalić liczbę zastosowania danej metryki strzałowej stąd przyjęto, że zastosowana była co najmniej 10 razy, czyli że przy jej stosowaniu wydrążono 20 mb wyrobiska (przy postępie l = 2,0 m), co jest materiałem wystarczającym do przeprowadzenia dalszej analizy.

4.1. Związek korelacyjny pomiędzy liczbą otworów strzałowych ilością materiału wybuchowego i przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego

W oparciu o materiał badawczy (metryki wzorcowe strzałowe) można wysunąć następujące stwierdzenie:

- dla określonego geologicznie rodzaju skał, kształtu wyłomu (obrysu) przodku, ustalonej głębokości zabioru, klasycznego sposobu rozmieszczenia otworów strzałowych w przekroju poprzecznym przodku wyrobiska, określonego rodzaju stosowanego materiału wybuchowego, sposobu ładowania i inicjowania tego materiału oraz stosowanej przybitki otworów strzałowych istnieje ścisły związek korelacyjny pomiędzy liczbą otworów strzałowych i przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego oraz istnieje ścisły związek korelacyjny pomiędzy ilością materiału wybuchowego i przekrojem wyrobiska korytarzowego. Liczba otworów

strzałowych, ilość materiału wybuchowego, jaka przypada dla określonego przekroju poprzecznego wyrobiska, ustalone głębokości zabioru i rodzaj skał dla poszczególnych kokalń podano w tablicach 1, 2 i 3.

Oznaczając

N_w - liczba otworów strzałowych w węglu,

$N_{łz}$ - liczba otworów strzałowych w łupku zwięzłym,

N_{ps} - liczba otworów strzałowych w piaskowcu średniozwięzłym,

N_{pz} - liczba otworów strzałowych w piaskowcu zwięzłym

K_w - ilość materiału wybuchowego w przodku węglowym, kg,

$K_{łz}$ - ilość materiału wybuchowego w przodku drążonym w łupkach zwięzłych kg,

K_{ps} - ilość materiału wybuchowego w przodku drążonym w piaskowcach średniozwięzłych, kg,

K_{pz} - ilość materiału wybuchowego w przodku drążonym w piaskowcach zwięzłych, kg,

f - symbol funkcji,

S - przekrój poprzeczny wyrobiska korytarzowego, m^2

oraz odkładając w układzie współrzędnych punkty (N_w, S), ($N_{łz}$, S), (N_{ps}, S), (N_{pz}, S) i punkty (K_w, S), ($K_{łz}$, S), (K_{ps}, S), (K_{pz}, S) można stwierdzić, że wyrównania linii regresji liczby otworów strzałowych względem przekroju poprzecznego wyrobiska korytarzowego, jak również ilości materiału wybuchowego (kg) względem przekroju poprzecznego i odwrotnie można dokonać za pomocą linii prostej. Można zatem znaleźć związek funkcyjny - liniowy N = f(S) i K = f(S) przy założeniu, że wartości N_w, $N_{łz}$, N_{ps} i K_w, $K_{łz}$, K_{ps}, K_{pz} w przedziale stosowanych przekrojów poprzecznych wyrobisk korytarzowych (S_{min} - S_{max}) mogą przyjmować dowolnie wartości dodatnie.

Z uwagi, że dla każdego rodzaju skał liczba otworów strzałowych i ilość materiału wybuchowego, przy określonym przekroju poprzecznym wyrobiska korytarzowego, we wszystkich 10 przypadkach jest ta sama, linie regresji liczby otworów strzałowych i ilości materiału wybuchowego (kg) względem przekroju poprzecznego pokryją się z liniami regresji przekroju poprzecznego względem liczby otworów strzałowych i ilości materiału wybuchowego.

Tablica 1

Wyrobiska korytarzowe drążone z włomem dla obudowy TH, głębokość zabioru 1-2,0 m, stosowany materiał wybuchowy dla węgla - KWD_4, dla pozostałych skał DS $5G_1$

Kopalnia PIAST

Przekrój poprzeczny wyrobiska S, m^2	Liczba otworów strzałowych				ilość materiału wybuchowego kG				ilość materiału wybuchowego m^3 skały			
	węgiel N_w	łupek zwięzły $N_{łz}$	piaskowiec średnio N_{ps}	piaskowiec zwięzły N_{pz}	węgiel K_w	łupek zwięzły $K_{łz}$	piaskowiec średniozw. K_{ps}	piaskowiec zwięzły K_{pz}	węgiel	łupek zwięzły	piaskowiec średnio-zwięzły	piaskowiec średnio zwięzły
8,31	10	16	18	20	5,60	10,375	17,50	20,00	0,3369	0,6242	1,0529	1,2033
9,05	11	16	19	22	6,10	10,375	18,40	21,50	0,3370	0,5732	1,0165	1,1688
10,03	12	17	20	23	6,40	11,125	19,30	22,10	0,3190	0,5545	0,9620	1,1016
11,37	13	18	20	24	7,20	11,125	20,00	23,50	0,3166	0,4892	0,8795	1,0334
12,16	13	19	22	25	7,20	12,875	21,80	24,00	0,2960	0,5293	0,8963	0,9868
13,27	15	20	24	27	8,30	13,875	23,20	25,50	0,3127	0,5227	0,8741	0,9608
13,81	15	20	24	27	8,30	13,875	23,20	25,50	0,3005	0,5023	0,8417	0,9232
14,54	16	21	25	28	8,90	15,625	24,10	26,25	0,3060	0,5208	0,8287	0,9026
15,58	16	22	26	28	8,90	16,375	24,80	27,00	0,2779	0,5255	0,7958	0,8665
16,68	18	23	27	29	9,90	17,375	25,70	28,50	0,2967	0,5208	0,7703	0,8543
17,70	19	24	28	30	10,40	18,000	26,50	29,75	0,2937	0,5084	0,7485	0,8484
142,50	158	216	253	283	87,20	151,000	244,50	273,60	0,30596	0,5316	0,8578	0,9600

Tablica 2

Wyrobiska korytarzowe drążone z włomem dla obudowy TH
głębokość zabioru 1 = 2.0 m, stosowany materiał wybuchowy
dla węgla – KWD_4 dla pozostałych skał – $DS\ 50_1$

Kopalnia JAWORZNO

Przekrój poprzeczny wyrobiska S, m^2	Liczba otworów strzałowych				Ilość materiału wybuchowego w kilogramach				Ilość materiału wybuchowego przypadająca w kG na 1 m^3 skały			
	węgiel N_w	łupek zwięzły $N_{łz}$	piaskowiec średniozw. N_{ps}	piaskowiec zwięzły N_{pz}	węgiel K_w	łupek zwięzły $K_{łz}$	piaskowiec średniozw. K_{ps}	piaskowiec zwięzły K_{pz}	węgiel	łupek zwięzły	piaskowiec średniozw.	piaskowiec zwięzły
8,31	12	18	17	16	6,50	15,700	14,875	16,125	0,39109	0,9446	0,8950	0,9702
9,05	12	18	19	17	6,80	16,300	15,625	19,125	0,3756	0,9005	0,8632	1,0566
10,03	14	19	19	19	7,50	17,500	15,625	20,375	0,3738	0,8723	0,7789	1,0157
11,37	15	22	21	21	8,30	18,625	17,000	21,200	0,36499	0,8190	0,7475	0,9322
12,16	16	22	22	21	8,90	18,625	17,500	23,300	0,3659	0,7658	0,6944	0,9580
13,27	16	22	23	23	9,20	19,250	17,750	25,000	0,3466	0,7253	0,6688	0,9419
13,81	17	23	25	24	9,60	20,125	17,875	27,200	0,3475	0,7286	0,6471	0,9848
14,54	19	23	28	28	10,60	20,125	19,000	30,250	0,3645	0,6920	0,6533	1,0402
15,58	19	25	28	28	10,60	21,875	19,700	30,250	0,3401	0,7020	0,6322	0,9707
16,68	21	25	31	32	12,00	21,875	20,000	33,000	0,3597	0,6557	0,5995	1,6191
17,70	21	26	33	33	12,50	22,700	21,000	34,000	0,3531	0,6418	0,5932	0,9604
142,50	182	243	266	262	102,50	212,700	195,950	279,825	0,3596	0,7147	0,6875	0,9818

Tablica 3

Wyrobiska korytarzowe drążone dla obudowy TH
głębokość zabioru 1 = 2,0 m, stosowany materiał wybuchowy
dla węgla – MPS CT dla pozostałych skał – BPCT

Kopalnia SILESIA

Przekrój poprzeczny wyrobiska S, m^2	Liczba otworów strzałowych				Ilość materiału wybuchowego w kilogramach				Ilość materiału wybuchowego przypadająca w kG na 1 m^3 skały			
	węgiel N_w	łupek zwięzły $N_{łz}$	piaskowiec średniozw. N_{ps}	piaskowiec zwięzły N_{pz}	węgiel K_w	łupek zwięzły $K_{łz}$	piaskowiec średniozw. K_{ps}	piaskowiec zwięzły K_{pz}	węgiel	łupek zwięzły	piaskowiec średniozw.	piaskowiec zwięzły
8,31	20	29	29	29	13,70	21,00	20,90	24,40	0,8240	1,2685	1,2214	1,4681
9,05	22	31	31	31	15,10	22,60	22,40	25,80	0,8342	1,2486	1,2375	1,4806
10,03	23	33	33	33	16,10	24,60	24,50	30,20	0,8025	1,1941	1,2213	1,5054
11,37	24	34	34	34	17,20	26,50	27,00	33,40	0,7563	1,1650	1,1873	1,4687
12,16	27	35	35	35	18,90	28,00	28,70	35,70	0,7771	1,1513	1,1800	1,4679
13,27	27	27	37	37	20,70	29,50	32,70	39,80	0,7799	1,1115	1,2321	1,4996
13,81	28	38	38	38	21,70	31,60	34,10	41,70	0,7856	1,1440	1,2346	1,5097
14,54	29	39	39	39	22,40	32,80	36,80	44,60	0,7702	1,1279	1,2654	1,5337
15,58	31	41	41	41	23,80	36,80	40,60	48,40	0,7637	1,1553	1,3029	1,5532
16,68	33	43	43	43	25,30	37,90	44,00	52,00	0,7583	1,1360	1,3189	1,5587
17,70	35	46	46	46	27,20	41,00	47,00	57,00	0,7683	1,1581	1,3276	1,6101
142,50	299	406	406	406	222,10	332,30	358,70	434,00	0,7793	1,1659	1,2585	1,5228

Stąd współczynnik korelacji we wszystkich przypadkach będzie równy jedności.

Wyrównania punktów empirycznych dokonano metodą najmniejszych kwadratów, gdzie za najbardziej prawdopodobną funkcją ze wszystkich przyjęto liniową, której zasadnicze równanie jest:

$$N = a \cdot S + b \tag{6}$$

$$K = a_1 \cdot S + b_1 , \tag{7}$$

gdzie:

N - liczba otworów strzałowych, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy N postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

K - ilość materiału wybuchowego (kg), przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy K postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

a - tangens kąta nachylenia prostej N do osi S, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy a postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

a_1 - tangens kąta nachylenia prostej K do osi S, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy a_1 postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

b - wartość rzędnej punktu przecięcia się prostej z osią N, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy b postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

b_1 - wartość rzędnej punktu przecięcia się prostej z osią K, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy b_1 postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz.

Dla znalezienia i jednoznacznego określenia parametrów a, b, a_1, b_1 posłużono się równaniami

$$\sum Nf_{(N)} = a\sum Sf_{(S)} + b\sum f \tag{8}$$

$$\sum SNf_{(S,N)} = a\sum S^2 f_{(S)} + b\sum Sf_{(S)} \tag{9}$$

$$\sum Kf_{(K)} = a_1 \sum Sf_{(S)} + b_1 \sum f \qquad (10)$$

$$\sum SKf_{(S,K)} = a_1 \sum S^2 f_{(S)} + b_1 \sum Sf_{(S)} \qquad (11)$$

gdzie:

$f_{(N)}$ - liczba spostrzeżeń (metryk wzorcowych) określonej liczby otworów strzałowych przy tym samym przekroju poprzecznym wyrobiska korytarzowego, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy N postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,,

$f_{(k)}$ - liczba spostrzeżeń (metryk wzorcowych) określonej ilości materiału wybuchowego w (kg) przy tym samym przekroju poprzecznym wyrobiska korytarzowego, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy K postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

$f_{(S)}$ - liczba spostrzeżeń (metryk wzorcowych) określonej ilości przekroju poprzecznych przy tej samej liczbie otworów strzałowych lub przy tej samej ilości materiału wybuchowego (kg)

$f_{(SN)}$ - liczba spostrzeżeń (metryk wzorcowych) określonej ilości przekrojów poprzecznych i określonej liczby otworów strzałowych, przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy N postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

$f_{(SK)}$ - liczba spostrzeżeń (metryk strzałowych) określonej ilości przekrojów poprzecznych i określonej ilości materiału wybuchowego (kg), przy czym dla każdego rodzaju skał należy przy K postawić odpowiedni symbol w, łz, ps, pz,

f - ogólna liczba spostrzeżeń (metryk strzałowych),

$\sum$ - symbol sumy.

Z uwagi na ograniczone rozmiary referatu nie pokazano sposobu wyliczenia parametrów a_w, $a_{łz}$, a_{ps}, a_{pz}, b_w, $b_{łz}$, b_{ps}, b_{pz}, a_{1w}, $a_{1łz}$, a_{1ps}, a_{1pz}, b_{1w} $b_{1łz}$, b_{1ps}, b_{1pz}, a ograni-

Tablica 4

Funkcje wyrównujące punkty empiryczne N_w,S, $N_{łz}$,S, N_{ps},S, N_{pz},S i K_w,S, $K_{łz}$,S, K_{ps},S, K_{pz},S
oraz wyliczone wartości N_w, K_w, $N_{łz}$, $K_{łz}$, N_{ps}, K_{ps}, N_{pz}, K_{pz}
dla poszczególnych przekrojów poprzecznych wyrobisk korytarzowych – kopalnia PIAST

Przekrój poprzeczny wyrobiska S, m^2	$N_w = 0{,}9116\ S + 2{,}5538$ $K_w = 0{,}5005\ S + 1{,}4431$		$N_{łz} = 0{,}8820\ S + 8{,}2111$ $K_{łz} = 0{,}8940\ S + 2{,}1459$		$N_{ps} = 1{,}0931\ S + 8{,}8400$ $K_{ps} = 0{,}9889\ S + 9{,}4170$		$N_{pz} = 1{,}0085\ S + 12.6627$ $K_{pz} = 0{,}9662\ S + 12.3561$	
	N_w	K_w	$N_{łz}$	$K_{łz}$	N_{ps}	K_{ps}	N_{pz}	K_{pz}
8,31	10,13	5,603	15,54	9,575	17,92	17,634	21,04	20,385
9,05	10,80	5,973	16,19	10,237	18,73	18,367	21,79	21,100
10,03	11,70	6,463	17,06	11,113	19,80	19,335	22,78	22,047
11,37	12,92	7,134	18,24	12,290	21,27	20,660	24,13	23,342
12,16	13,64	7,530	18,94	13,017	22,14	21,443	24,93	24,105
13,27	14,65	8,085	19,92	14,009	23,34	22,539	26,05	25,178
13,81	15,14	8,355	20,39	14,502	23,94	23,073	26,59	25,699
14,54	15,81	8,721	21,03	15,145	24,74	23,795	27,32	26,405
15,58	16,76	9,242	21,95	16,074	25,87	24,823	28,36	27,409
16,68	17,76	9,791	22,92	17,058	27,17	25,911	29,47	28,472
17,70	18,69	10,303	23,82	17,980	28,03	26,920	30,54	29,458

Tablica 5

Funkcje wyrównujące punkty empiryczne N_w,S, $N_{łz}$,S, N_{ps},S, N_{pz},S i K_w,S, $K_{łz}$,S, K_{ps},S, K_{pz},S
oraz wyliczone wartości N_w, K_w, $N_{łz}$, $K_{łz}$, N_{pz}, K_{ps}, N_{pz}, K_{pz}
dla poszczególnych przekrojów poprzecznych wyrobisk korytarzowych Kopalnia JAWORZNO

Przekrój poprzeczny wyrobiska S, m^2	$N_w = 1{,}0244\ S + 3{,}2743$ $K_w = 0{,}6398\ S + 1{,}0303$		$N_{łz} = 0{,}8770\ S + 10{,}7303$ $K_{łz} = 0{,}7344\ S + 9{,}8240$		$N_{ps} = 1{,}6728\ S + 2{,}5115$ $K_{ps} = 0{,}6333\ S + 9{,}6092$		$N_{pz} = 1{,}8422\ S - 0{,}0469$ $K_{pz} = 1{,}9081\ S + 0{,}7187$	
	N_w	K_w	$N_{łz}$	$K_{łz}$	N_{ps}	K_{ps}	N_{pz}	K_{pz}
8,31	11,79	6,347	18,02	15,927	16,41	14,872	15,26	16,575
9,05	12,15	6,820	18,67	16,471	17,65	15,341	16,63	17,997
10,03	13,56	7,447	19,53	17,190	19,29	15,961	18,43	19,857
11,37	14,93	8,305	20,70	18,174	21,54	16,811	20,90	22,414
12,16	15,68	8,810	21,39	18,755	22,85	17,311	22,35	23,922
13,27	16,87	9,520	22,37	19,570	24,72	18,013	24,40	26,039
13,81	17,43	9,865	22,84	19,966	25,61	18,355	25,40	27,070
14,54	18,18	10,332	23,48	20,503	26,83	18,818	26,74	28,463
15,58	19,24	10,998	24,39	21,266	28,57	19,476	28,65	30,448
16,68	20,37	11,702	25,36	22,075	30,41	20,173	30,68	32,547
17,70	21,40	12,354	26,25	22,803	32,12	20,819	32,56	34,497

Tablica 6

Funkcje wyrównujące punkty empiryczne N_w,S, $N_{łz}$,S, N_{ps},S, N_{pz},S i K_w,S, $K_{łz}$,S, K_{ps},S, K_{pz},S
oraz wyliczone wartości N_w, K_w, $N_{łz}$, $K_{łz}$, N_{ps}, K_{ps}, N_{pz}, K_{pz}
dla poszczególnych przekrojów poprzecznych wyrobisk korytarzowych Kopalnia SILESIA

Przekrój poprzeczny wyrobiska w m^2 S	$N_w = 1,5063\ S + 7,6683$ $K_w = 1,4133\ S + 1,8827$		$N_{łz} = 1,6627\ S + 15,3697$ $K_{łz} = 2,0888\ S + 3,1504$		$N_{ps} = 1,6627\ S + 15,3697$ $K_{ps} = 2,8334\ S - 4,0959$		$N_{pz} = 1,6627\ S + 15,3697$ $K_{pz} = 3,3908\ S - 4,4716$	
	N_w	K_w	$N_{łz}$	$K_{łz}$	N_{ps}	K_{ps}	N_{pz}	K_{pz}
8,31	20,18	13,627	29,19	20,508	29,19	19,549	29,19	23,706
9,05	21,30	14,673	30,42	22,054	30,42	21,546	30,42	26,215
10,03	22,77	16,058	32,05	24,101	32,05	24,546	32,05	29,538
11,37	24,80	17,951	34,27	26,900	34,27	28,119	34,27	34,082
12,16	25,99	19,068	35,59	28,550	35,59	30,036	35,59	36,760
13,27	27,66	20,637	37,43	30,868	37,43	33,505	37,43	40,524
13,81	28,47	21,400	38,33	31,995	38,33	35,033	38,33	42,355
14,54	29,57	22,432	39,55	33,521	39,55	37,100	39,55	44,830
15,58	31,14	23,901	41,27	35,692	41,25	40,048	41,27	48,357
16,68	32,79	25,456	43,10	37,990	43,10	43,165	43,10	52,087
17,70	34,33	26,897	44,80	40,121	44,80	46,055	44,80	55,546

czono się jedynie do przedstawienia ustalonych za ich pomocą związków funkcyjnych

$$N_w = a_w S + b_w \quad (12)$$

$$N_{łz} = a_{łz} S + b_{łz} \quad (13)$$

$$N_{ps} = a_{ps} S + b_{ps} \quad (14)$$

$$N_{pz} = a_{pz} S + b_{pz} \quad (15)$$

$$K_w = a_{1w} S + b_{1w} \quad (16)$$

$$K_{łz} = a_{1łz} S + b_{1łz} \quad (17)$$

$$K_{ps} = a_{1ps} S + b_{1ps} \quad (18)$$

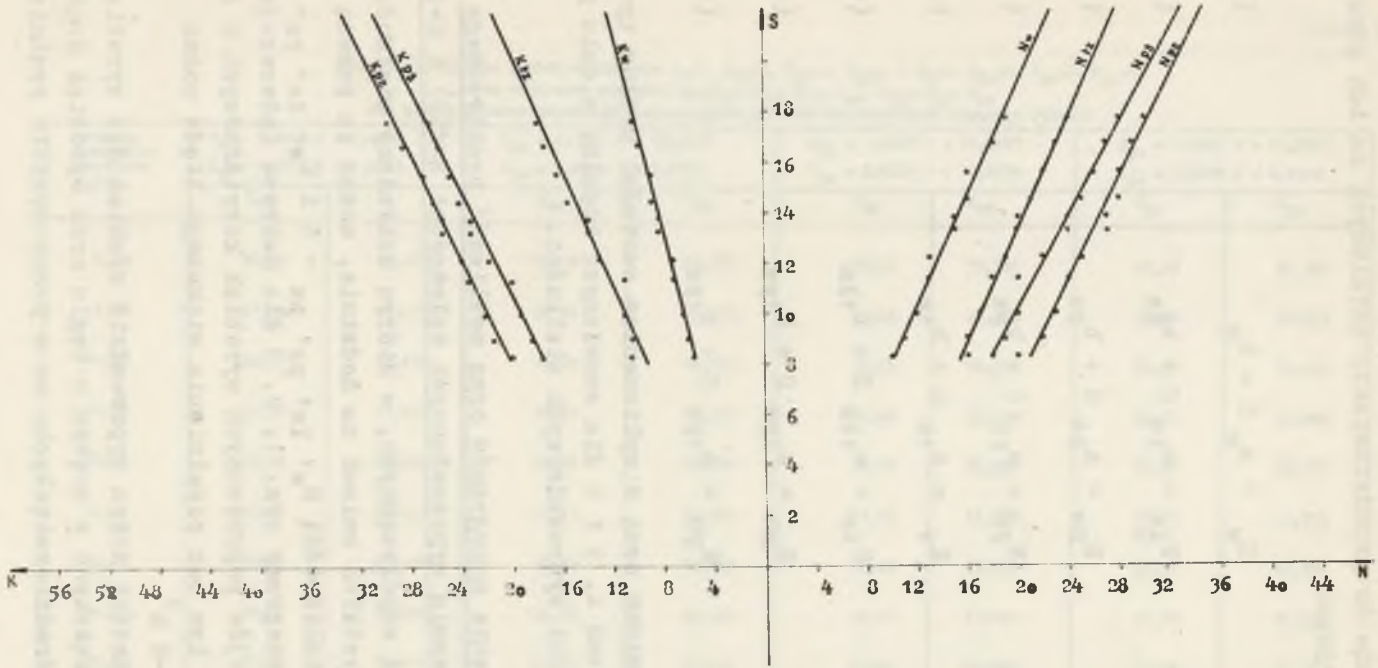
$$K_{pz} = a_{1pz} S + b_{1pz} \quad (19)$$

co jest uwidocznione wraz z wyliczeniem wartości według tych wzorów w tablicach 4, 5 i 6 dla omawianych kopalń, w celu porównania ścisłości wyprowadzonych wielkości.

4.2. Wykreślenie nomogramów oraz możliwość praktycznego zastosowania wyprowadzonych zależności N=f(S) i K=f(S)

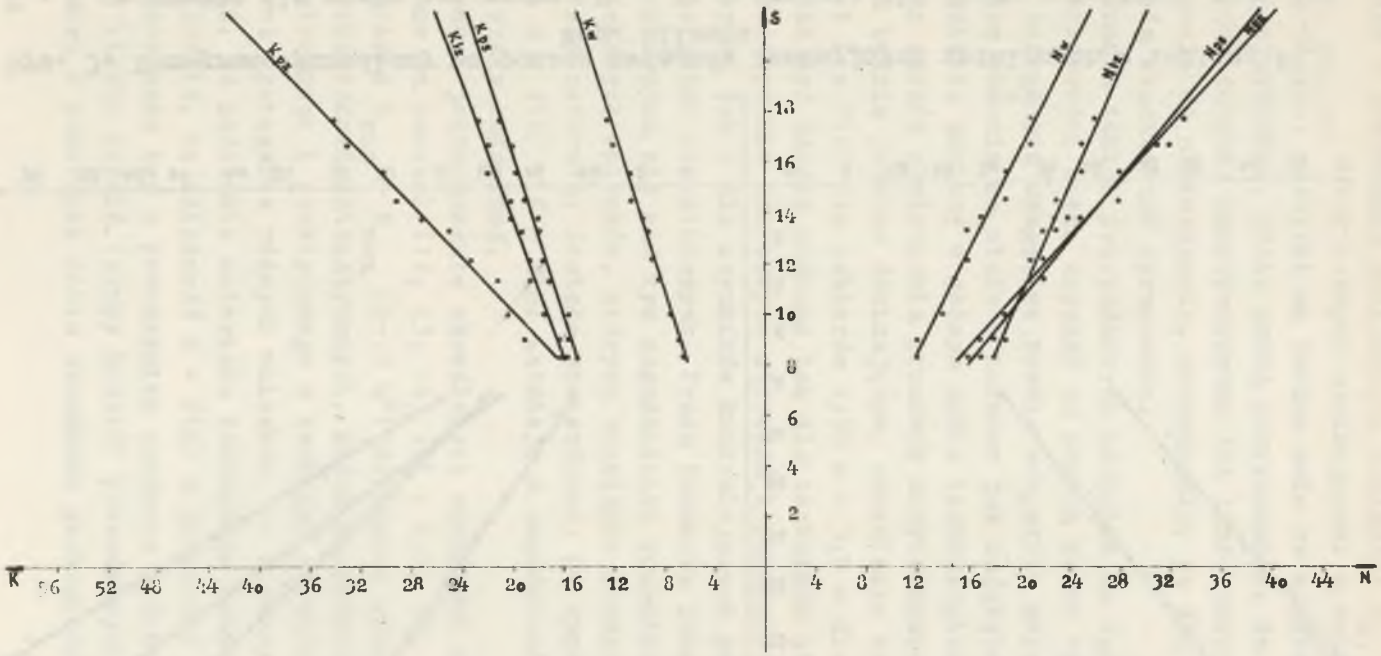
Przyjmując układ współrzędnych, w którym zakładamy wielkości liczbowe na wszystkich osiach za dodatnie, można za pomocą wyprowadzonych zależności N_w, łz, ps, pz - S i K_w, łz, ps, pz - S wykreślić nomogramy rys. 1, 2, 3 dla zakresu interesujących nas przekrojów poprzecznych wyrobisk korytarzowych 8 do 18 m^2. Zakresem tym bez popełnienia większego błędu można objąć również 6-8 m^2.

Podobne zależności można wyprowadzić również dla wyrobisk korytarzowych drążonych z wrębem w węglu oraz wyrobisk drążonych w łupkach średniozwięzłych, co w pracy zostało pominięte.



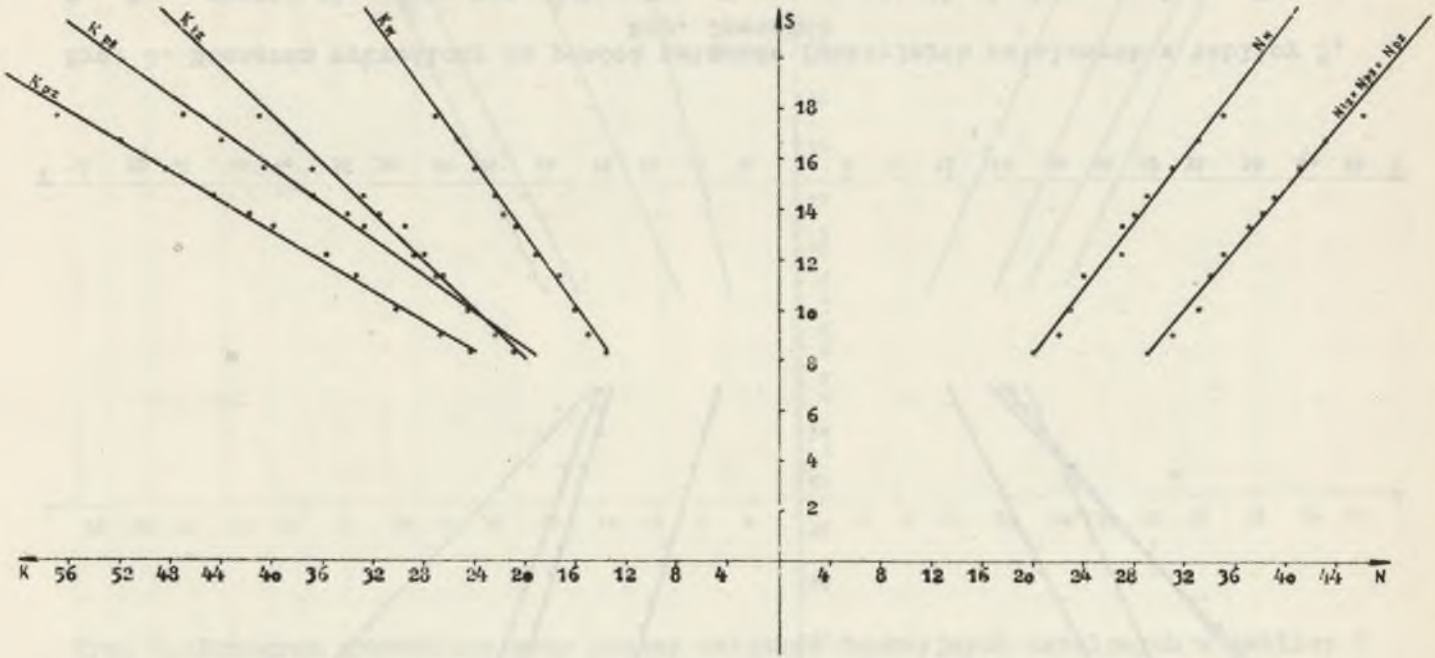
Rys. 1. Nomogram wykreślony przy pomocy związków funkcyjnych ustalonych w tablicy 4 kop. Piast

N_w, K_w – proste dla węgla bez wrębu, N_{tz}, K_{tz} – proste dla łupku zwięzłego, Nps, Kps – proste dla piaskowca średniozwięzł., Npz, Kpz – proste dla piaskowca zwięzłego



Rys. 2. Nomogram wykreślony za pomocą związków funkcyjnych ustalonych w tablicy 5, kop. Jaworzno

N_w, K_w - proste dla węgla bez wrębu, N_{tz}, K_{tz} - proste dla łupku zwięzłego, Nps, Kps - proste dla piaskowca średniozwięzł., Npz, Kpz - proste dla piaskowca zwięzłego



Rys. 3. Nomogram wykreślony za pomocą związków funkcyjnych ustalonych w tablicy 6 kop. Silesia

N_w, K_w - proste dla węgla bez wrębu, N_{tz}, K_{tz} - proste dla łupku zwięzłego, Nps, Kps proste dla piaskowca średniozwięzł., Npz, Kpz - proste dla piaskowca zwięzłego

Jak wynika z porównania wyliczonych wielkości $N_{w, łz, ps, pz}$ i $K_{w, łz, ps, pz}$ z faktycznymi wynikającymi z metryk strzałowych wzorcowych, odchyłki są bardzo małe za wyjątkiem nielicznych przypadków, gdzie można przypuszczać, że albo metryka wzorcowa została niedopracowana lub inne przyczyny niemożliwe obecnie do stwierdzenia, spowodowały, że dla danego przypadku była właśnie tak opracowana.

Wyrównanie takich przypadkowych odchyleń do ogółu zależności w zbiorowości można uzyskać za pomocą prawa "wielkich liczb". Biorąc pod uwagę, że prawie wszystkie kopalnie PW przechodzą obecnie na stałe a zarazem jak najgłębsze możliwe do osiągnięcia zabiory w jednym cyklu technologicznym oraz, że klasyczny sposób obwiercania przodków korytarzowych przez długie lata będzie jeszcze dominującym, określenie zależności N=f (S) i K = f(S) dla zabiorów 1,50 m - 3,0 m dla całego resortu może być bardzo pomocne tak dla techników strzałowych, przy opracowywaniu wzorcowych strzelań i wzorcowych metryk strzałowych, jak i dla czynników kontrolujących prawidłowe wykonywanie robót strzelniczych. Praca badawcza jaką od dwóch lat przeprowadza się nad tym zagadnieniem pozwoliła wysunąć wiele ciekawych wniosków, których omawianie przekroczyłoby zakres tego referatu. Zostało stwierdzone, że wyprowadzone zależności N = f(S) i K = f(S) istnieją a zagadnienie to wymaga dalszej pracy badawczej.

Za pomocą jednoznacznie określonych wielkości na N i K, jak podano we wzorach (12, 13, 14, 15) i (16, 17, 18, 19) można w zakresie S_{min} - S_{max} (6-18 m^2) dokonywać różnych ciekawych przekształceń matematycznych, które na podstawie materiału teoretycznego i praktycznego z techniki strzelniczej pozwalają na wyciąganie różnych wniosków, co w pracy zostaje pominięte. Na podstawie materiału badawczego można już obecnie stwierdzić, że zależność N = f(S) w granicach dopuszczalnych błędów może być z powodzeniem ustalona jednoznacznie dla większej liczby kopalń (grupy kopalń) prowadzących roboty korytarzowe w podobnych sobie warunkach geologicznych. Nie

można tego jeszcze powiedzieć o zależności K = f(S), gdyż zagadnienie to wymaga dodatkowej analizy od strony ekonomicznej. Znalezienie i ustalenie zależności funkcyjnej N = f(S) pozwala na wprowadzenie tej wielkości do wzorów określających czas trwania cyklu technologicznego w wyrobiskach korytarzowych drążonych "metodą szybkościową" (metodą zorganizowaną), co pozwala na przeprowadzenie analizy tego czasu tak od strony technicznej, jak i ekonomicznej (patrz praca [9]). Wykreślone linie funkcyjne N = f(S) i K = f(S) dla przypadku kopalni Piast są prawie równoległe do siebie dla skał niewęglowych. Dla kopalni Jaworzno jest znaczna odchyłka prostej $N_{łz}$ od pozostałych N_{ps} i N_{pz} oraz odchyłka prostej K_{pz} od pozostałych. Dla kopalni Silesia odchyłka ta występuje przy prostych K_{ps} i K_{pz}.

Przyjmując, że liczba spostrzeżeń jest stosunkowo nieduża, można wysunąć przypuszczenie, że przy dużej liczbie rzetelnie opracowanych metryk wzorcowych proste $N_{łz}$, N_{ps}, N_{pz} oraz proste $K_{łz}$, K_{ps}, K_{pz} będą najprawdopodobniej miały przybliżony kąt nachylenia do osi S, a zatem stosunek wielkości N_{pz}: N_{ps}, N_{pz}: $N_{łz}$, N_{ps}: $N_{łz}$ oraz stosunek wielkości K_{pz} : K_{ps}, K_{pz} : $K_{łz}$, K_{ps} : $K_{łz}$ będzie wielkością prawie stałą, co pozwoliłoby na wysunięcie bardzo ciekawych wniosków, które w chwili obecnej nie są jeszcze dostatecznie poparte odpowiednim materiałem badawczym ażeby można je szerzej rozpatrywać.

5. Wnioski

Na przykładzie wyprowadzonych za pomocą związku korelacyjnego zależności funkcyjnych pomiędzy liczbą otworów strzałowych oraz ilością materiału wybuchowego (kg) i przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego, przy jednoznacznym określeniu pozostałych czynników geologiczno-technicznych, można wysunąć następujące wnioski:

- Istnieje ścisły związek funkcyjny pomiędzy liczbą otworów strzałowych i przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego,

- Istnieje ścisły związek funkcyjny pomiędzy ilością materiału wybuchowego (kg) i przekrojem poprzecznym wyrobiska korytarzowego,
- Związki te można ująć w wzory funkcyjne liniowe N=f(S) i K = f(S)
- Na podstawie prawidłowo i rzetelnie przeprowadzonych strzelań wzorcowych oraz opracowanych metryk wzorcowych będzie można z bardzo dużym przybliżeniem określić zależność funkcyjną N = f(S) i K = f(S) dla poszczególnej kopalni czy nawet grupy kopalń, prowadzących wyrobiska korytarzowe w podobnych sobie warunkach geologiczno-technicznych oraz wykreślić nomogramy ułatwiające i pozwalające na właściwe przeprowadzenie wzorcowych strzelań, ustalenie wzorcowych metryk, co niewątpliwie przyczyni się do znacznej oszczędności materiału wybuchowego w kopalniach P.J.
- Za pomocą wyprowadzonych zależności N = f(S) i K = f(S) można będzie przeprowadzać natychmiastową kontrolę przydatności technicznej metryk strzałowych dla poszczególnych kopalń, jak również można będzie prawidłowo szkolić techników i instruktorów strzałowych.
- Przez prowadzenie dalszej pracy badawczej nad tym zagadnieniem będzie można z dużym przybliżeniem dla określonych jednoznacznie skał w górnictwie węglowym wyprowadzić wzory N = f(S) i K = f(S) takie, które pozwoliłyby na określenie norm państwowych przy stosowaniu materiału wybuchowego.

LITERATURA

[1] Wild H.W.: Die Intierung von Sprengstoffladungen in Bohrlöchern Glückauf, 1964. Nr 26.

[2] Stepkani E.: Das Schiessen auf Grossbohrloche in den Streckenvortieben des Steinkohlen und des Erzbergbaus. Glückauf, 1965. Nr 9.

[3] Cybulski W.: Postęp w dziedzinie bezpieczeństwa roboty strzelniczej. Referat na konferencję naukowo-techniczną SITG. Katowice 1965.

[4] Cybulski W.: Badania bezpieczeństwa materiałów wybuchowych wobec metanu w węglu i kamieniu. Komunikat GIG nr 235 - Katowice 1959.

[5] Pawłowicz K.: Badania nad wpływem rodzaju przybitki na efekt strzelania, granulację węglowego urobku. Referat na konferencję naukowo-techniczną SITG. Katowice 1965.

[6] Pawłowicz K.: Badania nad wpływem rodzaju przybitki na efekt strzelania i granulację urobku. Referat na konferencję naukową SITG. Katowice 1965.

[7] Dudek J.: Stan robót wiertniczych i strzałowych w górnictwie podziemnym. Referat na konferencję naukowo-techniczną SITG Katowice 1965.

[8] Pawłowicz K.: Wpływ sposobu inicjowania na efekt i bezpieczeństwo roboty strzelniczej w wyrobiskach drążonych w kamieniu. Materiał na konferencję naukowo-techniczną. Katowice 1965. SITG.

[9] Psota J.: Ustalenie zależności funkcyjnej pomiędzy czasem trwania cyklu technologicznego w wyrobiskach korytarzowych drążonych metodą szybkościową i ilością otworów strzałowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Górnictwo" 1966.

[10] Psota J.: Analiza drążenia wyrobisk korytarzowych metodą szybkościową (nie publikowane).

[11] Cramer H.: Metody matematyczne w statystyce. Warszawa 1958 PWE.

[12] Szulc S.: Metody statystyczne. Warszawa 1963 PWE.