

Kazimierz PODGÓRSKI, Alicja STEFANIK-PODGÓRSKA, Janusz KONIOR,  
Wojciech PREIDL

### ZACHOWANIE SIĘ PODSADZKI PODCZAS LIKWIDACJI SZYBÓW

**Streszczenie.** W pracy podano podstawy teoretyczne pozwalające prognozować zachowanie się podsadzki podczas zasypywania szybów z uwzględnieniem strefy wypychania podsadzki do podszybi. Przedstawiono również ocenę zachowania się podsadzki w zasypywanych szybach „Pola Warszowice” KWK „Pniówek”.

### THE BEHAVIOUR OF THE STOWING MATERIAL DURING THE LIQUIDATION OF SHAFTS

**Summary.** The paper presents theoretical fundamentals basing on which the behaviour of the stowing material in the course of filling can be predicted, taking into account the zone of pushing the stowing material into the bottom of the shaft.

Moreover, the behaviour of the stowing in the filled-up shafts I, II and III in the „Warszowice Field” of the colliery „Pniówek” has been gauged.

### DAS VERHALTEN DES VERSATZES WÄHREND DES AUFFÜLLENS VON SCHÄCHTEN

**Zusammenfassung.** Im vorliegenden Aufsatz werden die theoretischen Grundlagen, die es ermöglichen, das Verhalten des Versatzes während des Auffüllens von Schächten zu prognostizieren, unter Berücksichtigung der Zone des Eindringens des Versatzes in den Füllort.

Bewertet wird auch das Verhalten des Versatzes in den aufgefüllten Schächten I, II und III des Abbaufeldes „Warszowice” der Steinkohlenzeche „Pniówek”.

## 1. WSTĘP

W miarę prowadzonej eksploatacji zostają likwidowane poziomy wydobywcze oraz szyby. Również w częściach obszarów górniczych po dokładnym zbadaniu okazało się, że występują pokłady mało przydatne do ekonomicznej eksploatacji. W takiej sytuacji już wykonane szyby likwidowano przez ich zasypanie.

Przed przystąpieniem do likwidacji szybów należy wykonać projekt, który winien uwzględniać niżej podane warunki:

1. należy wykonać pełną izolację horyzontów wodnych, aby zapewnić ochronę podziemnych zasobów wód i nie dopuścić do mieszania się wód zasolonych ze słodkimi,
2. zastosowany materiał i sposób wykonania robót nie może spowodować zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego,
3. sposób prowadzenia robót nie może spowodować wystąpienia dużej uciążliwości w terenach zabudowanych i nie będzie związany z wycinką drzew,
4. likwidację szybu należy przeprowadzić tak, aby można było użytkować sąsiednie szyby i związane z nimi wyrobiska zgodnie z przeznaczeniem,
5. w końcowym etapie prowadzenia eksploatacji pozafiltrarowej, jak i projektowanej w filarze winna być zachowana wymagana szczelność zlikwidowanego szybu, która zezwoli na dalszą likwidację wyrobisk i szybów sąsiadujących,
6. przewidywana eksploatacja górnicza w filarze nie powinna spowodować takich uszkodzeń obudowy szybu w wyniku jej ścięć, że woda górnych horyzontów wodnych poprzez spękaną obudowę murową, pustki za obudową i nieszczelnie zlikwidowany szyb będzie spływała do niżej położonych wyrobisk, stwarzając zagrożenie wodne i nawadnianie skał karbońskich,
7. celowe jest, aby likwidacja szybu prowadzona była pod nadzorem specjalistów w tym zakresie.

Istnieje kilka sposobów likwidacji szybów:

- a) zamknięcie szybów w miejscu głowicy za pomocą płyt żelbetowych - rozwiązanie to nie daje pewności utrzymania stateczności obudowy szybu w warunkach ujawniania się wpływów tak dokonanej, jak i projektowanej eksploatacji górniczej,

- b) zamknięcie szybów za pomocą korków betonowych wykonanych w uprzednio wyciętym pierścieniu w obudowie i skałach otaczających, które winny przejąć obciążenie od materiału zasypowego i możliwe zawodnienie szybu,
- c) likwidacja szybów za pomocą korków betonowych we wlotach szybowych z wypełnieniem przestrzeni między korkami podsadzką,
- d) likwidacja szybów przez wypełnienie ich kamieniem z zastosowaniem korków ilastych odcinających horyzonty wodne. Stosowana podsadzka powinna składać się z kamienia grubego, który nie ulega wietrzeniu i rozmakaniu, a zatem nie należy stosować materiałów, które może łatwo rozmywać woda przesączająca się przez obudowę i powodować pod wpływem ciśnienia spływowego transport materiału zasypowego z szybu do wyrobisk przyszybowych i stwarzać niebezpieczeństwo zawalenia się szybu.

## 2. ZACHOWANIE SIĘ PODSADZKI PODCZAS LIKWIDACJI SZYBÓW W ŚWIETLE ROZWAŻAŃ TEORETYCZNYCH

Zagadnienie zachowania się podsadzki w szybie rozpatrzono dla 2 przypadków. W przypadku 1 założono, że podsadzka wprowadzana jest do wody w zatopionym szybie, natomiast w 2 przypadku podsadzka wprowadzana jest do szybu nie zatopionego.

Dla takich rozwiązań poniżej podano podstawy teoretyczne pozwalające określić zachowanie się podsadzki w szybie i wlotach szybowych w zależności od własności podsadzki, wymiarów szybu, jak i wlotów szybowych.

### 2.1. Wielkość ciśnienia pionowego i poziomego w podsadźce likwidowanego szybu

Zagadnienie to można określić w analogii do zachowania się materiałów sypkich w silosach wykorzystując tzw. metodę Janssena [2]. W świetle tej metody ciśnienie pionowe w podsadźce zasypanego szybu określa wzór:

$$p = g \cdot \gamma_0 \cdot h \cdot \frac{1 - e^{-\xi}}{\xi} \quad (2.1.1)$$

- ciśnienie poziome  $p_0$  można obliczyć ze wzoru:

$$p_0 = p \cdot K \quad (2.1.2)$$

gdzie:  $\gamma_0$ - gęstość objętościowa składowanego materiału podsadzkowego w szybach suchych,

$\gamma = \gamma_S - 1$  gęstość objętościowa z uwzględnieniem wyporu wody, w szybach zalanych wodą,

$g$  - przyspieszenie ziemskie,

$h$  - wysokość rozpatrywanego słupa podsadzki w szybie,

$K$  - współczynnik parcia bocznego podsadzki na obudowę

$$K = \frac{p_0}{p} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right) \quad (2.1.3)$$

$\Phi$  - kąt tarcia wewnętrznego składowanego materiału,

$\xi$  - współczynnik oporu ścinania podsadzki względem obudowy

$$\xi = \frac{4 \cdot K \cdot h \cdot \mu}{d} \quad (2.1.4)$$

$\mu$  - współczynnik tarcia materiału zasypowego względem obudowy szybu,

$d$  - średnica szybu w świetle obudowy, [ m ]

W podanym wzorze, jeżeli podsadzkę o gęstości objętościowej  $g_S$  sypie się do wody i woda wypełnia pory między ziarnami, to wówczas należy brać do obliczeń gęstość objętościową z uwzględnieniem wyporu wody; w przybliżeniu można przyjąć, że:

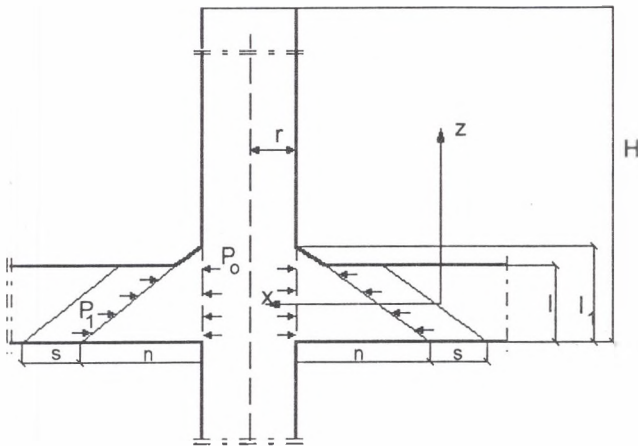
$$\gamma = \gamma_S - 1 \quad (2.1.5)$$

## 2.2. Zachowanie się podsadzki we wlotach szybowych

Podczas zasypywania szybu w przypadku stosowania podsadzki, w której przeważają kęsy piaskowca o wielkości około 20 cm, materiał w podszybiu układa się pod kątem naturalnego stoku. Może wówczas wystąpić zjawisko pełnego zahamowania rozpełniania się tego materiału w podszybiu z uwagi na małe parcie boczne podsadzki wynikające z dużego wpływu kąta tarcia wewnętrznego i hamujących sił tarcia skały o obudowę szybu.

Jeżeli szyb zasypywany jest materiałem o mniejszym współczynniku tarcia, może wystąpić zjawisko wyciskania podsadzki do wyrobisk podszybia i znaczne jej obniżenie w stosunku do zrębu szybu.

Poniżej rozpatruje się uproszczony schemat obliczeniowy uwzględniający brak wypychania podsadzki do wyrobisk podszybia. Schemat ten obrazuje rys. 1 [5].



Rys. 1. Schemat obliczeniowy zachowania się podsadzki we wlotach szybowych

Fig. 1. Diagram of calculating the behaviour of the stowing material at the entry to a shaft

W przedstawionym schemacie obliczeniowym przyjęto, że parcie boczne podsadzki w miejscu wlotu szybowego jest pokonywane przez siły tarcia podsadzki o obudowę wlotu podszybia.

Wychodząc z warunku równowagi sił parcia podsadzki od strony szybu i sił tarcia względem obudowy szybu wynikających z oddziaływania sił ciężkości podsadzki i rozpięcia bocznego podsadzki względem obudowy, wyprowadzono wzór na wielkość parcia podsadzki we wlocie szybowym:

$$P_0 = \frac{K \cdot \gamma \cdot g}{c} - \frac{(\gamma \cdot g - c \cdot p_k) \cdot K \cdot e^{-cH}}{c} \quad (2.2.1)$$

Opór tarcia podsadzki we wlocie szybowym w przeliczeniu na powierzchnię przekroju wlotu określa wzór:

$$P_0 = \frac{2 \cdot (n + 2 \cdot s) \cdot L \cdot \gamma \cdot g \cdot \mu \cdot l}{2 \cdot l \cdot L - 0,6 \cdot (n + s) \cdot L \cdot K - K \cdot (n + 2 \cdot s) \cdot l \cdot 0,5} \quad (2.2.2)$$

Strefę wypchnięcia podsadzki we wlocie można obliczyć ze wzoru:

$$s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot L \cdot l - 2 \cdot n \cdot L \cdot l \cdot \gamma \cdot g \cdot \mu - 0,6 \cdot P_0 \cdot n \cdot L \cdot K - 0,5 \cdot l \cdot n \cdot K \cdot P_0}{4 \cdot L \cdot \gamma \cdot g \cdot l \cdot \mu + 0,6 \cdot P_0 \cdot L \cdot K + l \cdot K \cdot P_0} \quad (2.2.3)$$

Zasięg stoku kamienia we wlocie szybowym określa wzór:

$$n = \frac{l_1}{tg\beta} \quad (2.2.4)$$

Ciśnienie korka wodoszczelnego na podsadzkę z kamienia na poziomie H:

$$P_k = P + P_w - P_p \quad (2.2.5)$$

W podanych wzorach oznaczają:

$$c = \frac{K \cdot \mu \cdot 4}{D}$$

$$K = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$\mu$  - współczynnik tarcia podsadzki o obudowę szybu na odcinku H,

D - średnica wewnętrzna obudowy szybu,

H - odległość wlotu od korka łożowego lub innego materiału zasypowego,

L - szerokość wlotu podszybia,

$l_1$  - wysokość wlotu podszybia,

$\beta$  - kąt stoku naturalnego kamienia podsadzki we wlocie,

$p_w$  - ciśnienie wody nad korkiem,

$p_p$  - ciśnienie wody pod korkiem,

$p + p_w$  - ciśnienie pionowe korka na podsadzkę poniżej korka.

Wyciskanie podsadzki we wlocie wystąpi, jeżeli obliczona wielkość s ze wzoru (2.2.3) będzie większa od zera.

Podane powyżej wzory zostały wyprowadzone przy założeniu, że woda nie przepływa przez szyb i wyrobiska podszybi, a zatem nie powoduje, pod wpływem tzw. ciśnienia spływowego, powstawania dodatkowych sił sprzyjających wymywaniu części drobnych i ich transport do wyrobisk podszybi.

W zależności od materiału podsadzkowego w szybie i rozparcia się jego względem obudowy wystąpi różnica wielkości jego osiadania w szybie.

Przy założonej ściśliwości podsadzki około 7% oraz przy założeniu, że wystąpi wyciskanie podsadzki do podszybi o wielkość  $s$ , wielkość osiadania podsadzki względem zrębu szybu można obliczyć ze wzoru:

$$w = \sum_{i=1}^{i=3} H_i 0,07 + \sum_{i=1}^{i=3} \frac{2s_i L_i}{3,14d^2} \quad (2.2.6)$$

gdzie:

$w$  - osiadanie podsadzki przy zrębie szybu,

$H_i$  - długość rozpatrywanego odcinka szybu w odniesieniu do wlotów szybowych,

$i$  - ilość podszybi, przyjęto  $i=3$ ,

$s_i$  - droga wypchnięcia podsadzki we wlocie szybowym,

$L$  - szerokość podszybia,

$l$  - wysokość części prostej podszybia,

$d$  - średnica wewnętrzna szybu.

Przy założeniu że podczas zasypywania szybu kamieniem wystąpi takie jego zagęszczenie, że siły tarcia względem obudowy będą równe lub większe od sił ciężkości materiału, to wówczas można przyjąć, że materiał taki nie będzie dodatkowo osiadał w szybie.

Dla układu, w którym powyżej takiego materiału będzie znajdowała się podsadzka, np. z łupku z zakładu przerobczego, który to łupek może przemieszczać się względem obudowy, to wówczas wystąpi osiadanie takiej podsadzki.

Zakładając, że kęsy kamienia grubego przejmują ciężar dowolnej podsadzki, a podsadzka z takiego materiału nie ulega wyciskaniu w podszybiach, to wówczas, jak już uprzednio wspomniano, będzie osiadała podsadzka o mniejszym kącie tarcia wewnętrznego.

Przy założeniu ściśliwości podsadzki 7% wielkość jej osiadania można obliczyć ze wzoru:

$$w = 0,07(H-l_1-b) \quad (2.2.7)$$



gdzie:

H - głębokość położenia rozpatrywanego wlotu szybowego,

$l_1$  - wysokość skośnej części wlotu,

b - wymagany odcinek szybu nad wlotem szybowym zasypywany kamieniem grubym dla zapewnienia stateczności materiału podsadzki w szybie, jak i wlotach szybowych.

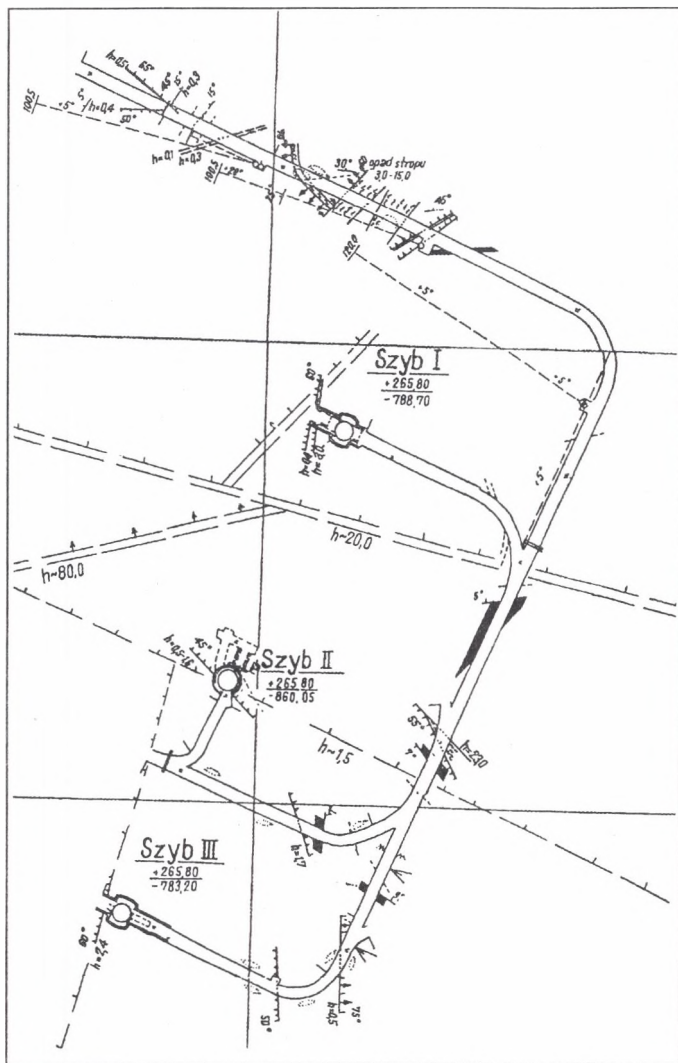
### 3. STOSOWANY PRZEZ KWK „KRUPIŃSKI” SPOSÓB LIKWIDACJI SZYBÓW I, II i III i ETAPY LIKWIDACJI TYCH SZYBÓW [5]

Zasypywanie szybów "Pola Warszowice" było realizowane w oparciu o projekt "Likwidacja szybów I, II i III w „Polu Warszowice" KWK "Pniówek" opracowany przez Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych Gliwice. Likwidacji szybów własnym kamieniem popłuczkowym i odpadami z pras filtracyjnych podjęła się KWK "Krupiński". W stosunku do projektu zmieniono kolejność zasypywania szybów, i tak jako pierwszy był zasypywany szyb III, a w dalszej kolejności szyby II i I.

#### Szyb III

Przed przystąpieniem do zasypywania zabudowano na zrębie szybu zsuwnię ułatwiającą podawanie materiału zasypowego z samochodu do wnętrza szybu. Zasypywanie szybu rozpoczęto w kwietniu 1993 roku i prowadzono do maja 1994 roku. W tym czasie do szybu wsypano łącznie około 90000 m<sup>3</sup> kamienia popłuczkowego i odpadów z pras filtracyjnych stanowiących korki izolacyjne przeciwdziałające możliwości połączenia się horyzontów wodnych. Materiał podsadzki wsypywany był głównie do wody, której poziom znajdował się maksymalnie około 230 m nad poziomem materiału zasypowego. W trakcie likwidacji szybu III nastąpiło znaczne obniżenie się poziomu wody w szybie, tak że jej poziom znajdował się minimalnie około 170 m powyżej poziomu podsadzki. W czasie obniżenia się poziomu wody w szybie nastąpiło przemieszczenie się materiału zasypowego z szybu do poziomych wyrobisk przyszybowych łączących szyby. Świadczy o tym fakt, że wprowadzona do szybu ilość materiału zasypowego wystarczyłaby do zasypania szybu na głębokość około 1800 m. Szyb III posiadał głębokość 1050 m, zatem przy przyjęciu ściśliwości podsadzki w zasypywanym szybie 20% pozostaje około 27000 m<sup>3</sup> podsadzki, która została przemieszczona do wyrobisk podszybi łączących omawiane szyby.





Rys.2. Wycinek planu poziomu 1020 m „Pola Warszowice”

Fig.2. A segment of the plan of level 1020 m of the „Warszowice Field”

### Szyb II

Do zasypywania szybu II przystąpiono po zakończeniu robót przy szybie III. Przed przystąpieniem do zasypywania należało wykonać cały szereg prac przygotowawczych, polegających na wykonaniu i utwardzeniu drogi dojazdowej do szybu, demontażu klap

zamykających zrab szybu, a przede wszystkim na zabudowie specjalnej zsuwni służącej do ukierunkowania strugi podawanego do szybu materiału zasypowego. Prace te rozpoczęto pod koniec roku 1993 i kontynuowano na początku 1994 r.

Do zasypywania szybu przystąpiono w marcu 1994 roku i prowadzono do stycznia 1995 roku. Do szybu, którego głębokość wynosiła 1055 m wprowadzono około 72000 m<sup>3</sup> kamienia popłuczkowego i odpadów z pras filtracyjnych stanowiących korki izolacyjne. Przy założeniu ścisłości podsadzki jak w szybie III, tj. 20% ilość niezbędnego materiału zasypowego potrzebnego do likwidacji szybu II winna wynieść około 63000 m<sup>3</sup>. Zatem pozostałe 9000 m<sup>3</sup> kamienia zostało przepchnięte do wyrobisk podszybi.

#### Szyb I

Prace przygotowawcze związane z zasypywaniem szybu I rozpoczęto 1 sierpnia 1994 r. Polegały one między innymi na demontażu klap pomostu na poziomie - 8 m oraz na zabudowie zsywni. Do zasypywania szybu I przystąpiono we wrześniu 1994 roku i prowadzono do lutego 1995 roku. Do szybu łącznie wprowadzono około 55000 m<sup>3</sup> materiału podsadzkowego. Taka ilość podsadzki wystarczyłaby do zasypania szybu o głębokości około 1100 m. Szyb I posiadał głębokość 1126,6 m. Zatem wprowadzona ilość materiału podsadzkowego odpowiada ilości materiału potrzebnego do zasypania tego szybu. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na fakt, że w trakcie zasypywania szybu I nie nastąpiło przepchnięcie materiału podsadzkowego do wyrobisk podszybi łączących szyby I, II i III.

#### 4. PODSUMOWANIE

Z powyższej analizy można stwierdzić, że jeżeli szyby znajdujące się w jednym filarze oraz wyrobiska łączące się z szybami zostaną szczelnie odcięte tamami od wyrobisk głównego odwadniania kopalni, to wówczas woda przedostająca się przez obudowę szybu z warstw górotworu powoduje stopniowe zatapianie szybu. W takiej sytuacji, gdzie nie powinno wystąpić uszkodzenie wodoszczelnych tam w wyrobiskach podszybi likwidowanych szybów, wytworzą się zbiorniki wodne. Podczas podsadzania kolejno szybów i stosowania korków izolacyjnych w szybie, dla odcięcia horyzontów wodnych względem obudowy i górotworu, występuje zjawisko gromadzenia się nad podsadzką wody, która w stanie granicznym pokonuje opór tarcia materiału

podsadzki względem obudowy, przerwanie szczelności korka względem obudowy i transport podsadzki do wyrobisk podszybi z równoczesnym wypchnięciem wody w szybach. W pierwszym podsadzonym szybie zjawisko przepychania podsadzki przez wodę do wyrobiska podszybi jest największe. Z oceny przebiegu tego zjawiska w szybie III wynika, że podczas jego podsadzania ilość przetransportowanej podsadzki do wyrobisk podszybi wynosiła około 27000 m<sup>3</sup>, co stanowi około 43% objętości szybu przed jego zasypaniem. Przy takim podsadzaniu występuje dość znaczne osiadanie materiału w szybie, które, przy przyjęciu ciężaru objętościowego podsadzki w szybie 1,85 m<sup>3</sup>, mogło wynieść około 200 m. W każdym następnym likwidowanym szybie ilość materiału podsadzkowego, który został przetransportowany do wyrobisk podszybi, maleje; i tak w szybie II ilość ta wynosiła około 9000 m<sup>3</sup>, natomiast w szybie I była zbliżona do zera. Powyższy fakt świadczy o tym, że do likwidacji szybów nie można stosować materiału o małym uziarnieniu i łatwo ulegającego rozmywaniu i rozmakaniu przez wodę migrującą zza obudowy szybu. Dlatego uważa się, że najkorzystniejsze do likwidacji szybów byłoby stosowanie kamienia nierozmakałnego, o dużej wodoprzepuszczalności, tak by ciśnienie sphywowe wody nie powodowało jego transportu. Kamień taki powinien posiadać uziarnienie:

- 250 ÷ 20 mm około 85%,
- 20 ÷ 2 mm nie więcej niż 12%,
- poniżej 1 mm nie więcej niż 3%

## LITERATURA

1. Chudek M., Podgórski K., Szczepaniak Z., Konior J.: Sposób likwidacji szybu „Szymon” i wyrobisk przyszybowych KWK „Halemba” z uwzględnieniem warunków hydrogeologiczno-górnictwowych i ekologicznych. Katowice 1994. Praca nie publikowana.
2. Ciganek J.: Technická studie likvidace jam. Ostrava 1993. Materiały konferencyjne.
3. Kochutek Z.: Techniczne problemy likwidacji szybów w świetle wybranych przykładów. Przegląd Górniczy nr 6/1993.
4. Patzke D., Schnaider M.: Inertisierung beim Verfüllen tiefer Tagesschachte. Glückauf nr 7/8 1991 r.

5. Podgórski K., Konior J., Podgórska-Stefanik A., Preidl W.: Ocena sposobu likwidacji szybów „Pola Warszowice” z punktu widzenia ochrony środowiska oraz nadzór nad robotami związanymi z zasypywaniem tych szybów. Gliwice 1994. Praca nie publikowana.
6. Podgórski K., Konior J.: Opinia naukowa do projektu technicznego „Likwidacja szybu „Piotr” dla KWK „Knurów” w Knurowie. Knurów 1995. Praca nie publikowana.
7. Praca zbiorowa: Instrukcja likwidacji zbędnych wyrobisk szybowych. MGİE 1975.
8. Stobiński J.: Likwidacja szybów. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 3/1992 r.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Alfred Biliński

Wpłynęło do Redakcji 12 października 1995 r.

## Abstract

The paper deals with the behaviour of stowing in the course of the liquidation of shafts, depending on whether the shafts are flooded or not. The effect of connecting some shafts in carbonic strata and the accumulation of water in these headings has been discussed, too. This problem has been described by means of theoretical formulae taking into account the size of the zone of pushing the stowing into bottom of the shaft. Exemplary calculations, as suggested in [5] indicate that it is possible to choose such a granulation of dry stowing consisting of coarse stone which is not subjected to soaking, is not washed away and through which water permeates easily, so that at the entry to the shaft and inside the shaft so-called self-supporting stowing stoppers are formed, which counteract the load of the stowing material in the shaft.

The paper provides examples of observations concerning the behaviour of the closed-up shafts I, II and III in the „Warszowice Field” of the colliery „Pniówek”. It results from these observations that if the water cannot be discharged and there is no connection between the shafts, it may occur - like during the liquidation of the shafts I, II and III - that in the course of filling up shaft III the stowing material is temporarily retained in the shaft and water

accumulates above it. After the critical state had been reached the water suddenly pushed the stowing material into the headings below the shaft bottom, and in the course of further filling the water level in shaft III rose so much that water had to be pumped out. This fact proves that if interconnected shafts are filled, it is possible to displace the stowing material quickly to the headings which connect the shafts. After the liquidation of two shafts, no sudden displacement of stowing material from the shaft to the headings could be observed in shaft III.