ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992
Seria: GÓRNICTWO z. 205 Nr kol. 1179

Kazimierz PODGÓRSKI
Stanisław DUŻY
Henryk KLETA
Instytut Geomechaniki Budownictwa Podziemnego
i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, Gliwice

OCENA STATECZNOŚCI WYROBISK PODSZYBI ZNAJDUJĄCYCH SIĘ W OBSZARACH OBJĘTYCH WPŁYWEM EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono sposób oceny stateczności budowli podziemnych znajdujących się w warunkach oddziaływania niejednorodnego pola odkształceń i naprężeń. Jako miarę stateczności wyrobisk przyjęto współczynnik nośności górotworu uwzględniający oddziaływanie eksploatacji górniczej. Do modelowania oddziaływania dofilarowej eksploatacji górniczej na wyrobiska podszybi zastosowano uproszczony model obliczeniowy, bazujący na założeniu, że odkształcenie pionowe ośrodka określa składowa pionowa wektora przemieszczeń, a odkształcenia poziome ośrodka mogą być określane przy przyjęciu powszechnie stosowanych związków. Podano przykład określenia przyczyn uszkodzenia obudowy komory materiałów wybuchowych na poz. 450 m w KWK "Szczygłowice".

EVALUATION OF STABILITY OF PIT BOTTOM WORKINGS IN AREAS SUBJECT OT MINING IFLUENCES

Summary. The paper presents means of evaluating the stability of underground structures under the influence of a non-homogeneous field of stress and strain. The stability of workings was measured by a coefficient of the rock mass load capacity, taking into account the effect of mining. The influence of extraction directed towards the protecting pillar on pit bottom workings was simulated using a simplified calculation model. This model was based on an assumption that the longitudinal strain of the medium is determined by the vertical component of displacement vector, while the fransverse strain may be defined by means of common formulas. An example was given of the damage made to the lining of explosives storing-chamber at 450 m level at "Szczygłowice" colliery.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ДВОРОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЗОНАХ, ПОДВЕРГНТИХ ВЛИЯНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТ

Резюме. В работе представляется способ оценки устойчивости подземных сооружений, находящихся в условиях воздействия неоднородного поля деформаций и напряжений. В качестве меры устойчивости выработок был принят коэффициент несущей способности горного массива, учитывающий воздействие эксплуатационных работ. Для моделирования воздействия достолбовой разработки на выработки околоствольных дворов, применялась упрощенная расчетная модель, основанная на предположении, что вертикальная деформация среды определяется вертикальной составляющей вектора смещений, а горизонтальные деформации среды могут определяться при помощи широко применяемых соотношений.
Даётся тоже пример определения причин повреждения крепи камеры взрывчатых веществ на горизонте 450м на каменноугольной шахте "Щигловице".

1. WSTĘP

Zagadnienie oceny stateczności budowli podziemnych znajdujących się w obszarach objętych wpływem eksploatacji górniczej nabiera coraz większego znaczenia, bowiem prowadzenie eksploatacji górniczej powoduje, że coraz większe obszary górotworu zostaje naruszone robotami górniczymi. Konsekwencją tego jest fakt, że nowe jakościowe zjawiska, które znacząco wpływają na warunki utrzymania budowli podziemnych.

W celu zabezpieczenia ważnych obiektów przed oddziaływaniem eksploatacji górniczej stosuje się w praktyce górniczej filary ochronne, które w swym pierwotnym znaczeniu nie podlegały eksploatacji. W związku z tym, że filary ochronne, zwłaszcza przy intensywnej eksploatacji na zewnątrz filara, nie okazały się skuteczną ochroną dla obiektów chronionych, a względy ekonomiczne nie pozwalają na znaczne ich powiększenie, istotne jest opracowanie metod oceny stateczności chronionych budowli.

W pracy przedstawiono metodę oceny stateczności obudowy wyrobisk podszybi w warunkach oddziaływania niejednorodnego pola odkształceń i naprężeń, które swym zasięgiem obejmują budowle podziemne.

2. CHARAKTERYSTYKA METODY OKREŚLANIA STATECZNOŚCI WYROBISK PODSZYBIA W WARUNKACH ODDZIAŁYWANIA NIEJEDNORODNEGO POLA NAPRĘŻEŃ

Utrzymanie stateczności wyrobisk górniczych posiada podstawowe znaczenie dla planowej działalności zakładu górniczego. Przez pojęcie stateczności wyrobisk rozumie się warunki utrzymania funkcji danego wyrobiska i wynikających stąd jego wymiarów. Z tego względu przyjęto jako miarę stateczności współczynnik nośności górotworu w otoczeniu wyrobiska. Postać tego współczynnika przyjęto jako:

$$n = k \frac{p_z}{R_c}, \tag{1}$$

gdzie:

k - współczynnik oddziaływania eksploatacji dofilarowej,

p_z - ciśnienie pionowe na danym poziomie wynikające z ciężaru warstw górotworu,

R_c - wytrzymałość masywu skalnego na ściskanie.

Jak widać z powyższej zależności, podstawowym zagadnieniem jest określenie współczynnika k. Obecnie brak jest jednoznacznie uzasadnionych metod modelowania wpływu wielopokładowej eksploatacji górniczej na górotwór, a stosowane metody dla jakościowej oceny stanu naprężenia i przemieszczenia wewnątrz filara ochronnego są dalece niewystarczające. Zastosowanie metod numerycznych, takich jak np. metoda elementów skończonych napotyka na znaczące trudności przyjęcia warunków brzegowych, czasochłonności obliczeń i trudności interpretacji wyników obliczeń. Z tego względu wydaje się słuszne stosowanie metod uproszczonych, w których przyjęte założenia i współczynniki mogą być weryfikowane na podstawie praktycznie jedynie wykonywanych sporadycznie pomiarów przemieszczeń.

Do modelowania oddziaływania dofilarowej eksploatacji górniczej na wyrobiska podszybi zastosowano uproszczony model obliczeniowy bazujący na założeniu, że odkształcenie pionowe ośrodka określa składowa pionowa wektora przmieszczeń, a odkształcenia poziomie ośrodka mogą być określane przy przyjęciu związków powszechnie stosowanych w metodach geometryczno-całkowych prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na górotwór i powierzchnię terenu [7]. Opracowany algorytm obliczeniowy pozwala specyfikować współczynnik oddziaływania eksploatacji dofilarowej k jako stosunek wartości modelowanych naprężeń pionowych do naprężeń wynikających z ciężaru warstw nadległych.

Zagadnienie określania współczynnika k przedstawiono na przykładzie komory materiałów wybuchowych na poz. 450 m Kopalni Węgla Kamiennego "Szczygłowice" [6].

3. OKREŚLENIE STATECZNOŚCI KOMORY MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH NA POZ. 450 m KWK "SZCZYGŁOWICE"

3.1. Charakterystyka komory

Komora materiałów wybuchowych na poz. 450 m zlokalizowana jest w granicach filara ochronnego dla zakładu głównego kopalni w odległości ok. 200 m od granicy filara. Wykonana została w 1970 roku w obudowie sklepieniowej murowanej z betonitów na zaprawie cementowej o grubości 0.25-0.38 m. Jedynie chodnik wentylacyjny wykonano w obudowie prostokątnej. Mury proste wykonane zostały z betonitów na zaprawie cementowej o grubości 0.25 m. W stropie chodnika obudowę tworzą szyny stalowe co 0.50 m i wykładka z płyt ściekowych.

W trakcie użytkowania komory, tj. w latach 1970-1989 pojawiły się zarysowania i spękania obudowy. Wielkość i częstotliwość występowania ww. uszkodzeń obudowy jest zmienna w zależności od części komory. Największe uszkodzenia obudowy stwierdzono w chodniku wentylacyjnym. Polegały one na pęknięciu poziomym muru prostego w połowie jego wysokości i znacznym wyboczeniu muru. W pozostałych wyrobiskach komory wystąpiły podłużne i poprzeczne spękania oraz złuszczenia obudowy.

3.2. Budowa geologiczna górotworu w rejonie komory

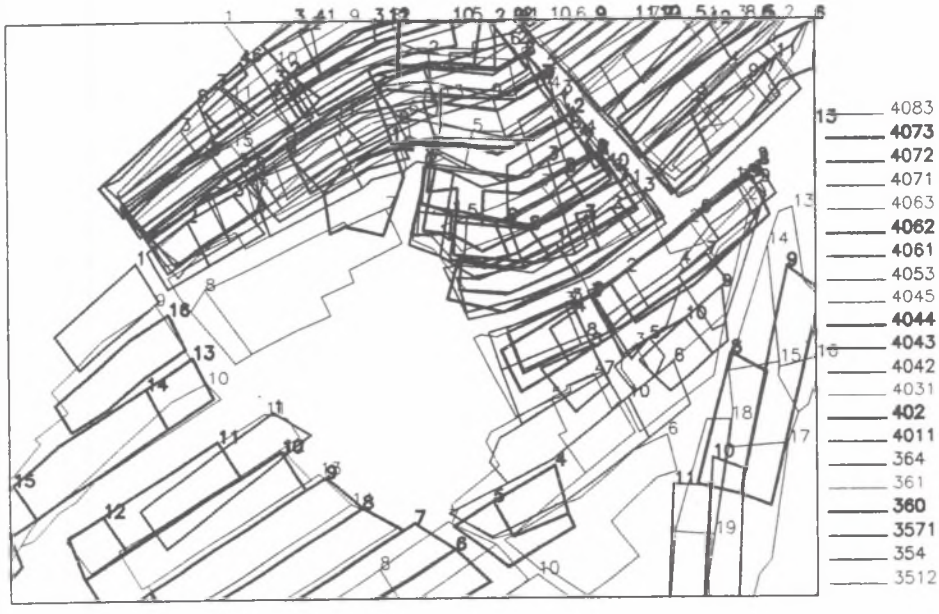
Komora materiałów wybuchowych wykonana została w warstwach dolnoorzeskich i górnorudzkich. Warstwy orzeskie utworzone są z naprzemianległych warstw łupku ilastego, łupku piaszczystego, piaskowca i pokładów węgla. Warstwy górnorudzkie reprezentowane są w rejonie komory przez łupki ilaste, piaszczyste i pokłady węgla. Komorę przecinają pokłady węgla 362, 363, 364 i 401/1. Nachylenie warstw w rejonie komory wynosi 12-18°. Dodatkowo górotwór w rejonie komory poddany jest lekkiemu sfałdowaniu o osi skierowanej na południowy zachód. Sfałdowanie to jest reminiscencją fałdu szczygłowicko-knurowskiego, którego główna oś przebiega na wschód od komory.

3.3. Stan eksploatacji górniczej w rejonie filara ochronnego

W rejonie filara ochronnego dla zakładu głównego kopalni prowadzono eksploatację górniczą w 21 pokładach węgla. Największa koncentracja eksploatacji występuje na północ i północny wschód od filara, na zachód oraz południe intensywności eksploatacji była znacznie mniejsza (rys. 1).

Analiza dokonanej eksploatacji górniczej wykazała znaczne zróżnicowanie sumarycznej grubości wybrania złoża w otoczeniu filara ochronnego. I tak:

- na północ i północny wschód od filara ochronnego sumaryczna grubość wybrania złoża osiąga lokalnie wartość powyżej 16 m,
- na wschód od filara ochronnego sumaryczna grubość wybrania złoża osiąga lokalnie wartość powyżej 10 m,
- na zachód i południe od przedmiotowego filara ochronnego sumaryczna grubość wybrania złoża osiąga lokalnie wartość 6 m.



Rys. 1. Zakres eksploatacji górniczej w rejonie filara ochronnego

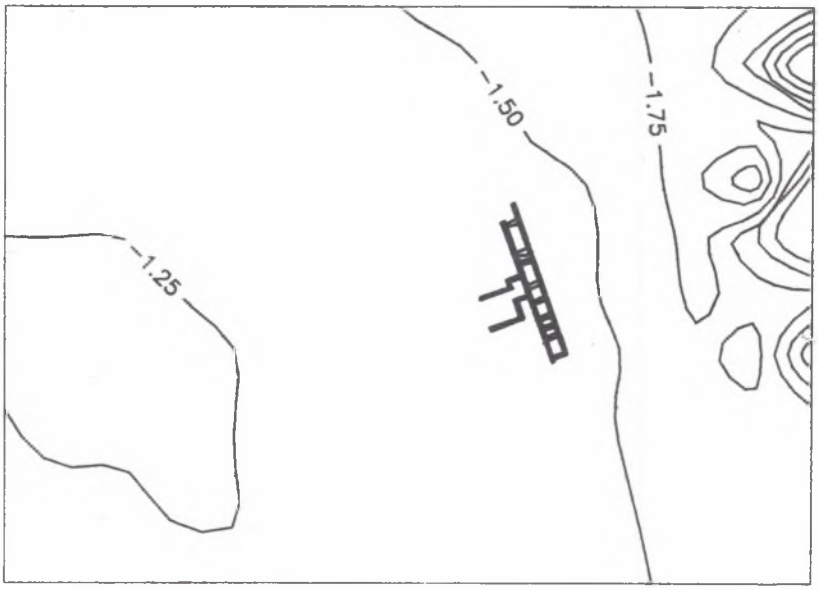
Fig. 1. Scope of mining works within the area of the protecting pillar

3.4. Ustalenie przyczyn uszkodzenia obudowy komory materiałów wybuchowych

Prowadzona do granic filara intensywna eksploatacja górnicza powoduje znaczne zmiany stanu naprężenia w filarze ochronnym.

Biorąc pod uwagę znaczną ilość wyrobisk korzytarzowych i komorowych znajdujących się w niedużej odległości od siebie oraz parcele eksploatacyjne zlokalizowane w określonym układzie czasowo-przestrzennym, można na pewnych horyzontach wydzielić strefy zwiększonych naprężeń nazywanych strefami koncentracji naprężeń oraz strefy o zmniejszonych naprężeniach nazywanych strefami odprężeń górotworu. Jako miarę do wydzielania stref naprężeniowych w górotworze przyjęto współczynnik oddziaływania eksploatacji dofilarowej k.

W celu jego określenia przeprowadzono obliczenia współczynnika k dla punktów płaszczyzny poziomu 450 m (rys. 2) oraz dla punktów leżących w dwóch przekrojach pionowych zlokalizowanych równolegle do osi podłużnej komory wzdłuż chodnika wentylacyjnego (rys. 3) oraz prostopadle do osi podłużnej komory wzdłuż chodnika dojściowego (rys. 4).

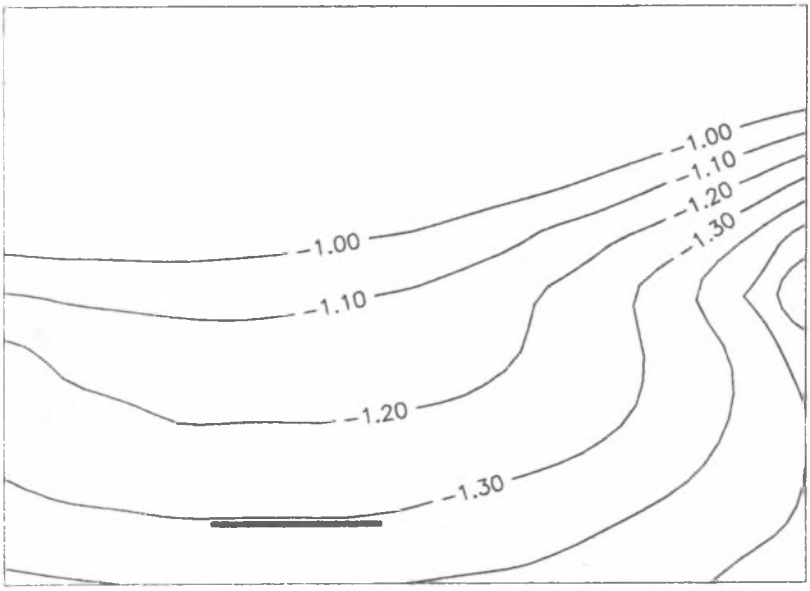


Rys. 2. Rozkład współczynnika oddziaływania eksploatacji dofilarowej w obrębie filara ochronnego na poz. 450 m

Fig. 2. Distribution of the influence coefficient of extraction directed towards the pillar within the area of the protecting pillar at the level 450 m

Obliczenia wykonano za pomocą pakietu programów obliczeniowych dla rejonu obejmującego filar ochronny. W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano mapę współczynnika oddziaływania eksploatacji dofilarowej na poz. 450 m. Mając na uwadze wpływ na stateczność górotworu w rejonie komory rozkładu naprężeń w

płaszczyźnie pionowej, przeprowadzono obliczenia rozkładu współczynnika oddziaływania eksploatacji dofilarowej w płaszczyźnie pionowej równoległej do osi podłużnej komory oraz w kierunku prostopadłym. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że najmniejsze wartości współczynnika oddziaływania eksploatacji występują w środkowej części filara ochronnego, a największe w rejonie granicy filara, gdzie występują liczne krawędzie eksploatacji. W rejonie komory materiałów wybuchowych obliczony współczynnik oddziaływania eksploatacji dofilarowej wynosi ok. -1.40, tj. obliczone naprężenie pionowe jest o ok. 45% większe od naprężeń pochodzących od ciężaru skał nadległych.

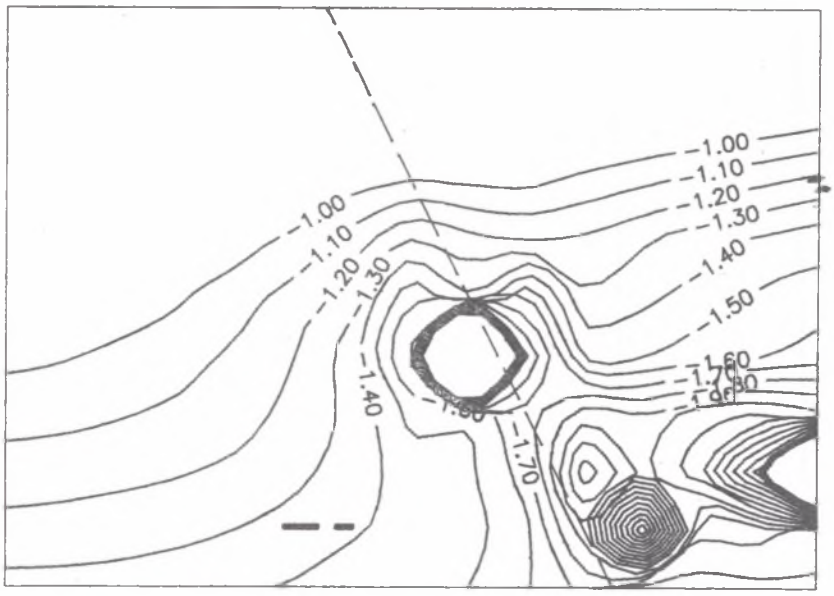


Rys. 3. Rozkład współczynnika oddziaływania eksploatacji dofilarowej w przekroju pionowym równoległym do osi podłużnej komory

Fig. 3. Distribution of the influence coefficient of extraction directed towards the pillar in the vertical section parallel to the longitudinal axis of the explosives chamber

Uwzględniając wyspecyfikowany współczynnik oddziaływania eksploatacji dofilarowej k=-1.40, można określić współczynnik nośności górotworu n, który po uwzględnieniu wpływów eksploatacji dofilarowej wynosi 0.525. Warto zauważyć, że bez uwzględnienia wpływu eksploatacji dofilarowej, w rejonie przedmiotowej komory współczynnik nośności górotworu wynosi 0.375. Biorąc pod uwagę fakt, że obudowa murowana sklepieniowa nie jest zalecana dla warunków, w których współczynnik nośności górotworu przekracza wartość 0.40, uzyskuje się potwierdzenie hipotezy, że główną przyczyną powstania uszkodzeń obudowy

murowej był wzrost koncentracji naprężeń w masywie skalnym otaczającym wyrobiska komory wywołany dofilarową eksploatacją górniczą. Zaznaczyć należy, że przebieg izolinii współczynnika oddziaływania eksploatacji dofilarowej jest równoległy do głównego kierunku spękań obudowy komory. Różnice w intensywności występowania uszkodzeń obudowy w poszczególnych wyrobiskach komory należy wiązać ze zróżnicowaną obudową geologiczną górotworu.



Rys. 4. Rozkład współczynnika oddziaływania eksploatacji dofilarowej w przekroju pionowym prostopadłym do osi podłużnej komory

Fig. 4. Distribution of the influence coefficient of extraction directed towards the pillar in the vertical section perpendicular to the longitudinal axis of the explosives chamber

4. PODSUMOWANIE

Prowadzenie intensywnej eksploatacji górniczej w bezpośrednim sąsiedztwie filara ochronnego powoduje, że intensywność zjawisk naprężeniowo-deformacyjnych wzrasta, objawiając się poprzez deformacje wyrobisk znajdujących się wewnątrz filara, takich jak szyby czy wyrobiska podszybia. Występujące trudności w utrzymaniu stateczności wyrobisk podszybia, często wiele lat po ich wykonaniu, trudne są do uzasadnienia przy wykorzystaniu klasycznych teorii wpływu eksploatacji górniczej na górotwór, bowiem wyrobiska te z reguły

znajdują się poza zasięgiem wpływów głównych. Wymaga to zatem nowego jakościowo podejścia.

Przy ocenie wpływu eksploatacji górniczej na zjawiska naprężeniowo-deformacyjne zachodzące w masywie skalnym, w tym również w filarach ochronnych, konieczne jest również uwzględnienie skomplikowanej geometrii wybranych pól eksploatacyjnych. Z tego względu rodzi się duże zapotrzebowanie na trójwymiarową analizę stanów naprężeniowych i deformacyjnych występujących w górotworze.

Do oceny zjawisk deformacyjno-naprężeniowych w filarze ochronnym od wpływu eksploatacji górniczej można wykorzystać analityczną metodę opartą na uproszczonym modelu deformacji skał w otoczeniu wyrobiska eksploatacyjnego. Zastosowany w niej model obliczeniowy zezwala na analizę stanów naprężeniowych i deformacyjnych w dużym obszarze badanego górtworu przy uwzględnieniu dowolnie złożonego przestrzennie układu pól eksploatacyjnych. Biorąc dodatkowo po uwagę możliwość weryfikacji otrzymanych wyników na podstawie pomiarów w kopalniach, stanowić ona może efektywną metodę dla potrzeb praktyki górniczej.

LITERATURA

[1] *Dymek F.:* Pewne płaskie i przestrzenne rozwiązanie teorii ośrodka ciągłego liniowo-sprężystego i ich zastosowanie w mechanice górotworu. Zeszyty Problemowe Górnictwa, t. 9, Z. 1, 1971.

[2] *Drzęźla B.:* Rozwiązanie pewnego przestrzennego zadania liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej wraz z oprogramowaniem. Pol. Śl., Gliwice 1978.

[3] *Everling G., Meyer A.:* Ein Gebrigsdruck-Rechenmodell als Planungshilfe., Gluckauf-Forschungshefte, Essen, z. 3, 1972.

[4] *Kleta H., Duży S.:* Modelowanie wspomagane komputerowo stanów energetycznych w dużych obszarach górotworu. Prace Instytutu Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, Gliwice 1991 (praca nie publikowania).

[5] *Podgórski K., Kleta H., Duży S.:* Wybrane zagadnienia oceny stateczności budowli podziemnych w obszarach objętych wpływem robót górniczych. Prace Instytutu Geomechaniki Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni Politchniki Śląskiej, Gliwice 1991 (praca nie publikowania).

[6] *Podgórski K. i zespół:* Ekspertyza górn.-geolog. określająca przyczyny uszkodzenia obudowy murowej komory materiałów wybuchowych na poz. 450 m i prognozę dalszych wpływów wraz z podaniem sposobu zabezpieczenia obudowy. Prace Instytutu Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, Gliwice 1991 (praca nie publikowana).

[7] *Świtka R.:* Aproksymowana pół przestrzeń sprężysta jako model podłoża sprężystego, Politechnika Poznańska, Rozprawy nr 31, 1968.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1991 r.