ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987
Seria: GÓRNICTWO z. 154 Nr kol. 10[illegible]

Jan ORLACZ
CMG "KOMAG" - Gliwice

URZĄDZENIE DO BADAŃ ELEMENTÓW OBUDÓW ZMECHANIZOWANYCH METODĄ SYMULACJI TĄPNIĘĆ ZA POMOCĄ MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH

Streszczenie. Zrelacjonowano stan badań nad zagadnieniem symulacyjnych tąpnięć z zastosowaniem specjalnych kompozycji materiałów wybuchowych, omówiono budowę oraz dotychczasowe wyniki eksploatacji symulatora służącego do realizacji tej metody badawczej.
Do ilustracji metody wybrano przykłady zrealizowanych badań różnych stojaków wraz z urządzeniami upodatniającymi, takimi jak akumulatory cieczowe i zawory szybkoupustowe.
Wyniki eksperymentów fizycznych w skali naturalnej na symulatorze wykazały identyczność charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych rejestrowanych przez stacje sejsmiczne i w czasie eksperymentów.
Wykazano także istotne różnice pomiędzy charakterystyką impulsu wymuszenia za pomocą urządzenia kafarowego a przebiegiem zaburzenia sejsmicznego.
Ilustrację tych różnic stanowi zestawienie liczbowe wartości parametrów impulsów i rzeczywistego oraz symulowanych kafarem i materiałem wybuchowym.
Zwrócono uwagę na bardzo istotne korzyści eksploatacyjne symulatora z materiałem wybuchowym, stanowiącego wraz z badanym stojakiem układ zamknięty nie emitujący drgań i energii do otoczenia z wyjątkiem efektu akustycznego. W przeciwieństwie do tego kafar stanowi układ otwarty emitujący do otoczenia prawie całą energię, powodując zagrożenia ekologiczne.

1. WPROWADZENIE

Krajowe zasoby węgla kamiennego, których eksploatację podejmuje obecnie górnictwo w Zagłębiu Górnośląskim, zalegają w pokładach zagrożonych tąpaniami. Tąpania występujące w czasie eksploatacji tych pokładów są zjawiskami losowymi, polegającymi na gwałtownym wyładowaniu dużych (od 10^5 do 10^9 J) energii sprężystych górotworu otaczającego wyrobisko eksploatacyjne.

Powstająca w ten sposób fala sejsmiczna wywołuje rozległe zawały wyrobisk, zwłaszcza ścianowych, ale także chodników, jeżeli obudowy tych wyrobisk nie przetrwają tąpnięcia.

Rozwijane są współcześnie dwie główne metody minimalizowania lub unikania skutków tąpnięć. Pierwsza z nich polega na prognozowaniu wystąpienia tąpnięcia na podstawie obserwacji i analizy parametrów górniczo-geologicznych oraz rejestracji tąpnięć przez system stacji sejsmicznych zainstalowanych na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Przydatność gospodarcza dla eksploatacji górniczej tej metody jest ograniczona, gdyż prognoza wystąpienia tąpnięcia jest wynikiem wnioskowania o przebiegu procesu stochastycznego, a więc ma charakter probabilistyczny, co dla praktyki oznacza, że nie można dokładnie wyznaczyć miejsca i czasu wystąpienia tąpnięcia.

Jeżeli nawet przyjąć abstrakcyjne założenie, że taki rodzaj prognozy jest utylitarny, to jedynym możliwym przeciwdziałaniem byłoby wycofanie załóg górniczych z zagrożonych obszarów na czas do wystąpienia tąpnięcia. Realizacja praktyczna takiego przeciwdziałania oznaczałaby zatrzymanie eksploatacji zagrożonej kopalni na czas kilkudziesięciu godzin, a nawet kilku dób, przy czym sprzęt techniczny zwłaszcza obudowy górnicze, maszyny urabiające, urządzenia odstawy i transportu, urządzenia wentylacyjne itd. pozostawione z konieczności na dole ulegają najczęściej zniszczeniu, np. na skutek zawału, uniemożliwiając natychmiastowe podjęcie eksploatacji po tąpnięciu.

Z tych względów znacznie efektywniejszy jest inny kierunek profilaktyki, polegający na wprowadzeniu do eksploatacji specjalnych typów obudów górniczych zdolnych przetrwać tąpnięcia o najczęściej spotykanych energiach. Wyposażenie w tego typu obudowy wyrobisk prowadzonych w obszarach zagrożonych tąpaniami umożliwi nieprzerwaną eksploatację pokładów niezależnie od miejsca i czasu wystąpienia tąpnięcia. Eliminowane będą lub radykalnie ograniczane wypadki zawałów ścian wydobywczych i wywołanych nimi przerw potrzebnych na odbudowę wyrobisk.

Realizacja techniczna tego kierunku wymaga jednak złożonych przedsięwzięć eksperymentalnych w fazie prac rozwojowych nad specjalnymi typami obudów.

2. STAN DOTYCHCZASOWY ZAGADNIENIA

Prace rozwojowe nad specjalnymi typami obudów do warunków eksploatacji w pokładach zagrożonych tąpaniami były podjęte w kraju już w latach sześćdziesiątych, a rozwiązania konstrukcyjne różnych grup tzw. elementów upodatniających bądź to w postaci zaworów upustowych [2], elementów sprężystych wewnątrz stojaków [1] lub wykładzin podatnych stropnic poddawane były badaniom, poczynając od roku 1969.

Istota, a równocześnie głównym problemem prowadzenia tych prac jest możliwość odtwarzania i wygenerowania obciążeń występujących w rzeczywistości podczas tąpnięcia. Sposób generowania tych obciążeń musi gwarantować identyczność charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej, jak i energetycznej z zapisami stacji sejsmicznych.

Wyniki obserwacji różnych rozwiązań konstrukcyjnych w ww. grupach elementów upodatniających [2, 3] prowadzono na stanowiskach badawczych lub bezpośrednio w kopalniach jako obserwacje pracy sekcji doświadczalnych.

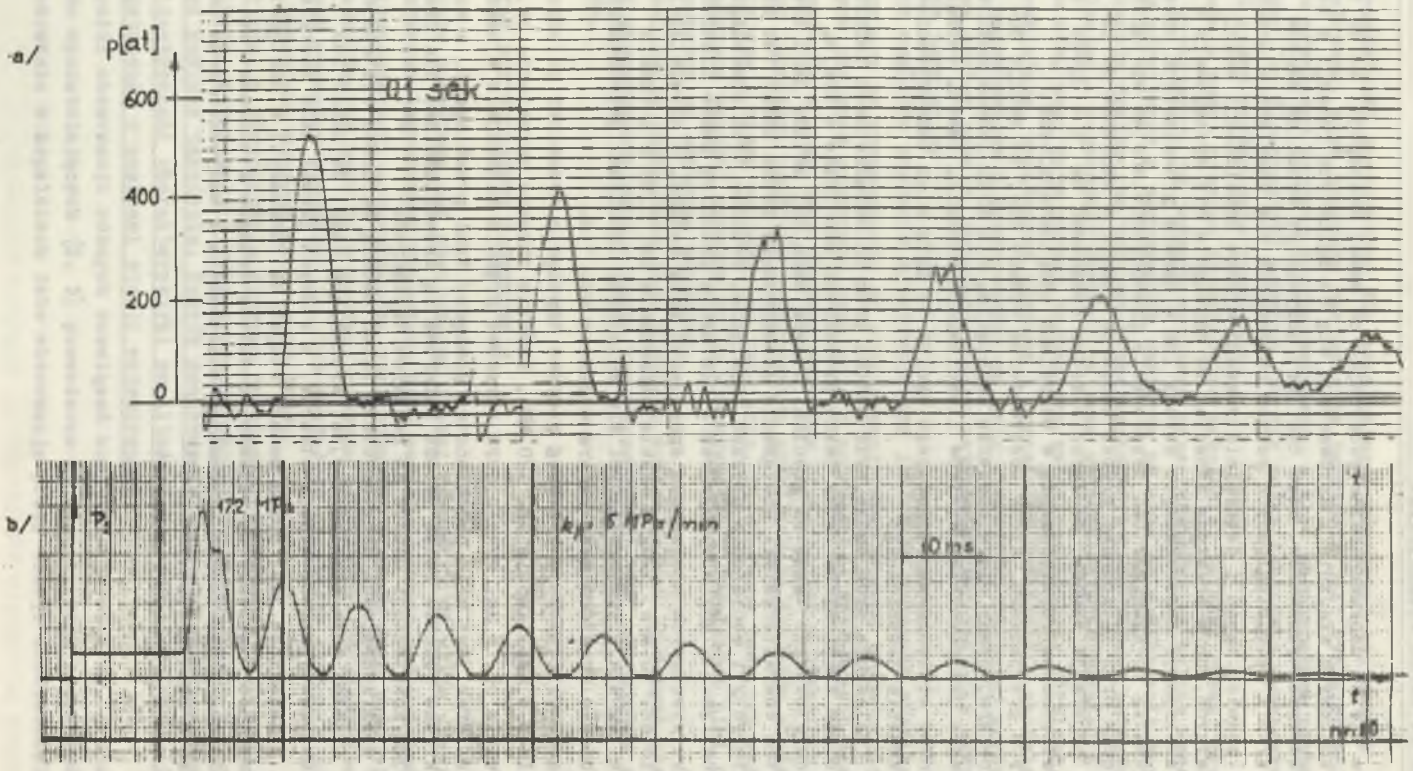
Badania te nie są udokumentowane poczynając od samej koncepcji, aż do rezultatów końcowych włącznie i sprowadzają się do mglistych relacji z pamięci niektórych wykonawców. Stan ten jest oczywistym wynikiem błędów koncepcyjnych i metodologicznych samych obserwacji nie uwzględniających losowości zjawisk tąpań i deterministycznego wyboru lokalizacji sekcji doświadczalnych, co w praktyce oznacza, że tąpnięcia nie występowały w miejscu lokalizacji obserwowanych sekcji lub w czasie prowadzonych obserwacji. Tłumaczy to sama wartość oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia tąpnięcia oraz liczebność próbki badanych sekcji w stosunku do liczebności populacji obudów, co łącznie można oszacować na $p = 0,005$ do 0,008 zrealizowania doświadczenia w badaniach eksploatacyjnych.

W pewnych przypadkach, kiedy obserwatorom wydało się, że sekcje doświadczalne znajdowały się w obszarze tąpnięcia, nie było jednak możliwe sprecyzowanie jakichkolwiek wyników ilościowych: energii, czasu, obciążeń itd. Z punktu widzenia merytorycznego wyniki te były więc bezwartościowe dla wnioskowania technicznego

Drugą realizacją tych badań była metoda prób na urządzeniach kafarowych i młotach kuźniczych. Próby takie prowadzono nie tylko w kraju, lecz są one stosowane także za granicą. Główną wadą tej metody jest brak podobieństwa charakterystyki obciążenia generowanego przez kafar lub młot do charakterystyki obciążenia podczas tąpnięcia. Różnicę tych przebiegów pokazano na rys. 1, gdzie oscylogram a) obrazuje przebieg zmian ciśnień w siłowniku wywołanych uderzeniem spadającej masy kafara, o niewielkiej amplitudzie ok. 50 MPa, długim czasie narastania ok. 0,02 s i czasie trwania ok. 0,04 s z powtarzającymi się kolejnymi impulsami generowanymi przez swobodnie drgającą masę kafara w czasie ok. 1 s.

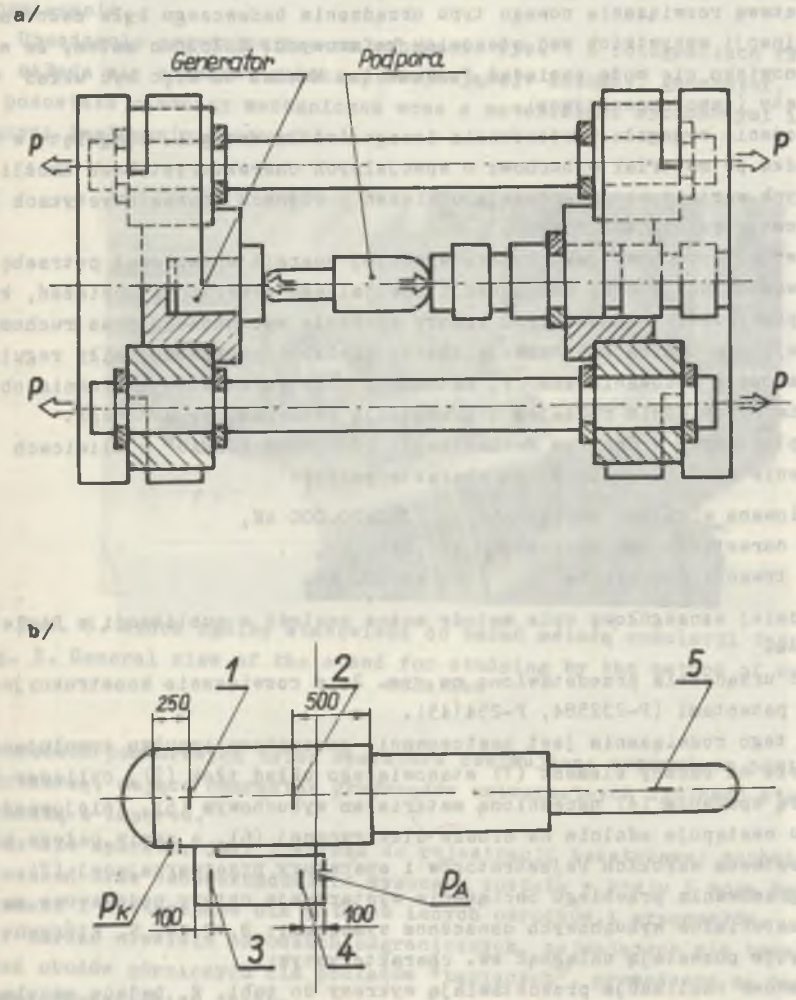
Oscylogram b) ilustruje przebieg podczas tąpnięcia wymuszony pojedynczym impulsem o amplitudzie ok. 170 MPa, krótkim okresie narastania ok. 2 μs i trwania ok. 8 μs, wywołującym okresowe drgania zanikające w czasie ok. 0,15 s. Brak jest więc podobieństwa pomiędzy tymi przebiegami, a wyniki uzyskiwane podczas badań metodą kafarową są bezwartościowe dla prac nad rozwojem konstrukcji obudów do pokładów tąpiących.

Oprócz nieprzydatności merytorycznej badań metodą kafarową występuje nie mniej istotna wada eksploatacyjna, wynikająca stąd, że kafar lub młot stanowi dyssypatywne układy otwarte, z których prawie cała energia uderzenia przenoszona jest przez badany stojak na fundament, a następnie poprzez grunt do otoczenia na obiekty, niekiedy odległe o kilkaset metrów od miejsca pracy kafara, powodując zniszczenia w budynkach oraz inne zagrożenia ekologiczne.



Rys. 1. Porównanie zmian ciśnień w siłownikach obudów wywołanych a) metodą kafarową - stojak SHC-40, b) symulacją tąpnięć - stojak ϕ 200

Fig. 1. Comparison of pressure changes in lining servoes caused by a) pile - driver method - prop SHC-40, b) crump simulation - prop ϕ 200



Rys. 2. Schemat ideowy stanowiska do badań metodą symulacji tąpnięć
Fig. 2. The scheme of the stand for studying by the method of crump simulation

3. METODA I URZĄDZENIA DO SYMULACJI TĄPNIEĆ

Wszystkich wyżej wymienionych wad nie ma nowa metoda symulacji tąpnięć, która jest realizowana za pomocą urządzenia do badań obudów zmechanizowanych w skali przemysłowej.

Podstawą rozwiązania nowego typu urządzenia badawczego było założenie o eliminacji wszystkich wad stanowisk kafarowych. Założono zatem, że nowe stanowisko nie może posiadać fundamentu. Musiał to więc być układ zamknięty (samokompensujący).

To założenie wymagało zastosowania innego źródła energii. Sięgnięto w tym przypadku po materiał wybuchowy o specjalnych charakterystykach umożliwiających wariantowe generowanie obciążeń o różnych charakterystykach amplitudowo-częstotliwościowych.

Materiał wybuchowy jako źródło wysokiej energii spowodował potrzebę opracowania teorii oraz konstrukcji specjalnego generatora obciążeń, który w uproszczeniu składa się z komory spalania wybuchowego oraz ruchomego obciążającego badaną konstrukcję tłoka. Wielkość potrzebnej siły reguluje się gęstością ładowania komory, natomiast czas narastania i trwania obciążenia odpowiednim rodzajem i granulacją materiału wybuchowego.

Eksploatowane w Centrum Mechanizacji Górnictwa "KOMAG" w Gliwicach urządzenie posiada następującą charakterystykę:

- regulowana wielkość obciążenia - 780-20.000 kN,
- czas narastania obciążenia - 2-50 μs,
- czas trwania obciążenia - 40-300 μs.

Bardziej szczegółowy opis metody można znaleźć w publikacji z Biuletynu WAT-u.

Schemat urządzenia przedstawiono na rys. 2, a rozwiązanie konstrukcyjne objęto patentami (P-232584, P-254145).

Istotą tego rozwiązania jest zastosowanie generatora impulsu symulującego tąpnięcie na badany element (1) stanowiącego układ tłok (2), cylinder (3) z komorą spalania (4) napełnioną materiałem wybuchowym (5). Inicjowanie wybuchu następuje zdalnie na drodze elektrycznej (6), a zapis całego procesu zestawem szybkich rejestratorów i aparatury przetwarzającej (7).

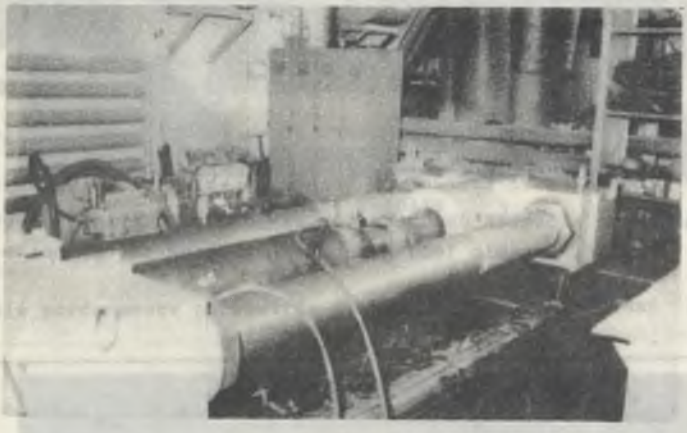
Do programowania przebiegu obciążenia wystarczają cztery podstawowe gatunki materiałów wybuchowych oznaczone symbolami: B, T, W, S, których kompozycje pozwalają osiągnąć ww. charakterystyki.

Przykładowe realizacje przedstawiają wykresy do tabl. 2, będące oscylogramami doświadczeń fizycznych zrealizowanych za pomocą stanowiska przedstawionego na rys. 2.

4. PODSUMOWANIE

W publikowanej literaturze brak jest informacji na temat podobnych urządzeń nie tylko w fazie eksploatacji, ale także realizacji technicznej, stąd można postawić tezę o całkowitej oryginalności przedstawionego rozwiązania.

Urządzenie przedstawione na schemacie rys. 1 i fotografiach rys. 3 do 6, składa się z części roboczej obejmującej: kolumny, generator, przęsła i pozostałe elementy mechaniczne wraz z materiałami wybuchowymi i inicjującymi (wyłącznie krajowe).

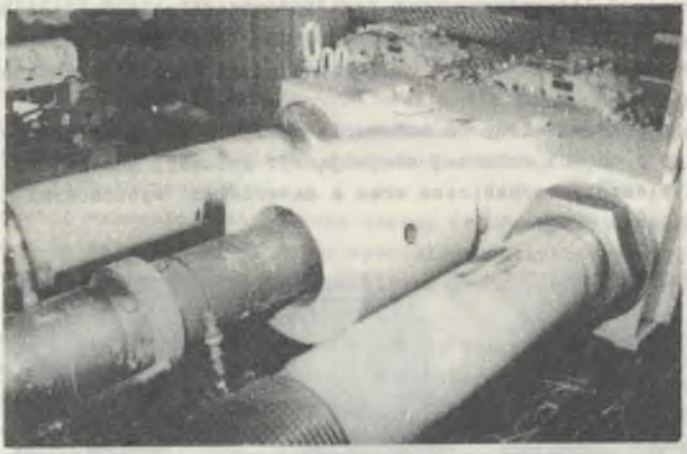


Rys. 3. Widok ogólny stanowiska do badań metodą symulacji tąpnięć
Fig. 3. General view of the stand for studying by the method of crump simulation

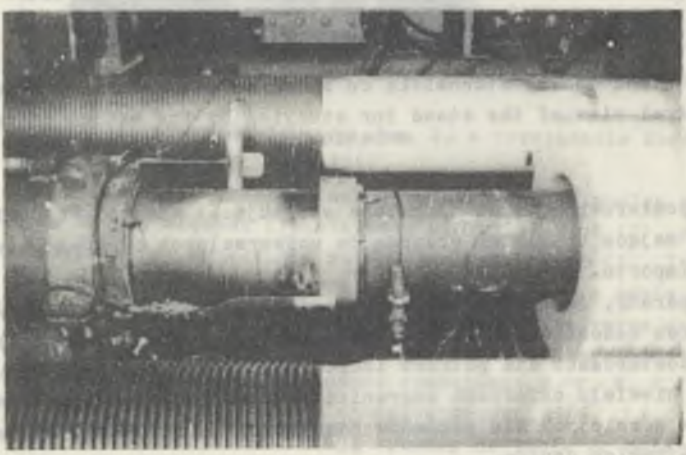
W obwodach pomiarowych tylko aparatura obejmująca: wzmacniacz pomiarowy i drukarkę, mające charakter przyrządów uniwersalnych ogólnego stosowania, pochodzą z importu.
Pozostałe aparaty, jak: przyrząd do rejestracji bezstykowej szybkich przemieszczeń oraz nanosekundomierz wykonane zostały w kraju i mogą być produkowane i dostarczane dla potrzeb innych ośrodków i przemysłów.

W bardzo niewielu ośrodkach zagranicznych, zajmujących się tematyką badań obudów górniczych dla pokładów "tąpiących", prowadzone są badania stanowiskowe takich obudów.
Ze znanych ośrodków, takich jak: DOWTY - MINING - Anglia, BERGBAU - FORSCH - RFN, prowadzone są badania o podobnym przeznaczeniu, jednakże przy użyciu urządzeń kafarowych.

W kryteriach podobieństwa mechanicznego obydwie metody tąpnięć: kafarowa i symulacji są nieporównywalne. Dla uzasadnienia można zestawić podstawowe różnice parametrów technicznych.



Rys. 4. Generator obciążeń dynamicznych za pomocą materiałów wybuchowych
Fig. 4. Dynamic load generator by means of explosive



Rys. 5. Rozmieszczenie przetworników sił i przemieszczeń na badanej podporze
Fig. 5. Arrangement of force converter and shift on the studied prop

Rys. 6. Ogólny widok aparatury do automatycznej rejestracji wyników pomiarów

Fig. 6. General view of the apparatus for automatic registration of measurement results

Tablica 1

Zestawienie porównawcze parametrów technicznych metody badań kafarowych i symulacji tąpnięć

Lp.	Parametr	W warunkach rzeczywistych tąpnięcia wg stacji sejsmologicznej	Metoda kafarowa[1]	Metoda symulacji tąpnięć[2]
1	Czas trwania impulsu siły tąpnięcia ms	od 10 do 30 losowo	200 stały	od 2 do 50 regulowany
2	Energia impulsu J	od 10^6 do 10^9 losowo	10^5 maksym. stała	od 10^5 do 10^9 regulowany
3	Stopień rozproszenia energii do otoczenia %		95 fala wstrząsu	0,01 fala akustyczna
4	Zapotrzebowanie kubatury w funkcji wielkości energii $m^3/10^3$ J		380	1,8

[1] Dane na podstawie dokumentacji.

[2] Dane z badań.

Z zestawienia tablicy 1 wynika, że:

- najistotniejszy dla konstrukcji elementów obudowy czas trwania impulsów (poz. 1) uzyskiwany na urządzeniach kafarowych jest całkowicie różny od rzeczywistości,
- ze względu na możliwe technologicznie gabaryty energia impulsu (poz.4), możliwa do wygenerowania za pomocą urządzenia kafarowego, jest ograniczona do wartości minimalnych,
- urządzenia kafarowe emitujące do otoczenia ponad 90% energii są niebezpieczne,
- zapotrzebowanie kubatury dla urządzeń kafarowych jest ponad 20-krotnie większe.

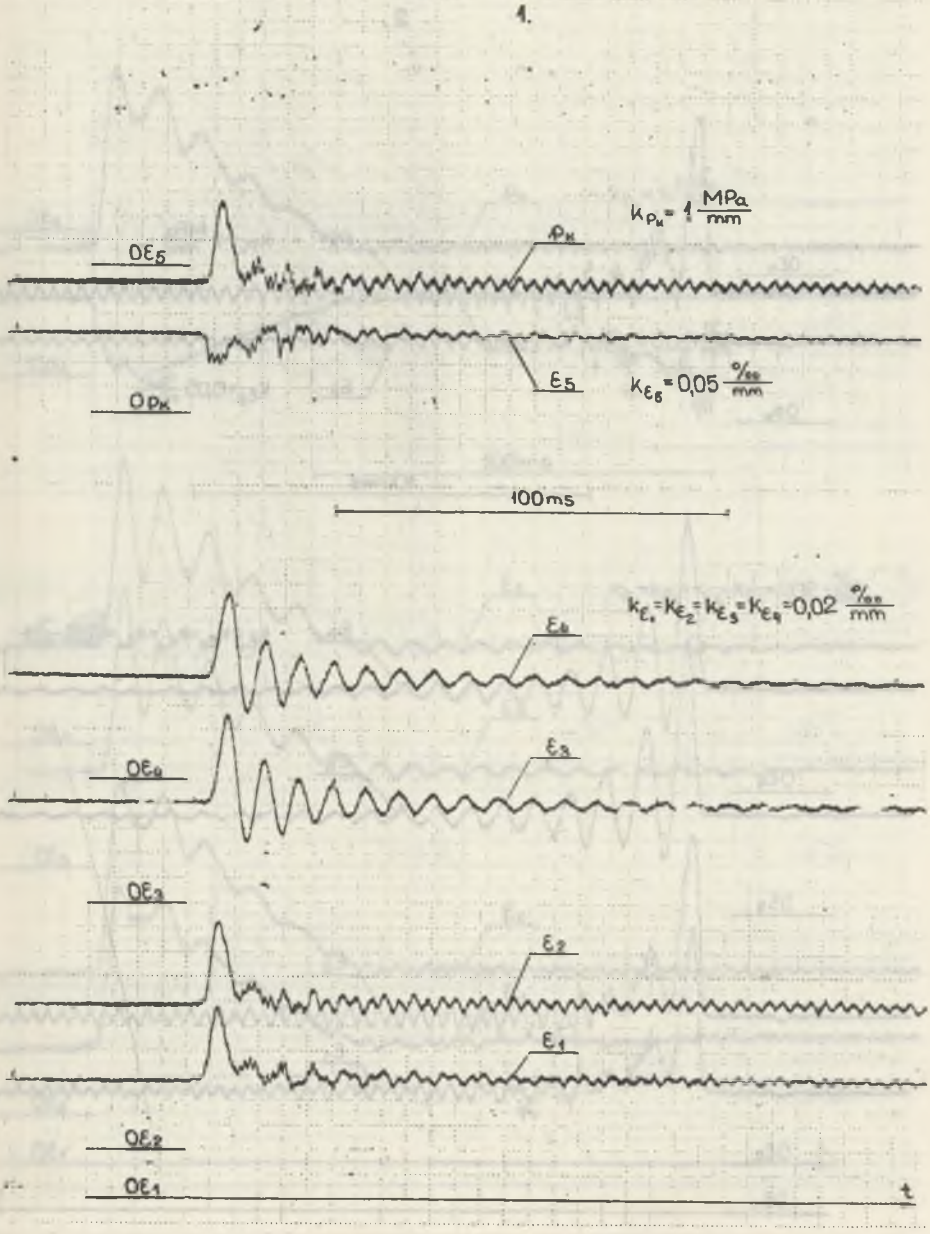
Tablica 2

Zestawienie wybranych wyników badań dynamicznych podpory ϕ 250 z zaworami bezpieczeństwa o dużej wydajności

Wysunięcie rdzennika podpory: l = 880 mm
Objętość hydrauliczna: V = 116 dm^3, oscylogramy 1 do 22
V = 90 dm^3, oscylogramy 23 do 60

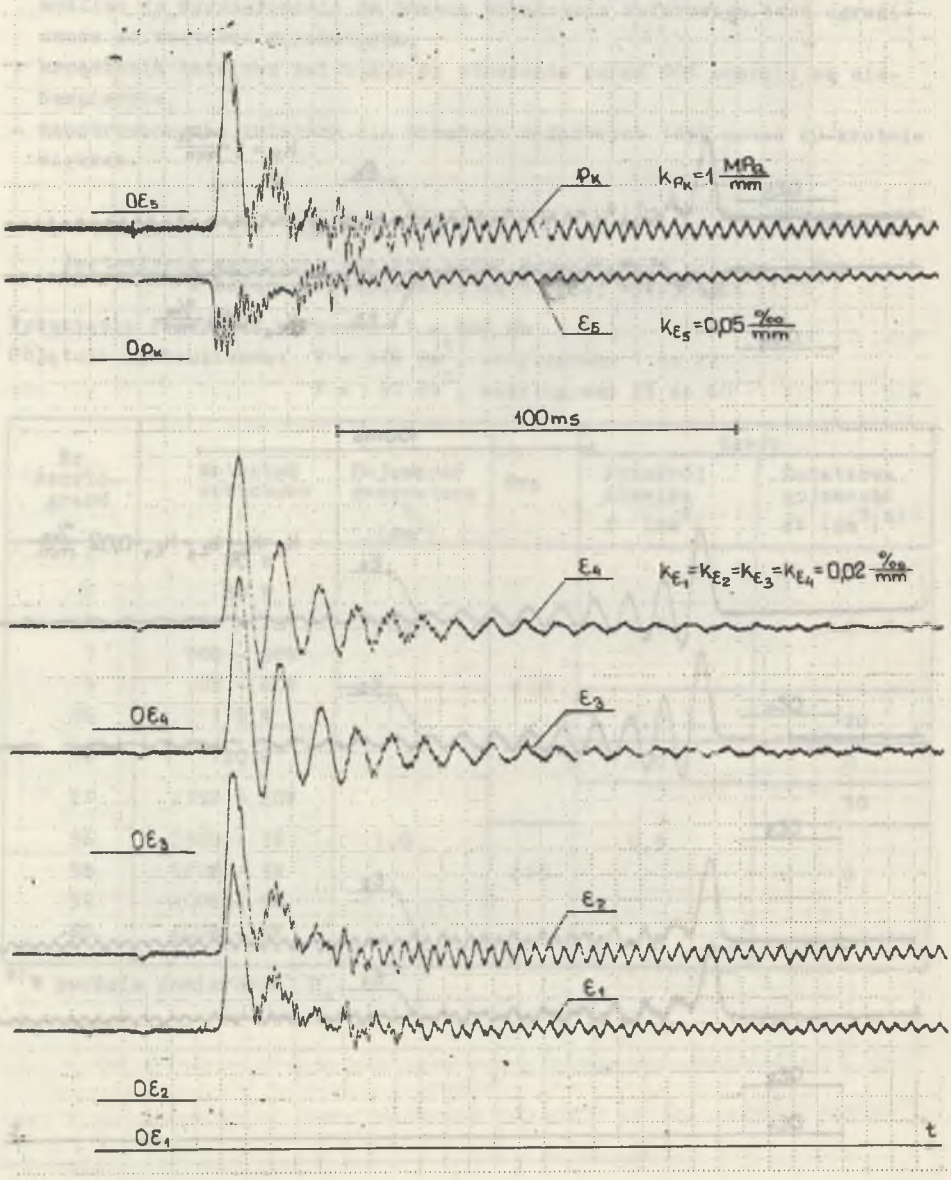
Nr oscylogramu	Materiał wybuchowy	Pojemność generatora V_3 (dm^3)	Typ	Zawór	
				Przekrój dławika f (mm^2)	Dodatkowa pojemność dV (cm^3) x)
1	50 W				
2	80 W				
5	160T - 10W	0,5		0,5	0
7	70B - 50W				
9	70B - 60W		ϕ28		
16	110 W			4,0	120
18	120 W			0,0	0
21	235S - 20W				30
56	250B - 5W	1,0		0,5	
58	320B - 5W		ϕ20		0
59	400B - 5W				
60	400B - 5W				

x) W punkcie pomiarowym P_z.

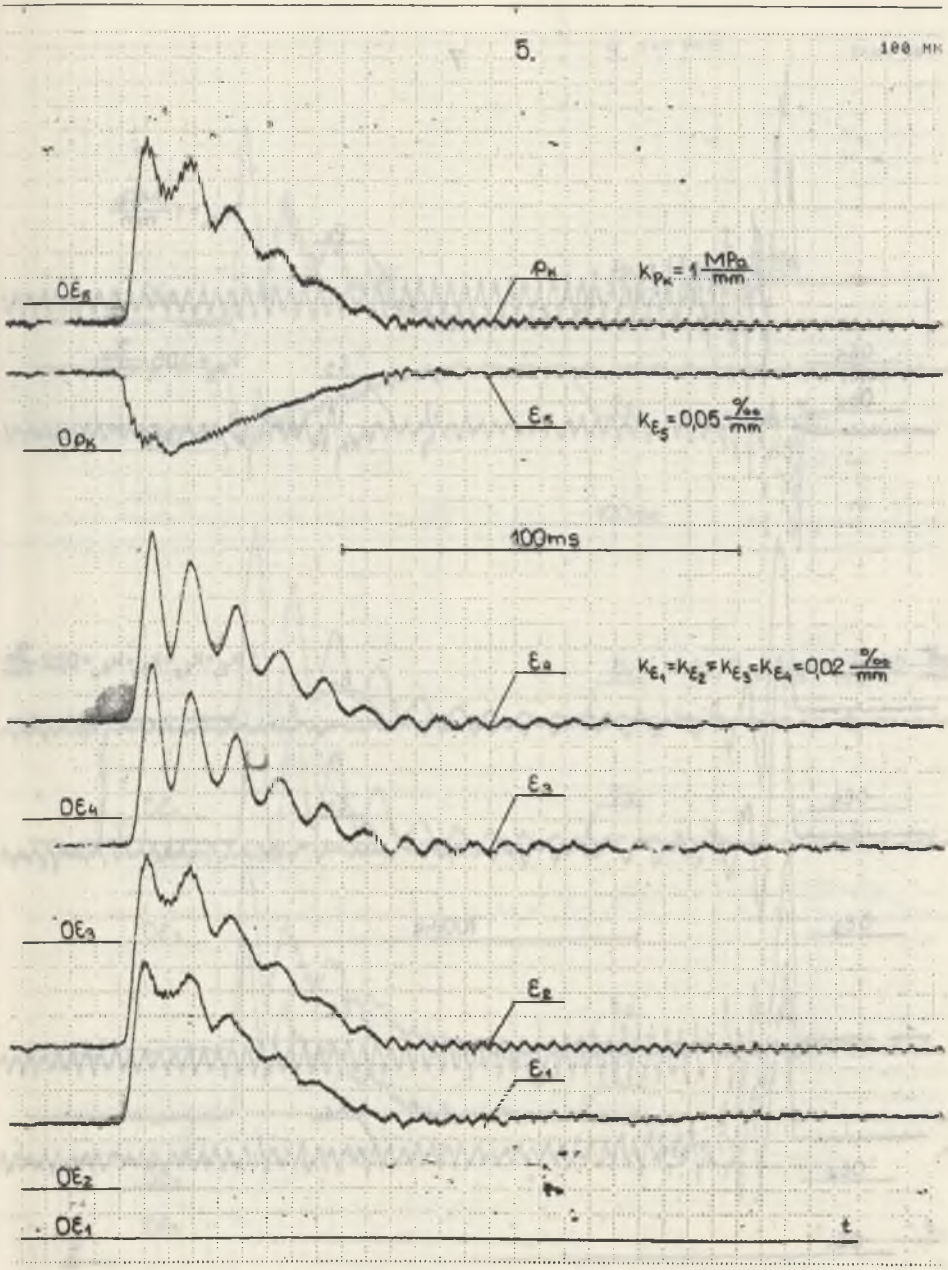


Oscylogram nr 1 do tabl. 2

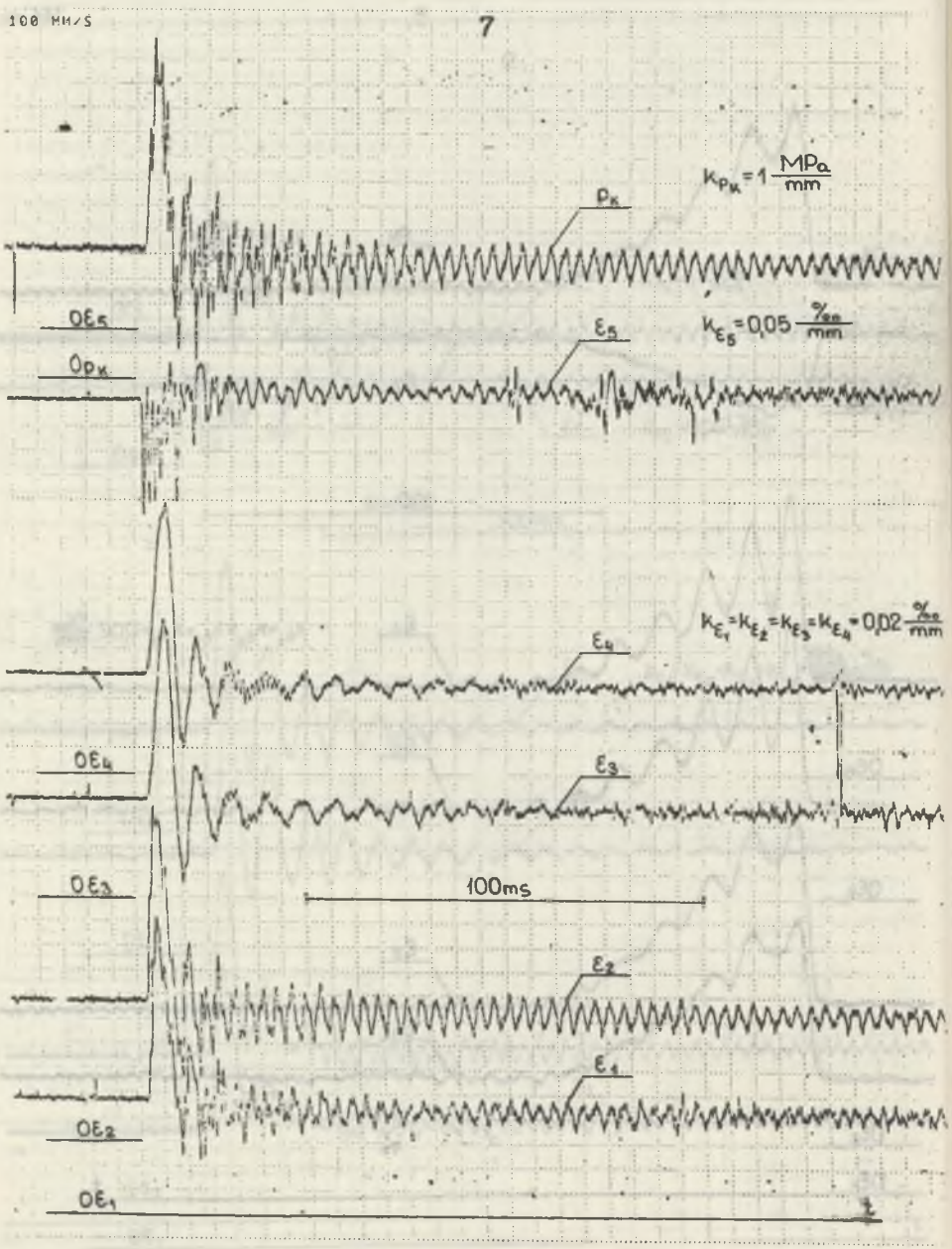
2.



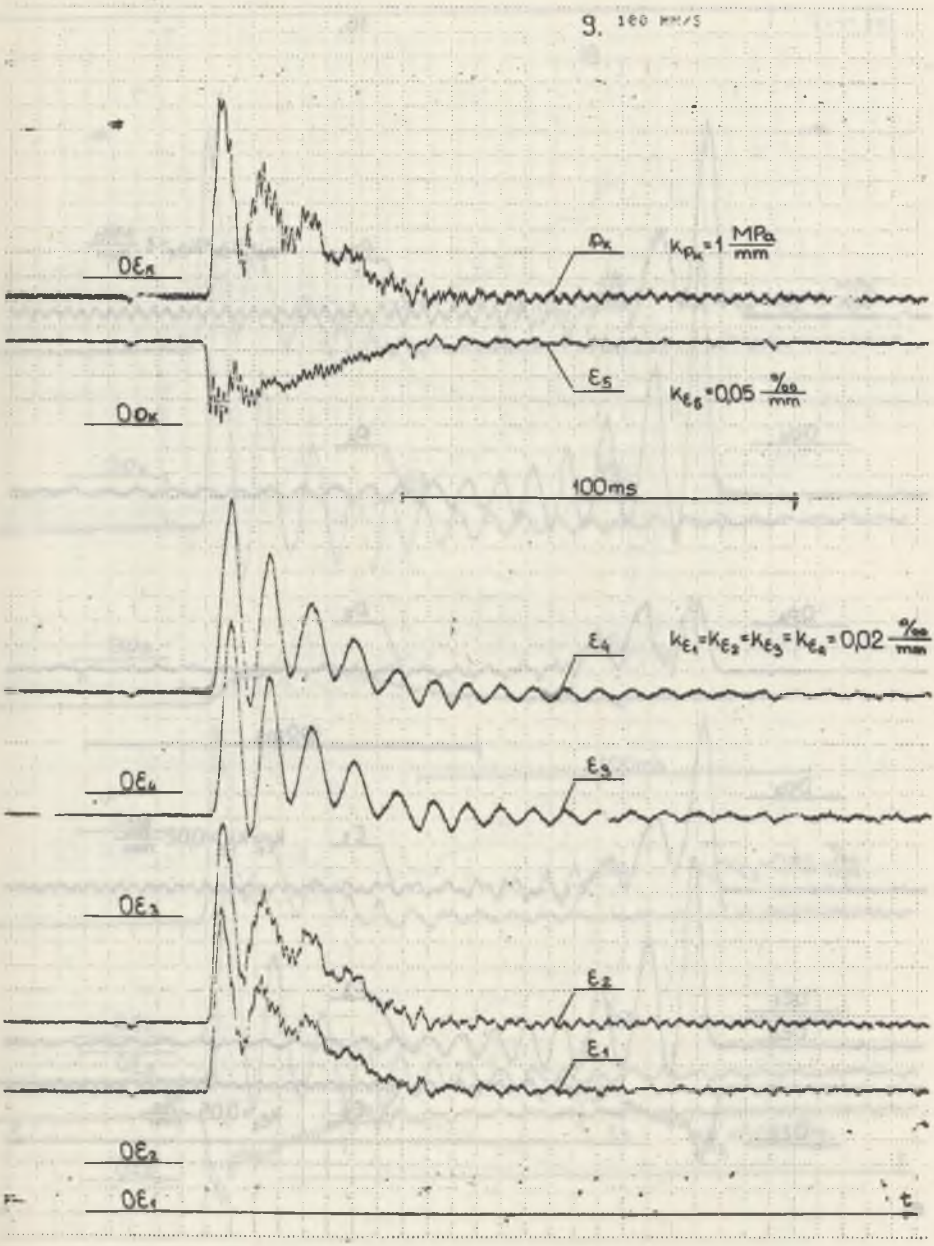
Oscylogram nr 2 do tabl. 2



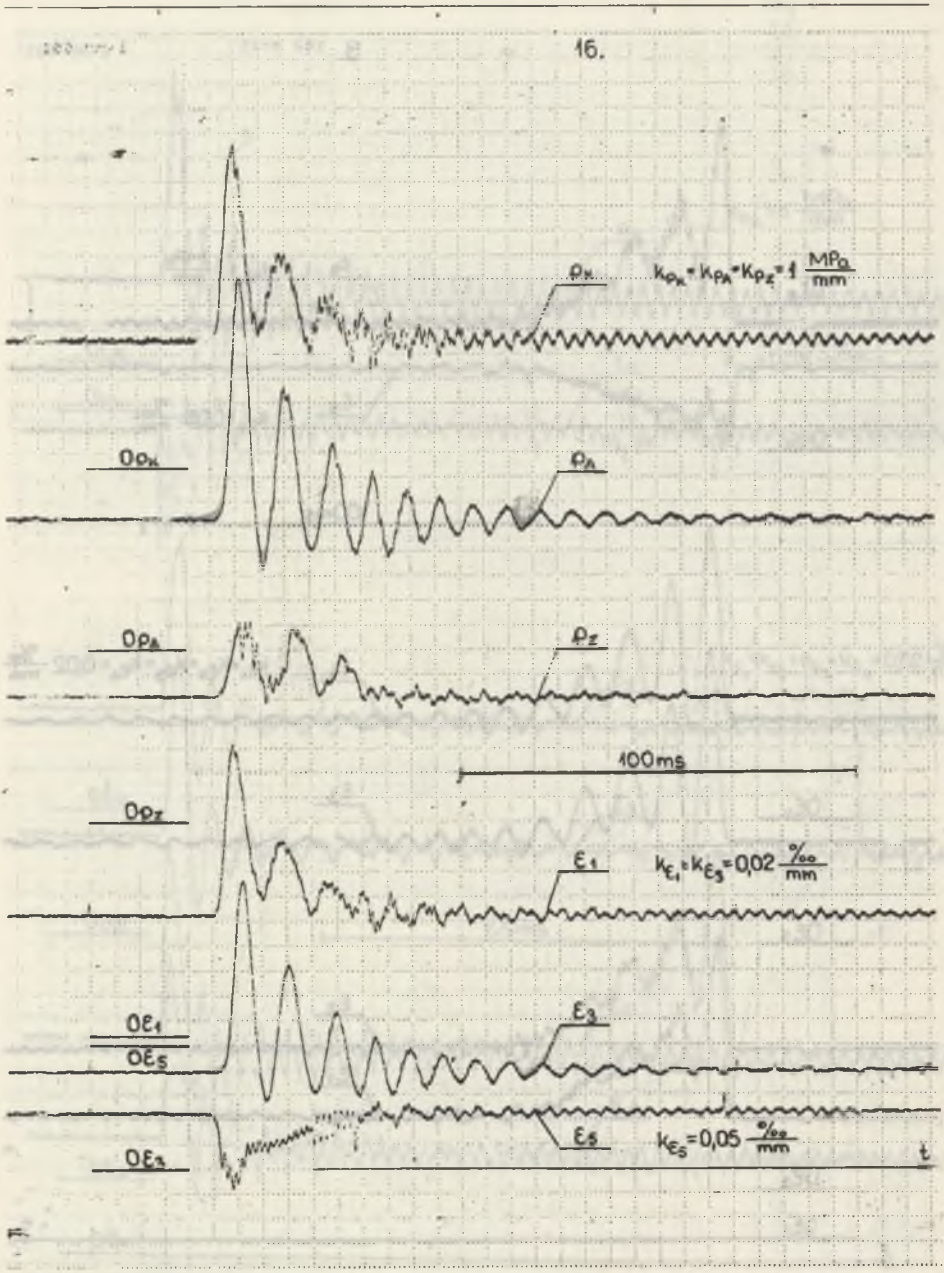
Oscylogram nr 5 do tabl. 2



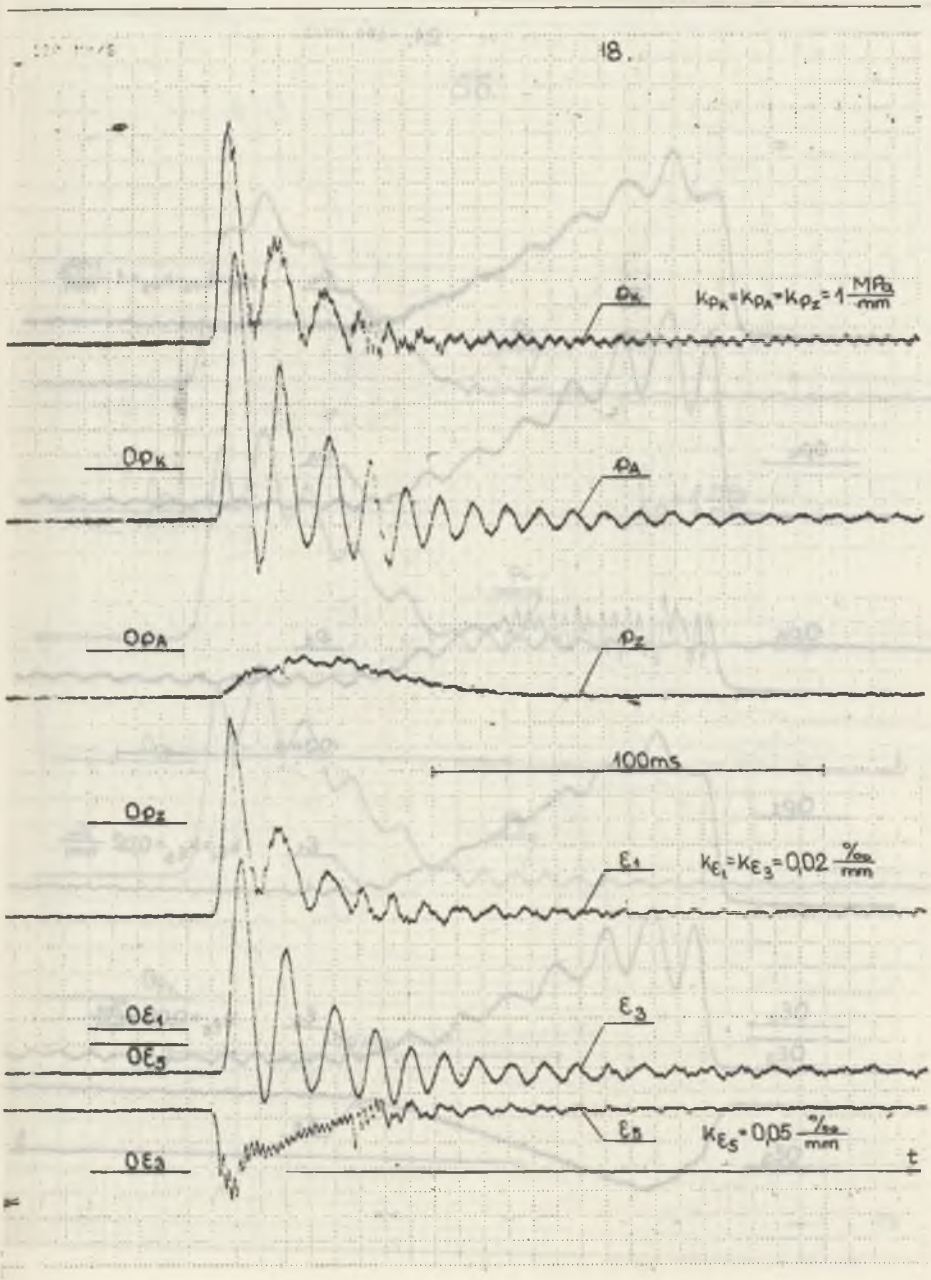
Oscylogram nr 7 do tabl. 2



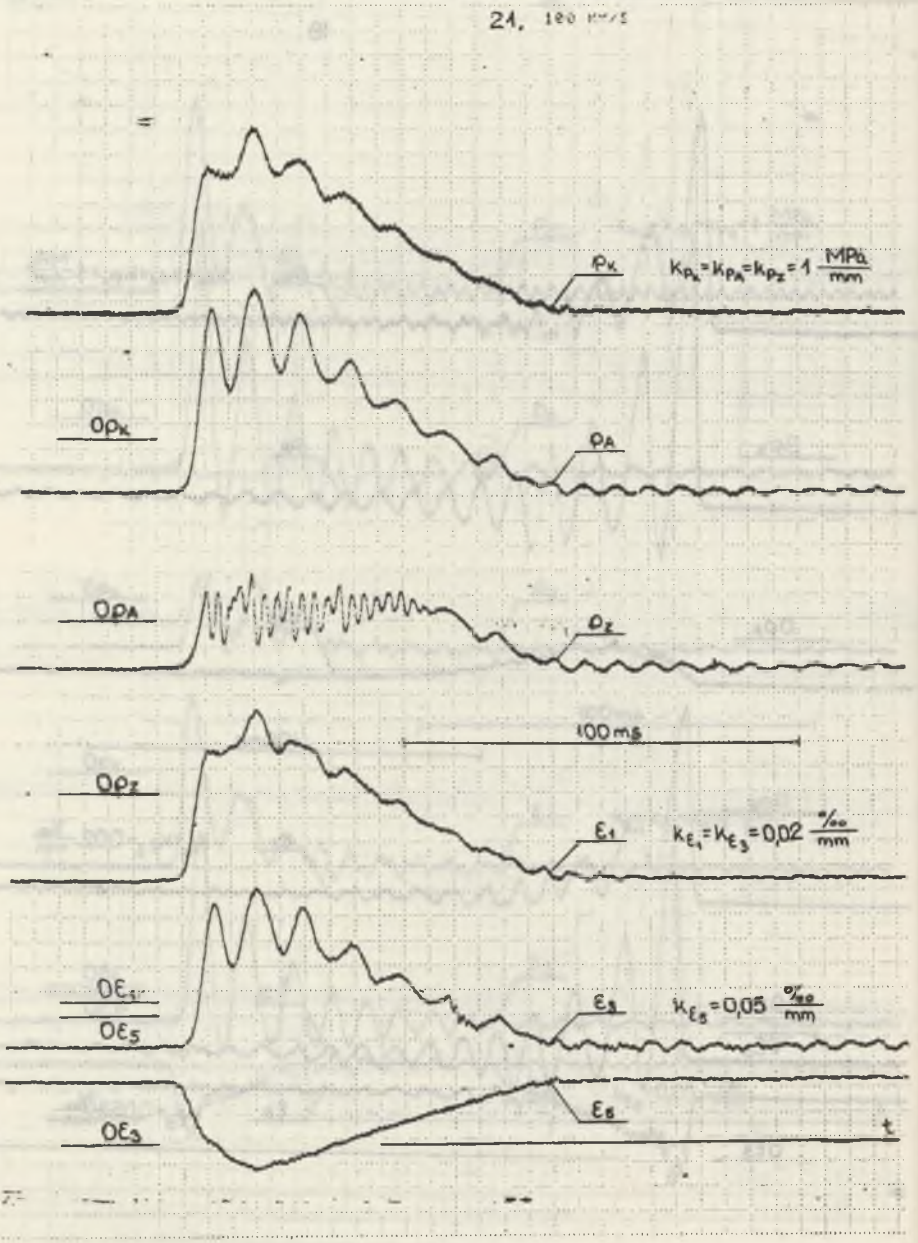
Oscylogram nr 9 do tabl. 2



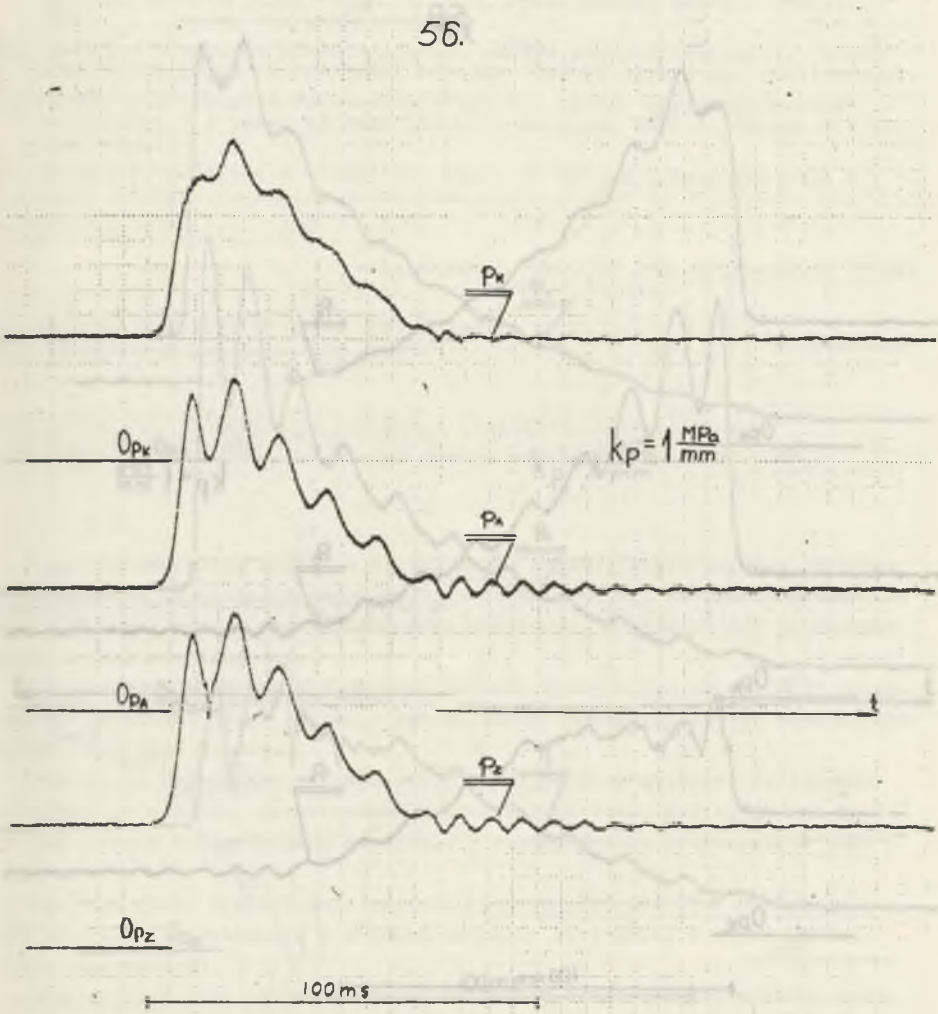
Oscylogram nr 16 do tabl. 2



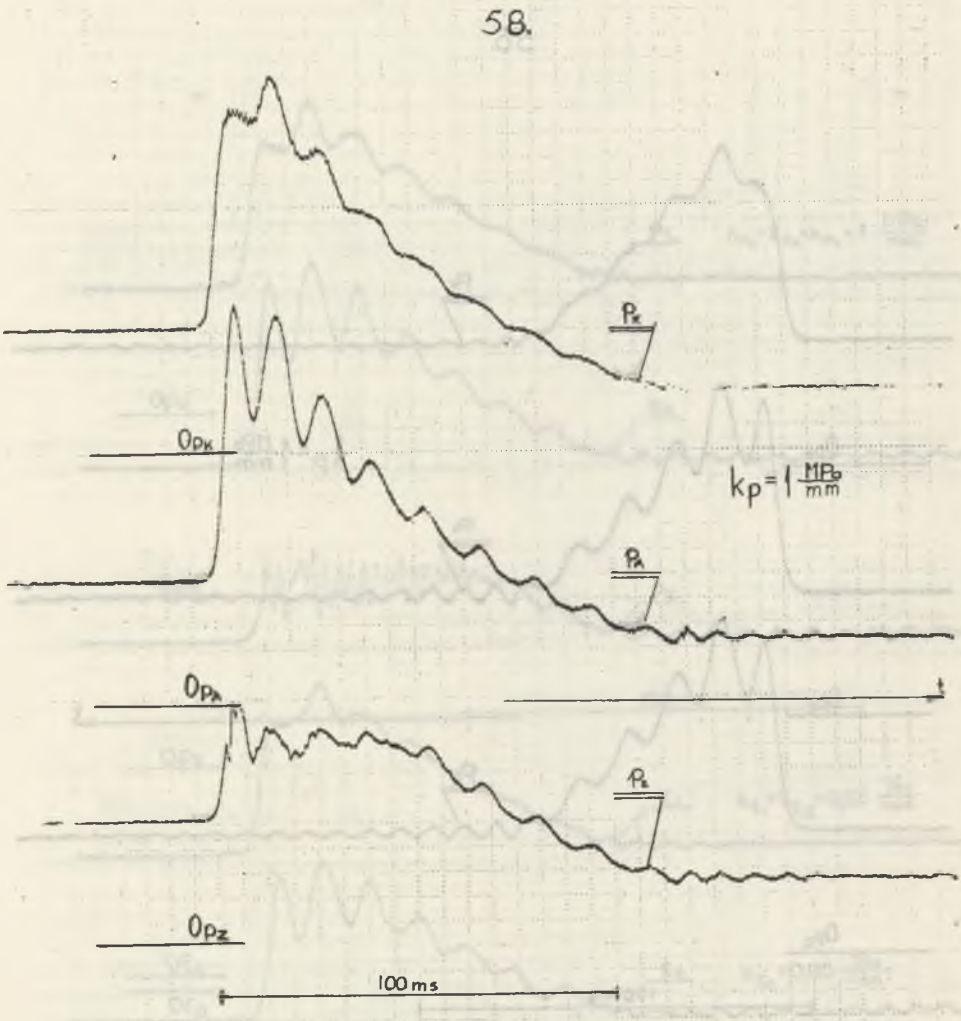
Oscylogram nr 18 do tabl. 2



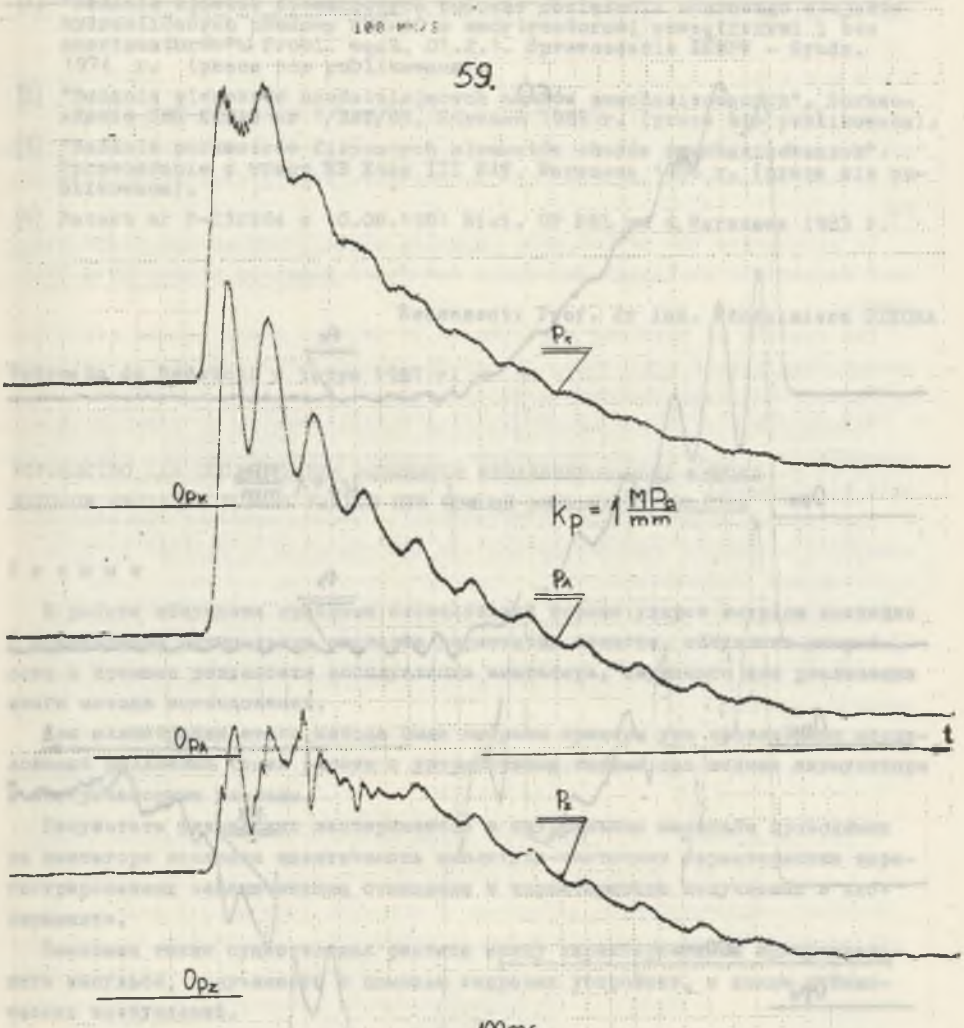
Oscylogram nr 21 do tabl. 2



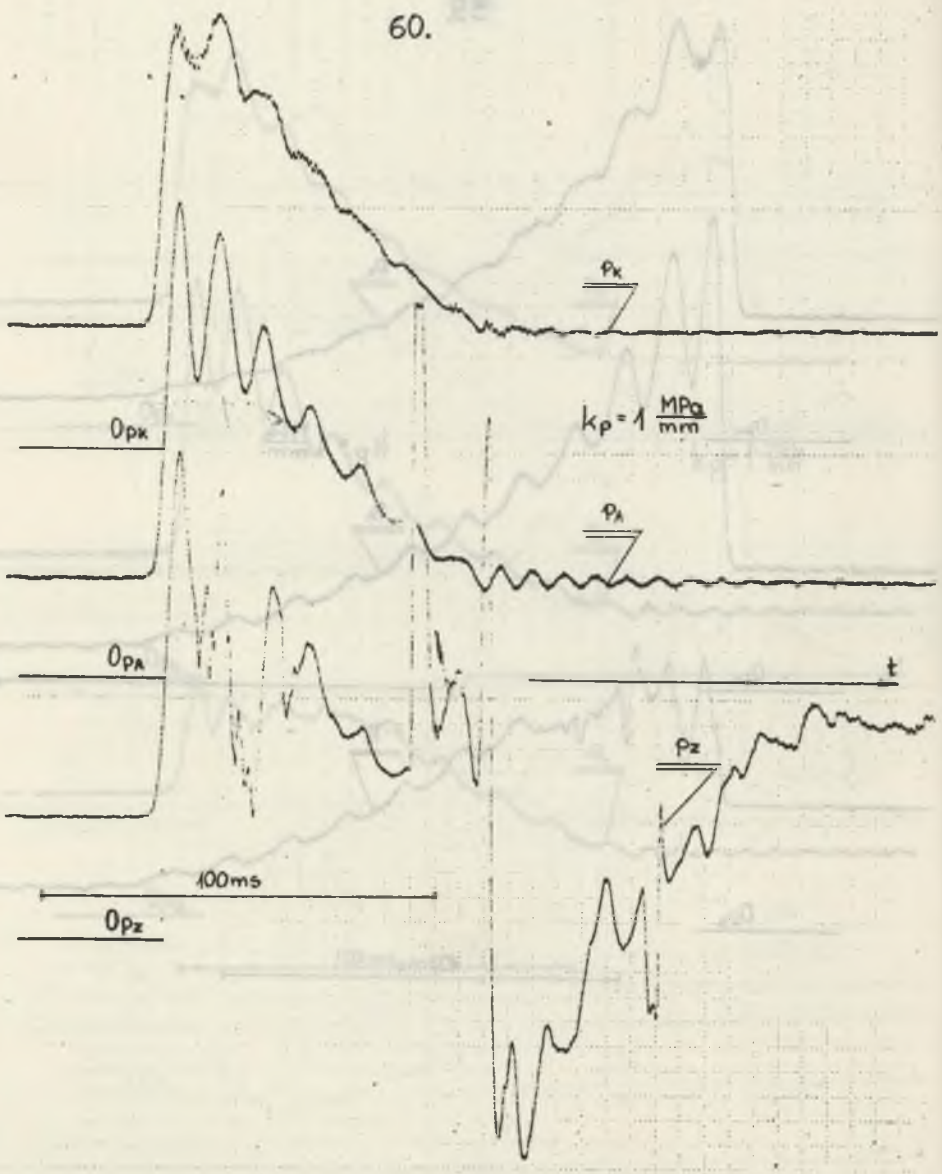
Oscylogram nr 56 do tabl. 2



Oscylogram nr 58 do tabl. 2



Oscylogram nr 59 do tabl. 2



Oscylogram nr 60 do tabl. 2

LITERATURA

[1] "Badanie zjawisk dynamicznych podczas obciążenia udarowego stojaków hydraulicznych obudowy SHC-40 z amortyzatorami wewnętrznymi i bez amortyzatorów". Probl. węzł, 01.2.1. Sprawozdanie ZKMPW - Grudz. 1974 r. (praca nie publikowana).

[2] "Badania elementów upodatniających obudów zmechanizowanych". Sprawozdanie CMG KOMAG nr 1/BBT/85, Styczeń 1985 r. (praca nie publikowana).

[3] "Badania parametrów fizycznych elementów obudów zmechanizowanych". Sprawozdanie z pracy NB Etap III WAT, Warszawa 1986 r. (praca nie publikowana).

[4] Patent nr P-232584 z 10.08.1981 Biul. UP PRL nr 4, Warszawa 1983 r.

Recenzent: Prof. dr inż. Włodzimierz SIKORA

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ МЕТОДОМ ИМИТАЦИИ ГОРНЫХ УДАРОВ ПРИ ПОМОЩИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Р е з ю м е

В работе обсуждена проблема исследований горных ударов методом имитации с применением специальных составов взрывчатых веществ, обсужнено устройство и прежние результаты эксплуатации имитатора, служащего для реализации этого метода исследований.

Для иллюстрации этого метода были выбраны примеры уже проведённых исследований различных стоек вместе с устройствами такими как жидкие акумуляторы и быстрозапорные клапаны.

Результаты физических экспериментов в натуральном масштабе проводимых на имитаторе показали идентичность амплитудо-частотных характеристик зарегистрированных сейсмическими станциями и характеристик полученных в эксперименте.

Показана также существенная разница между характеристикой принудительного импульса, полученного с помощью капровых устройств, и ходом сейсмических возбуждений.

Иллюстрацией этих разниц является численное сопоставление величин параметров импульсов и действительного, а также имитированных копёром и взрывчатыми веществами.

Обращено внимание на очень важные выгоды применения имитатора с взрывчатым веществом, составляющим вместе с исследуемой стойкой замкнутую систему, не излучающую колебаний и энергии в окружающую среду, за исключением акустического эффекта.

Противоположно этому, копёт составляет открытую систему, излучающую в окружающую среду почти всю энергию, что ведёт к экологической угрозе.

MECHANISM TO INVESTIGATE THE ELEMENTS OF MECHANICAL LINING DUE TO THE METHOD OF CRUMP SIMULATION BY MEANS OF BLASTING MATERIAL

S u m m a r y

The problem of investigations of simulating crumps using special mixture of explosives, structure and up to present results of simulator's exploitation used to realize that method have been presented in this paper.

To illustrate the method some examples of different props along with such mechanisms as liquid batteries and quick bleeding valves have been cosen.

The results of physical experiments in natural scale on the simulator proved identity of amplitude - frequency characteristics being registered by seismic stations and during experiments.

Considerable differences between the characteristic of forcing impulse by means of pile - driver mechanism and the course of seismic disturbance have been showed.

The illustration of these differences is represented by the list of numerical values of impulse parameters and real and simulated by pile - driver and explosives.

Much attention was paid to exploiting advantages of simulator with blasting material that along with the studied prop constitutes closed system not emitting any vibrations or energy into the environment except acoustic effect.

Unlike it the pile - driver constitutes an open system emitting almost all the energy causing ecological threat.