

HENRYK SZARY

ELEKTROTENSOMETRYCZNE BADANIE WPŁYWU PARAMETRÓW  
KONSTRUKCYJNYCH CZERPAKA NA JEGO WŁASNOŚCI EKSPLOATACYJNE

Streszczenie: Artykuł zawiera fragmenty pracy autora, dotyczącej badań laboratoryjnych nad określeniem wpływu konstrukcyjnych parametrów czerpaka na proces zaczerpywania. Opisano metodykę badania i stanowisko laboratoryjne oraz przystosowanie elektrotensometrycznej metody do zdejmowania charakterystyk wpływu poszczególnych parametrów czerpaka.

Podano wyniki serii pomiarów wpływu, kształtu ostrza, kształtu ścianek bocznych, kąta nachylenia i trajektorii ruchu czerpaka.

Wyciągnięto wnioski teoretyczne i zaprojektowano czepak o optymalnych parametrach.

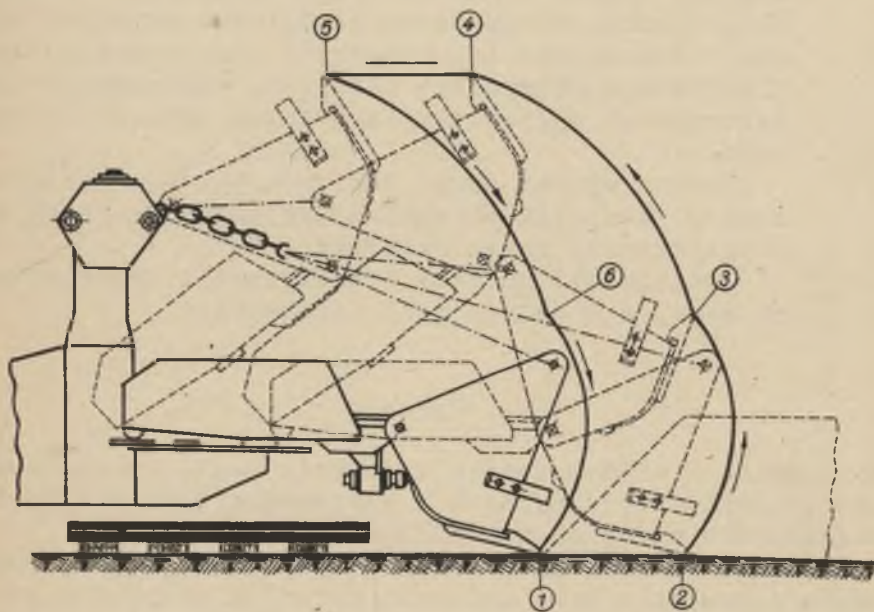
## Wstęp

Rosnące z każdym rokiem wydobywanie węgla wymaga oparcia procesów produkcyjnych o nowoczesną technologię i osiągnięcie wysokich wskaźników wydajności.

Ważną rolę w technologii wydobywania odgrywa ładowanie węgla i kamienia przy pędzeniu wyrobisk przygotowawczych, gdyż jest jednym z najbardziej pracochłonnych procesów, mechanizacja zaś jego natrafia na znaczne trudności. Osiągnięte dotychczas wskaźniki średniej szybkości postępu na chodnikach kamiennych są niewystarczające. Polepszenie tych wskaźników można uzyskać przez usprawnienie organizacji pracy i dalsze udoskonalenie maszyn chodnikowych, w tym i ładowarek.

Dotychczas z braku wyczerpujących doświadczeń nad pracą ładowarek, projektowano je bez należytego uzasadnienia parametrów. Warto nadmienić, że ostrza czerpaka są niekiedy dobierane na podstawie praktycznych obserwacji, natomiast ścianki boczne czerpaka są budowane zupełnie dowolnie. Świadczą o tym różnorodne układy ścianek i ostrzy w różnych ładowarkach tych samych grup klasyfikacyjnych.

Analiza literatury poświęconej pracom chodnikowym w kamieniu wykazuje, że największe zastosowanie przy ładowaniu urobku skalnego w światowej praktyce znalazły ładowarki jednoczerpakowe typu zasięrzutnego (rys.1). Dlatego też zajmiemy się dokładnym zbadaniem ładowarek tego typu.



Rys.1. Schemat kinematyczny czerpaka ładowarki UMP-1

### Cel pracy

Treścią pracy są badania laboratoryjne i przemysłowe nad ustaleniem wpływu najważniejszych konstrukcyjnych i eksploatacyjnych parametrów na proces zaczerpywania urobku kamienia ładowarkami jednoczerpakowymi.

Ładowarka jednoczerpakowa typu zasięrzutnego posiada charakter pracy cyklicznej: ruch do przodu połączony z zaczerpywaniem urobku, podniesienie czerpaka do wysypu połączone z opróżnieniem, oraz opuszczenie czerpaka w położenie wyjściowe.

W podstawowym elemencie cyklu pracy ładowarki, jakim jest zaczerpywanie urobku, możemy wyodrębnić dwie fazy: pierwsza jest wgłębienie czerpaka w urobek, druga stanowi czerpanie.

Proces zaczerpywania decyduje o parametrach konstrukcyjnych i eksploatacyjnych ładowarki, ponieważ określa wielkości sił naporu i udźwigu. Te z kolei określają moc, ciężar, stateczność i wydajność ładowarki.

Parametry wpływające na proces zaczerpywania można po dzielić na dwie grupy:

a) natury górniczo-technicznej związane z własnościami i stopniem przygotowania urobku do ładowania,

b) konstrukcyjne, związane z kształtem ostrza i ścianek bocznych czerpaka, jego geometrią, ustawieniem i trajektorią ruchu.

Możliwości zmiany wpływu parametrów grupy pierwszej są nieznaczne, gdyż określony jest twardością i wielkością urobku, stopniem jego odspojenia od calizny oraz geometrią pryzmy.

Zagadnienie zmiany wpływu parametrów konstrukcyjnych czerpaka na proces zaczerpywania jest bardziej uchwytne i na nie zostanie skierowana główna uwaga badania.

Praca, której niektóre fragmenty zostaną przedstawione, objęła:

1) opracowanie metodyki badania wpływu konstrukcyjnych parametrów na proces zaczerpywania w warunkach laboratoryjnych i ruchowych,

2) zbudowanie stoiska laboratoryjnego,

3) przystosowanie elektrotensometrycznej metody do pomiaru sił naporu i udźwigu,

4) dokonanie serii pomiarów ustalających wpływ poszczególnych parametrów w warunkach laboratoryjnych,

5) pomiary w warunkach kopalnianych,

6) teoretyczne opracowanie wyników doświadczeń i wnioski.

W artykule ograniczymy się do przedstawienia badań jedynie najciekawszych, dokonanych w warunkach laboratoryjnych.

### Metodyka badania laboratoryjnego

Dla wyjaśnienia wpływu parametrów czerpaka na proces zaczerpywania konieczne było zbudowanie stanowiska badawczego, z którego można było prowadzić obserwacje wpływu poszczególnych parametrów przy zachowaniu stałej wartości pozostałych.

Metodykę do tego celu opracowano na podstawie doświadczeń przemysłowych i obserwacji pracy ładowarek typu zasięrzutnego, dokonanych na kopalniach Kuźnieckiego Zagłębia Węglowego.

Głównymi założeniami stanowiska badawczego było: odtworzenie całego cyklu pracy ładowarki wykonanej w pomniejszeniu, umożliwiającej dokonywanie zmian badanych czynników, z jednoczesnym zachowaniem stałej wartości pozostałych.

Do badanych czynników konstrukcyjnych należą:

- a/ kształt ostrza czerpaka,
- b/ kształt ścianek bocznych czerpaka,
- c/ kąt nachylenia do poziomu,
- d/ trajektoria ruchu czerpaka.

Podczas cyklu pracy we wszystkich doświadczeniach zachowano stałą wartość następujących czynników górniczo-technicznych:

- a/ rodzaj urobku,
- b/ asortyment urobku,
- c/ geometria przyzmy urobku,
- d/ głębokość zagłębiania czerpaka.

Do pomiaru sił naporu i udźwigu użyto elektrotensometrię, zastosowanie której możliwe jest przy założeniu stałej szybkości przebiegu wszystkich porównywalnych cykli pracy. Wymagało to opracowania specjalnych przyrządów współpracujących z czujnikami tensometrycznymi oraz urządzeń do rektyfikacji aparatury pomiarowej.

### Stanowisko pomiarowe

Stanowiska laboratoryjne do przeprowadzania doświadczeń /rys.2/ składa się z ładowarki wykonanej w czterokrotnym pomniejszeniu, modelu wyrobiska, urządzenia uruchamiającego ładowarkę oraz aparatury pomiarowej.

Przy wykonaniu modelu ładowarki z czerpakiem zachowane było podobieństwo geometryczne i kinematyczne. Przy wyrobisku uwzględniono oprócz podobieństwa geometrycznego asortyment i własności fizyko-mechaniczne materiału użytego do doświadczeń.

Wyrobisko modelowe wyposażone w jedną boczną szklaną ściankę posiadało możliwość zmiany położenia w kierunku poprzecznym do osi ładowarki. W położeniu symetrycznym wyrobiska względem ładowarki dokonano wszystkich doświadczeń z czerpakiem. Ustawienie jego obok szklanej ścianki umożliwiło obserwację cząstek urobku przed przesuwanym się czerpakiem. Ruch przy takim doświadczeniu odbywał się z bardzo małą prędkością.

Stała geometrie pryzmy urobku osiągnięto przez ustawienie przewodnic na powierzchni pod kątem naturalnego zsypu urobku. Po każdym doświadczeniu urobek wymieszany wyrównywano poprzeczkami przesuwanymi się po przewodnicach /rys.2/. Wyrobisko wraz z torem szynowym ładowarki i urządzeniem napędzającym stanowiło zwartą konstrukcję.

Ładowarkę wyposażono w czerpak, pozwalający na wymianę ostrzy i bocznych ścianek, oraz jego ustawienie w zakresie badanych kątów nachylenia.

Trajektoria zaczerpywania składa się z dwóch odcinków: odcinka poziomego-wgłębianie czerpaka, oraz parabolicznego- czerpanie urobku.

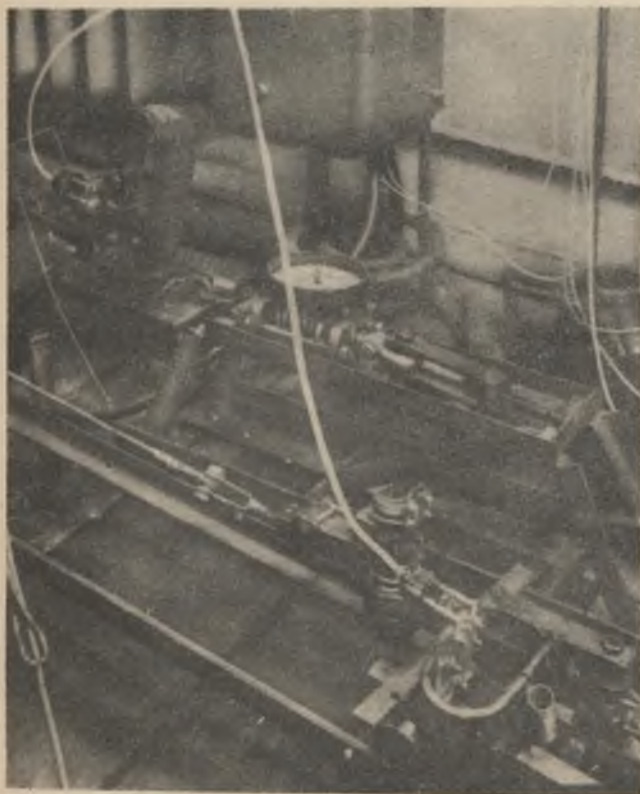
Ruch poziomy dokonuje się pod wpływem ciągnięcia liną naporu zaś ruch pionowy pod wpływem ciągnięcia liną udźwigu. Zblokowanie ruchu poziomego i pionowego zabezpieczyło warunek stałej trajektorii zaczerpywania.

Przy określeniu wpływu ostrzy i kąta nachylenia czerpak wykonywał ruch poziomy /wgłębianie/. Ruch czerpaka po pełnej trajektorii zaczerpywania odbywał się przy doświadczeniach ustalających wpływ ścianek bocznych.

Zachowanie warunku stałej prędkości ruchu czerpaka osiągnięto automatycznym odłączaniem linki naporu od napędu. Do tego celu zastosowano przyrząd włączony szeregowo do linki naporu. Przyrząd przedstawiony jest na rys.3.



Rys.2. Stanowisko doświadczalne



Rys.3. Klamra osuj-  
nikowa z przyrządem  
do automatycznego  
odłączania linii

Do pomiaru oscylograficznego sił naporu i udźwigu na czerpak włączono szeregowo w liny dwa ruchome przyrządy współpracujące z czujnikami tensometrycznymi. Przyrządy wykonane w kształcie klamry zostały osadzone na wózkach toczących się po przewodnikach. W ten sposób zapobiegliśmy szkodliwemu wpływowi ciężaru przyrządów na wyniki pomiarów.

### Elektryczna aparatura pomiarowa

Elektrotensometrycznego pomiaru sił w elemencie, znajdującym się pod naprężeniem, można dokonać metodą bezpośrednio lub pośrednią. W bezpośredniej metodzie czujnik tensometryczny może współpracować z elementem podstawowym lub pomocniczym włączonym szeregowo. Przy metodzie pośredniej czujnik tensometryczny współpracuje z elementem pomocniczym, włączonym równolegle do elementu podstawowego. Przy tym element pomocniczy nie przenosi całkowitej siły.

Przy pomiarach tensometrycznych impulsem wyjściowym jest deformacja elementu przenoszącego siły. Czujnik tensometryczny bezpośrednio naklejony na ten element pod wpływem wahań sił doznaje takich samych odkształceń. Przez czujnik przepływa prąd elektryczny niskiego napięcia. Zmiana przekroju drucika czujnika zmienia jego oporność. Wzmacniacz elektronowy, do którego podłączony jest czujnik, uwielokrotnia impulsy elektryczne i przekazuje na oscylograf, gdzie za pomocą urządzenia pętlicowego /w naszym wypadku/ przekształcone zostają na optyczne. Wychylenie lusterka w oscylografie zależne jest od zmiany przepływu prądu w pętlicy, znajdującej się w polu magnetycznym o stałej wartości. Promień światła skierowany na lusterko ulega odchyleniu, dając ślad na przewijającej się błonie fotograficznej w postaci oscylogramu.

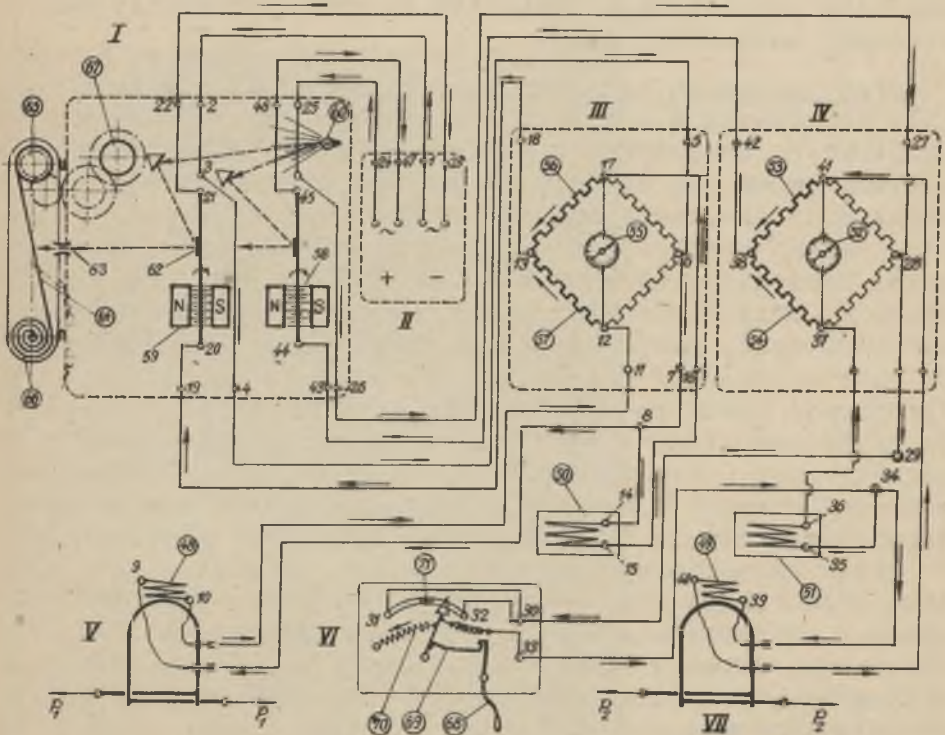
Praktyka pomiarów tensometrycznych wykazała, że element przenoszący siły zginające daje lepsze warunki współpracy z czujnikiem od pracującego na rozciąganie lub ściskanie. Element zginany, obliczony z dużym współczynnikiem bezpieczeństwa praktycznie nie daje impulsu lub w minimalnym stopniu występują odkształcenia.

Prowadzi to w większości wypadków do stosowania przyrządów zamieniających rozciąganie na zginanie i dające odpowiednie odkształcenia.

Przy stosowaniu przyrządu jako elementu pomocniczego, wskazania tensometryczne nie ulegają zniekształceniu, jeżeli deformacja elementu pomocniczego jest proporcjonalna do deformacji elementu podstawowego i nie przekracza granicy sprężystości.

Przyrząd taki powinien dawać dokładną współpracę elementów w zakresie zmiany i częstotliwości naprężeń i nie może być uniwersalny.

Tensometryczna metoda pomiaru sił jest bardzo dokładna, gdyż posiada małą bezwładność oraz możliwość dowolnego zakresu powiększania. Widzimy to szczególnie przy porównaniu z metodami pomiaru za pomocą samopiszzących dynamometrów hydraulicznych lub sprężynowych, gdzie zmiany naprężeń zachodzące w ułamkach sekundy nie są uchwycone wskutek dużej bezwładności układu dźwigniowego, przekazującego impulsy mechaniczne na igłę samopiszzącą.



Rys.4. Schemat połączeń elektrycznych aparatury pomiarowej



W naszym wypadku naklejenie czujnika na linię przenoszącą obciążenia jest niemożliwe ze względu na niejednorodną konstrukcję, a nie celowe ze względu na małe odkształcenia. Biorąc pod uwagę minimalny zakres sprężystości przy rozciąganiu i ściskaniu, współpracę czujnika oparto na zginaniu klamry stalowej. Przekrój klamry oraz długość ramion tak zostały określone w stosunku do maksymalnych sił, że gwarantowały deformację włókien zewnętrznych w zakresie odkształceń sprężystych do ok. 50% wartości granicznej.

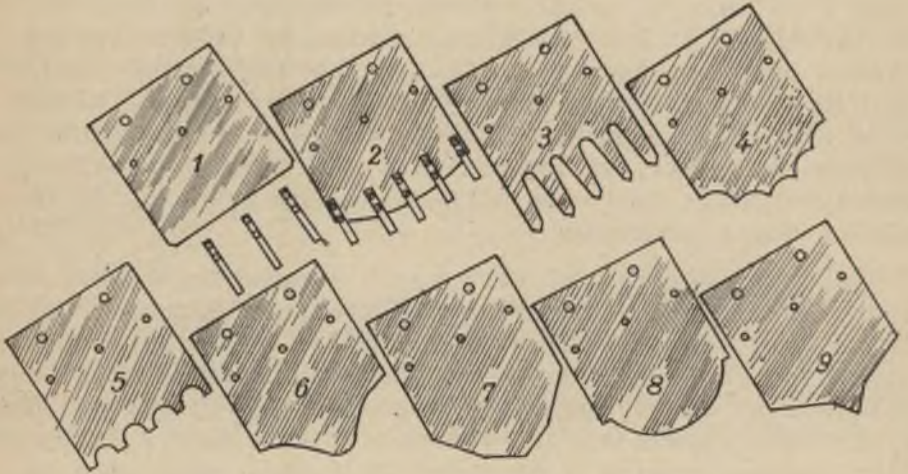
Schemat połączeń elektrycznych aparatury pomiarowej, która składa się z: oscylografu wielopętlicowego I, dwóch wzmacniaczy elektronowych III i IV, czujników tensometrycznych naklejonych na stalowe klamry V i VII oraz urządzenia VI rejestrującego charakterystyczne punkty cyklu zaczerpywania, przedstawiony jest na rys.4. Czujniki tensometryczne o oporności 230 omów naklejone na stalowe klamry, połączone równolegle z czujnikami kompensacyjnymi, podłączone są do wzmacniaczy elektronowych, te z kolei z oscylografem wielopętlicowym. Zadaniem czujnika kompensacyjnego naklejonego poprzecznie do czujnika odbierającego impulsy deformacji jest usuwać szkodliwy wpływ zmiany temperatury na wyniki pomiaru.

Klamry stalowe znajdujące się pod działaniem zmiennych sił naporu i udźwigu stanowią impulsy mechaniczne, które we wzmacniaczach przekształcają się w elektryczne, a w oscylografie w optyczne, zapisywane na błonie fotograficznej w postaci krzywych oscylogramu.

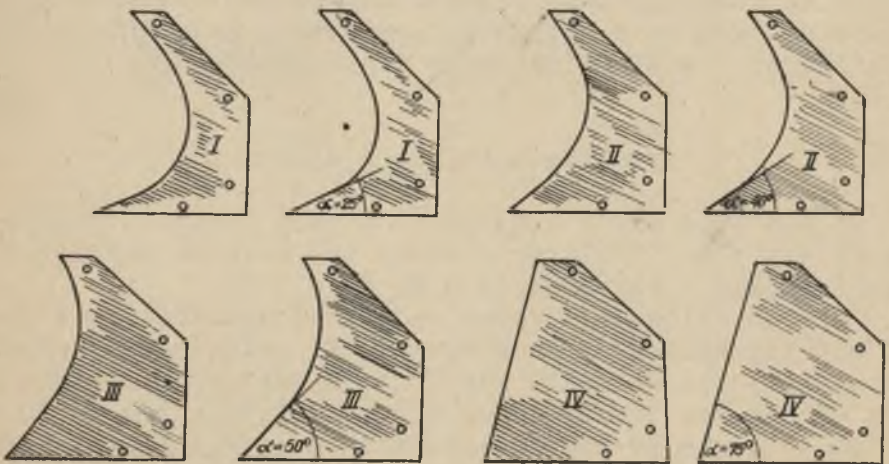
#### Przebieg pomiarów i wyniki

Do pomiarów użyto 9 ostrzy i 4 pary bocznych <sup>ścianek</sup> czerpaka /rys.5 i 6/. Pomiarom poddany był również kąt ustawienia czerpaka w zakresie od 0 do 80°.

Czerpak wbijano w urobek na pewnej wysokości, od spągu zaś przyzma urobku zachowywała kąt naturalnego zsypu. Odpowiadało to warunkom kopalnianym. Materiałem imitującym urobek był twardy łupek o ziarnistości: 30% do 20 mm i 70% od 20 do 60 mm. Przy badaniach ostrzy i kąta nachylenia czerpaka proces przebiegał według schematu na rys. 1, rejestrowano przy tym siły naporu. Kilka charakterystyk tego procesu przedstawiono na rys.7.



Rys.5. Kształty ostrza czerpaka



Rys.6. Kształty bocznych ścianek czerpaka

Zdjęte niektóre charakterystyki sił naporu i udźwigu badania wpływu kształtu ścianek bocznych pokazano na rys.8. Po każdym cyklu zaczerpnięty urobek skrupulatnie ważono. Dało to możliwość określenia wpływu kształtu ścianek na napełnienie czerpaka.

#### Opracowanie wyników pomiaru

Z każdym typem ostrza i bocznej ścianki doświadczenie powtarzano wielokrotnie. Oscylogramy z serii pomiaru poddano analizie ilościowej oraz jakościowej i ustalono średnie wartości.

Przy zachowaniu stałych prędkości taśmy w oscylografie i przebiegu cyklu zaczerpywania, uzyskane krzywe oscylogramów wyrażają zależność sił naporu i udźwigu od czasu. Po uwzględnieniu odpowiednich współczynników proporcjonalności siły i drogi, powierzchnie oscylogramów dają pracę wykonaną przy wbijaniu czerpaka w urobek.

$$A = P_{\text{sr}} \cdot L \text{ /kgm/},$$

gdzie: A - praca przy wbijaniu czerpaka w urobek,  
 $P_{\text{sr}}$  - średnia wielkość siły przy wbijaniu czerpaka /kg/,  
 L - głębokość wbijania czerpaka /m/.

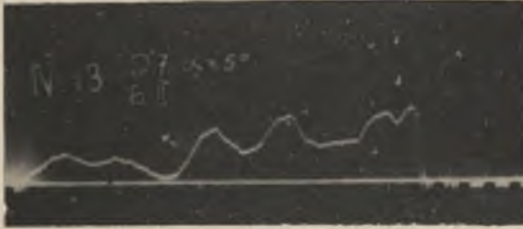
Przykład obliczania średnich wartości sił naporu i pracochłonności przy wbijaniu czerpaka dla oscylogramu nr 7:

$$A = P_{\text{sr}} \cdot L = \frac{S \cdot m_2 \cdot l_g \cdot m_1}{l_g} = S \cdot m_2 \cdot m_1,$$

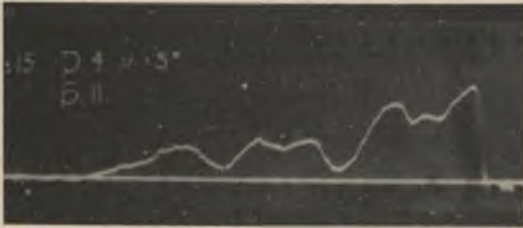
gdzie: S - powierzchnia planimetrowanego oscylogramu /m<sup>2</sup>/,  
 $l_g$  - długość drogi na oscylogramie /m/,  
 $m_1$  - współczynnik proporcjonalności drogi /2,4/,  
 $m_2$  - współczynnik proporcjonalności siły /4500/,

Rys. Nr 7

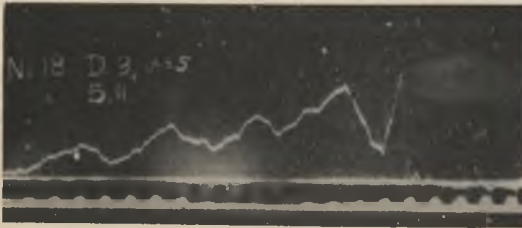
Oscylogramy sił naporu przy wbijaniu czerpaka w urobek  
z różnymi ostrzami, kąt nachylenia  $\alpha = 5^\circ$



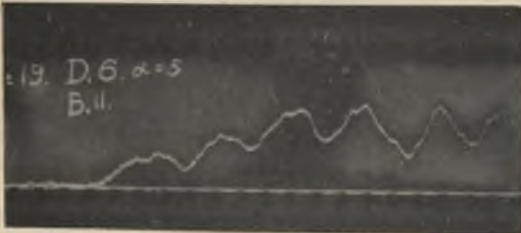
Ostrze Nr 7  
Ścianka Nr II



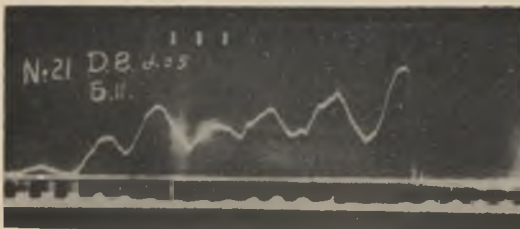
Ostrze Nr 4  
Ścianka Nr II



Ostrze Nr 9  
Ścianka Nr II



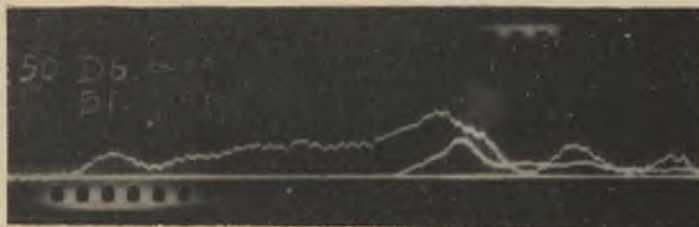
Ostrze Nr 6  
Ścianka Nr II



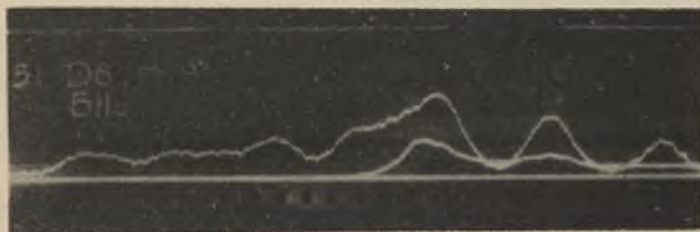
Ostrze Nr 8  
Ścianka Nr II

Rys. Nr 8

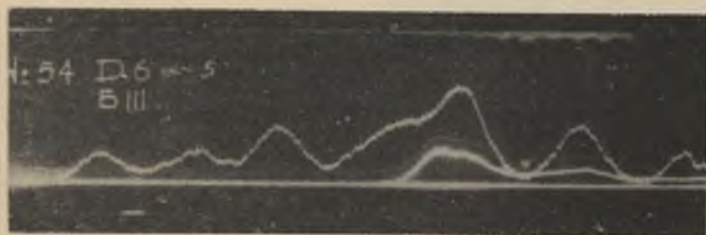
Oscylogramy sił naporu i udźwigu  
dla czterech ścianek czepaka



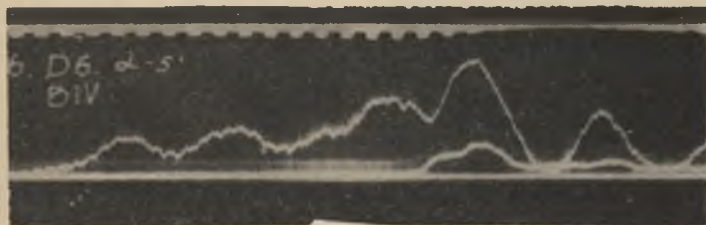
Ścianka  
Nr I



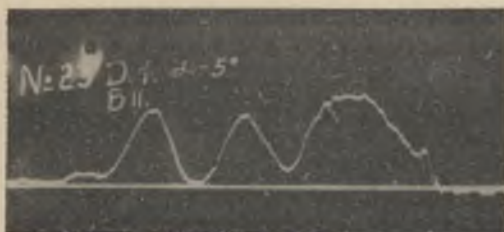
Ścianka  
Nr II



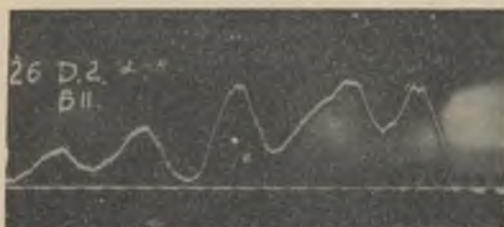
Ścianka  
Nr III



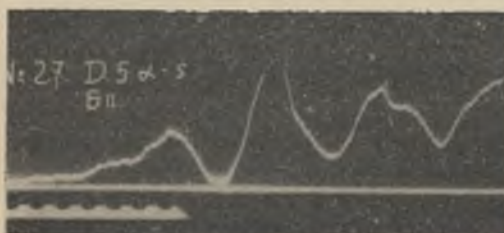
Ścianka  
Nr IV

Rys. Nr 8 c.d.

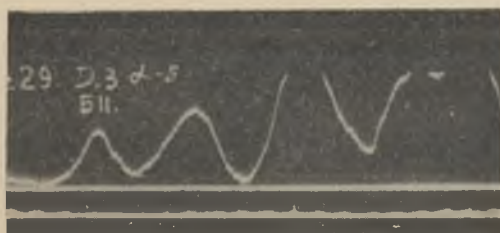
Ostrze Nr 1  
Ścianka Nr II



Ostrze Nr 2  
Ścianka Nr II



Ostrze Nr 5  
Ścianka Nr II



Ostrze Nr 3  
Ścianka Nr II

Powierzchnia po splanimetrowaniu wynosi:

$$S = 490 \text{ mm}^2 = 0,00049 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{śr}} = \frac{S \cdot m_2}{V_g} = \frac{0,00049 \cdot 4500}{0,08} = 27 \text{ /kg/},$$

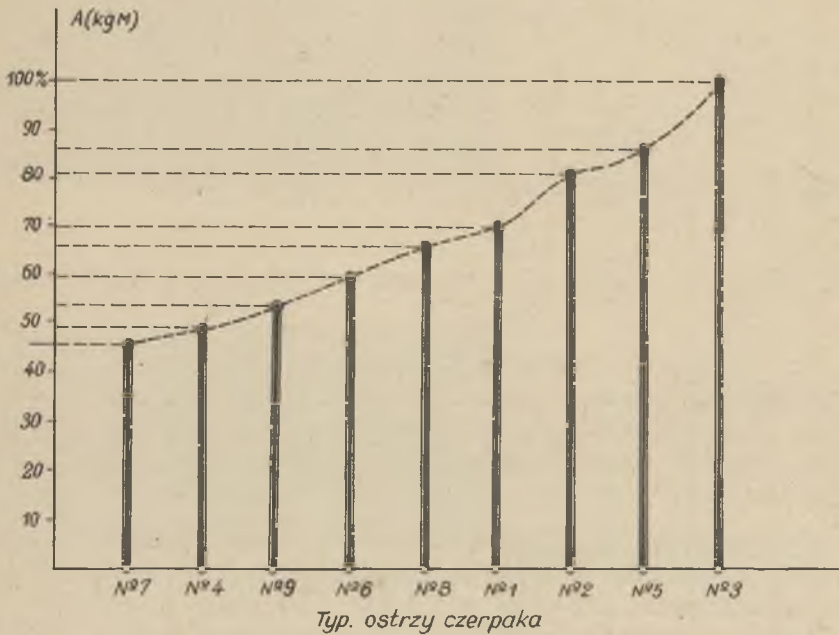
gdzie:  $l_g$  - długość drogi oscylogramu 80 mm

$$A = P_{\text{śr}} \cdot L = S \cdot m_1 \cdot m_2 = 0,00049 \cdot 4500 \cdot 2,4 = 5,27 \text{ /kgm/}.$$

Za kryterium oceny racjonalnego stosowania ostrzy przyjmujemy pracę, jaka jest potrzebna przy wbijaniu czerpaka. Przy określaniu przydatności bocznych ścianek czerpaka, oprócz pracy bierzemy pod uwagę objętość zaczerpniętego urobku.

Porównawcza analiza pracochłonności różnych typów ostrzy czerpaka przedstawiona jest na rys.9. Przyjmując pracochłonność procesu wbijania czerpaka z ostrzem nr 3 na 100%, pracochłonność dla pozostałych ostrzy wyniesie:

ostrze z prostolinijną krawędzią o okrągłych wycięciach	nr 5	86%
ostrze uzbrojone w zęby	nr 2	81%
ostrze o prostolinijnej krawędzi	nr 1	70%
ostrze o parabolicznym kształcie	nr 8	66%
ostrze o parabolicznym kształcie bardziej wypukłym	nr 6	60%
ostrze o kształcie klinowym z ostrym końcem	nr 9	54%
ostrze o kształcie gwiazdy	nr 4	50%
ostrze o kształcie klina wielokrawędziowego	nr 7	48%



Rys. 9. Diagram zależności pracy wbijania od kształtu ostrza

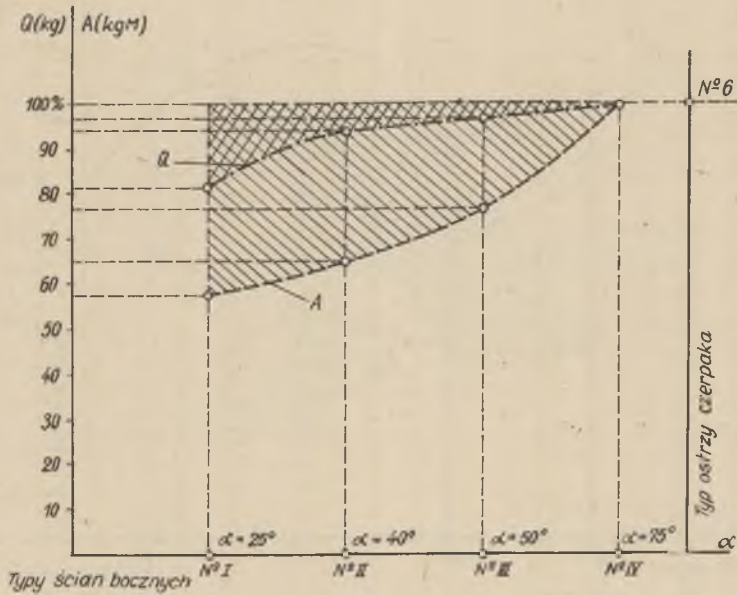
Doświadczenia nad określeniem wpływu bocznych ścianek czerpaka wykazały, że kształt ich w znacznym stopniu wpływa na pracochłonność, a nieznacznie na objętość zaczerpwanego urobku.

Opracowane wyniki, dające zależność pracy i napełnienia czerpaka od jego bocznych ścianek, przedstawia diagram na rys. 10.

Jeśli pracę potrzebną przy wbijaniu czerpaka ze ścianką nr IV i objętość zaczerpniętego urobku przyjmiemy za 100%, to dla pozostałych ścianek otrzymamy wartości:

ścianki nr IV $\alpha = 75^\circ$	pracochł. 100%	obj. urobku 100%
" nr III $\alpha = 50^\circ$	" 78%	" " 96%
" nr II $\alpha = 40^\circ$	" 65%	" " 93%
" nr I $\alpha = 25^\circ$	" 60%	" " 80%





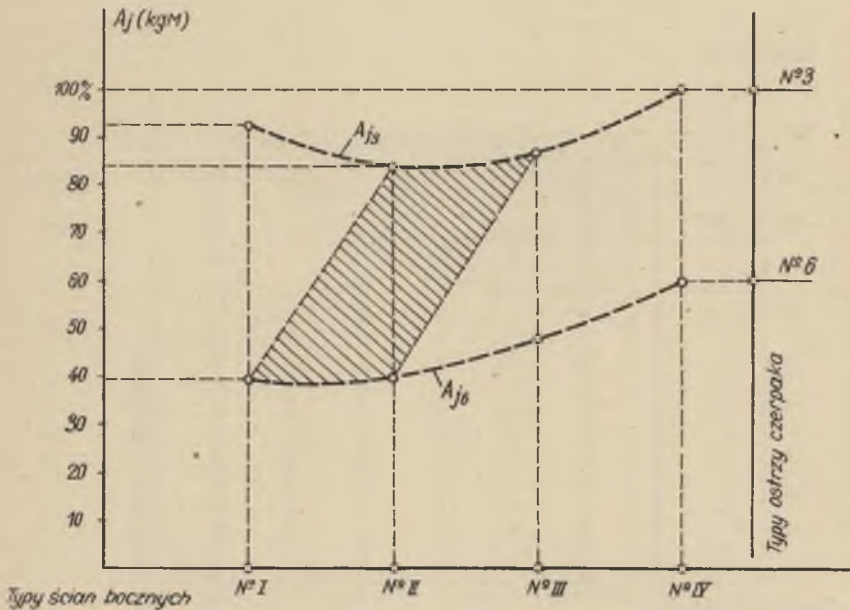
Rys. 10. Diagram zależności pracy i napełnienia od kształtu ścianek. Krzywa A przedstawia pracochłonność przy wbijaniu czerpaka zależnie od kształtu ścianek, krzywa Q zaś napełnienie.

Doświadczenie to przeprowadzono z ostrzem nr 6. Przy ściankach nr IV-III znacznie zmienia się siła naporu, a nieznacznie napełnienie czerpaka. Przy ściankach nr II-I nieznacznie zmienia się siła naporu, a dość znacznie maleje napełnienie czerpaka.

Dla określenia racjonalnej formy ścianek wprowadzimy pojęcie jednostkowej pracy:

$$A_j = \frac{A}{Q} \text{ /kgm/kg\text{ł}.$$

Dane ujęto diagramem /rys.11/.

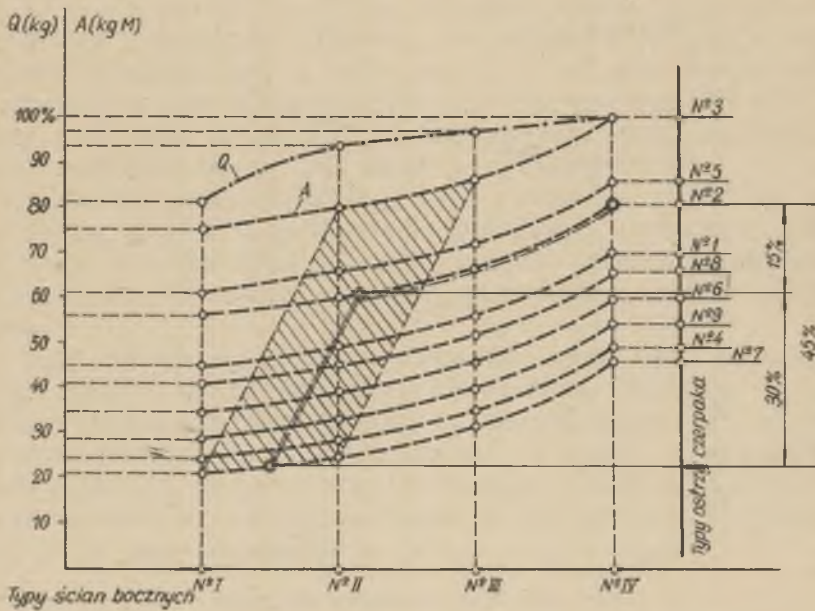


Rys.11. Diagram pracy jednostkowej

Krzywa zmiany jednostkowej pracy posiada minimum, odpowiadające najracjonalniejszej formie ścianek, jednak nie jednakowe dla badanych ostrzy. Przy ostrzu nr 3 minimum znajduje się pomiędzy ściankami nr II-III, a dla ostrza nr 6 pomiędzy I-II. Minimum jednostkowej pracy bardziej pracochłonnych ostrzy czepaka znajduje się bliżej formy ścianki nr IV, a dla ostrzy mniej pracochłonnych przedział zdąża ku ściankom nr I.

Ogólny obraz wpływu bocznych ścianek i ostrza czepaka na pracochłonność procesu zaczerpywania przedstawia rys.12.

Wyniki pozwalają dla danego ostrza czepaka określić najbardziej racjonalną formę ścianki. Czerpak maszyny UMP-1 posiada ostrze nr 2 i ścianki nr IV. Jak widzimy, dla ostrza nr 2 najbardziej racjonalne są ścianki nr II, dające zmniejszenie pracochłonności o ok. 15%. Ostrze nr 2 w porównaniu z ostrzem najmniejszej pracochłonności nr 7 posiada o 30% większe zapotrzebowanie pracy na wbijanie

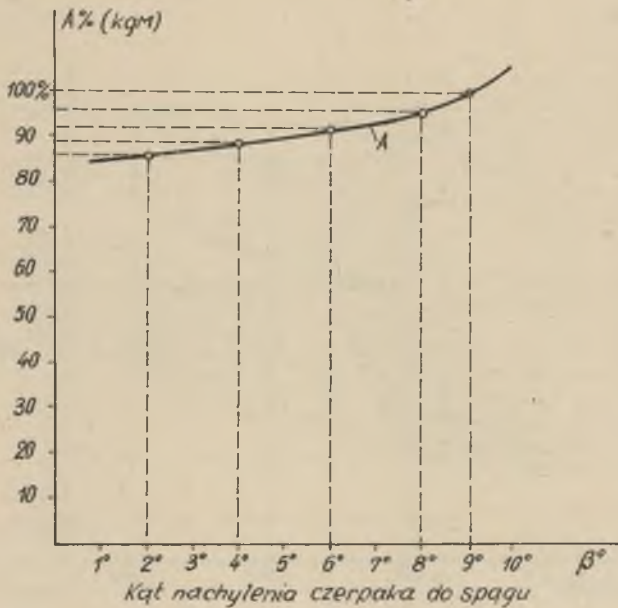


Rys.12. Uogólniony diagram zmiany pracy i napełnienia czerpaka w zależności od ostrzy i ścianek czerpaka

czerpaka w urobek. Określając więc ścianki i ostrze według diagramu /rys.12/ otrzymamy o ok.40% mniejsze zapotrzebowanie pracy. Diagram pozwala przy danym urobku określić najbardziej właściwe ostrze czerpaka. Oprócz tego dokonano pomiaru siły naporu i udźwigu określając wpływ kąta nachylenia dna czerpaka do poziomemu. Dane z opracowanych oscylogramów pozwoliły wykreślić krzywą pracy czerpaka, jako funkcję kąta nachylenia czerpaka /rys.13/.

Do ośmiu stopni nachylenia pracochłonność minimalnie wzrasta, powyżej zaś ośmiu stopni wzrasta bardziej. Kąt nachylenia w pewnych granicach korzystnie wpływa na pracę czerpaka, zabezpieczając czerpak przed wyslizgiwaniem się z urobku, jednak przy nachyleniu powyżej ośmiu stopni wzrasta nadmiernie reakcja zdźwigu urobku.

Analiza wszystkich oscylogramów pod względem ilościowym i jakościowym wykazała pewną prawidłowość jeżeli chodzi o zależność siły naporu od zachowania się cząstek urobku przy wbijaniu czerpaka: zmiana siły naporu posiada



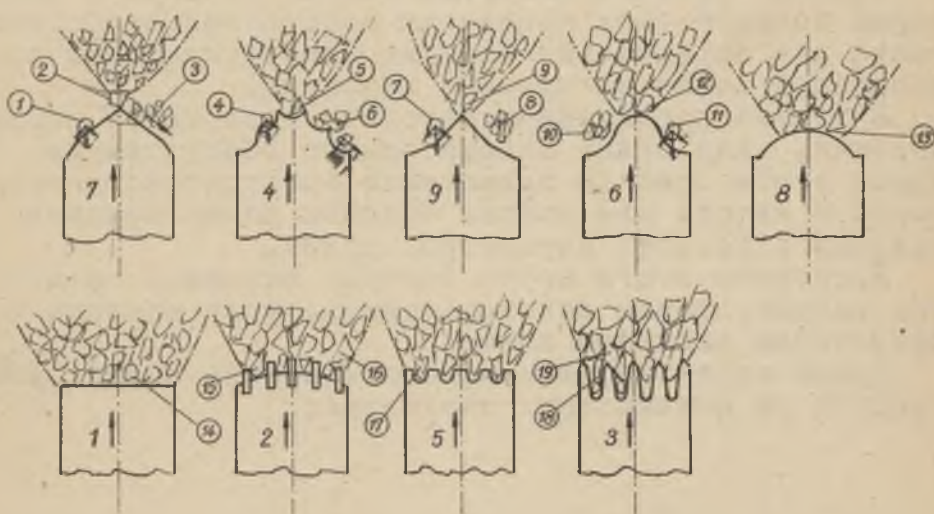
Rys.13. Wykres zależności pracy od kąta nachylenia czerpaka

charakter sinusoidalny, a wielkość amplitudy wahań zależy od zapotrzebowania pracy przy wbijaniu ostrza. Czynnione przez szklaną ścianę modelu wyrobiska przy minimalnej prędkości i dodatkowe obserwacje ruchu czerpaka w urobku oraz przemieszczanie cząstek urobku ułożonego w jednej płaszczyźnie przy wbijaniu imitacji ostrza, pozwoliły rozwinąć sformułowaną interpretację zjawiska; przebieg zmiany reakcji urobku przy wbijaniu czerpaka posiada charakter sinusoidalny, a wielkość sinusoidy określona jest strefą zagęszczonych cząstek urobku.

Przy wbijaniu ostrza czerpaka strefa zagęszczonych cząstek powiększa się przy równoczesnym wzroście siły naporu. Powiększenie strefy zagęszczenia następuje do momentu, osiągnięcia powierzchni urobku, wówczas następuje zaburzenie strefy w formie wypiętrzenia urobku na powierzchni i spadek reakcji naporu; przy dalszym wbijaniu cykl się powtarza. Wielkość siły naporu zależy od poprzecznego przekroju i kształtu ostrza czerpaka oraz od wielkości i twardości cząstek urobku.

Najmniejszą strefę zagęszczenia przy pierwszym zetknięciu z urobkiem wywołują ostrza, zbliżone kształtem do klina i paraboli. Przy dalszym ruchu, cząsteczki są spychane krawędzią klinową, co ułatwia wbijanie ostrza. Ostrza zaopatrzone w zęby /nr 2 i 5/ przy zetknięciu się z urobkiem wywołują dużą strefę zagęszczenia, nie posiadają przy tym tendencji spychania cząstek, następuje raczej zakleszczanie ich między zębami. To zjawisko przy dalszym ruchu czerpaka prowadzi jak gdyby do zwiększenia przekroju przedniej krawędzi ostrza, co daje w konsekwencji zmniejszenie jednostkowego nacisku ostrza na urobek, zakładając stałą wartość siły naporu.

Taki przebieg procesu aktualny jest przy znacznej wielkości i twardości cząstek urobku. Zachodzi to przy zaczerpywaniu skalnego urobku odspojonego od calizny /pędzenie chodników w kamieniu/. Wywody te w zupełności potwierdzają oscylogramy otrzymane podczas doświadczeń. Uszeregowanie ostrzy czerpaka /rys.14/ oparte jest na analizie oscylogramów.



Rys.14. Kształtowanie się stref zagęszczenia cząstek urobku

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysunąć następujące wnioski:

1. Przy wbijaniu czerpaka w urobek podstawowym oporem jest opór czołowy ostrza i ścianek.

2. Wielkość oporu wbijania czerpaka zależy od wielkości strefy zagęszczonych cząstek urobku.

3. Jednoczesne wbijanie i podnoszenie czerpaka prowadzi do obniżenia sił naporu i udźwigu.

4. Przy zwiększeniu kąta nachylenia czerpaka do poziomemu rośnie siła naporu w wyniku dodatkowego oporu zdźwigu urobku.

5. Kształt ostrza czerpaka istotnie wpływa na wielkość siły naporu /do 40%/.

6. Zmiana kształtu ścianek czerpaka wywołuje znaczną zmianę sił naporu i nieznacznie wpływa na napełnienie.

7. Dla różnych ostrzy czerpaka istnieje optymalny kształt ścianki.

8. Interpretacja zjawiska zaczerpywania daje podstawę do dalszych rozważań teoretycznych.

#### РЕЗЮМЕ

Статья содержит издержки работы автора, в пределах которой были проведены лабораторные исследования для определения влияния конструктивных показателей ковша на процесс черпания.

В статье рассмотрена методика проведения исследования, дана опись лабораторного оборудования. Кроме этого описано применение электротенсометрического метода для снятия силовых характеристик влияния отдельных параметров ковша.

Приведены итоги серии замеров влияния: геометрии резцов, формы боковых стенок, угла наклона и траектории движения ковша.

Данные теоретические выводы и проект ковша работающего на оптимальных параметрах.

### ZUSAMMENFASSUNG

Elektrotensometrische Forschungen des Einflusses der Ladeschaufelform auf die Arbeit des Wurfschaufelladers

Der Aufsatz behandelt Laborforschungen betreffend den Einfluss der Konstruktionsparameter der Ladeschaufel auf die Arbeit des Wurfschaufelladers. Geschildert wird der Laborstandplatz, die Anwendung der elektrotensometrischen Methode bei Aufnahme der Ladeschaufelcharakteristiken und die Methode der Forschung. Die Schlussfolgerungen sind in einer Tabelle der optimalen Ladeschaufelparameter dargestelet.