

KONFERENCJA: MODELOWANIE GÓRNICZYCH MASZYN WYCIĄGOWYCH  
9-10.XII.1977

JERZY ANTONIAK  
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, GLIWICE  
ANDRZEJ LATKA  
BIURO STUDIÓW I PROJEKTÓW GÓRNICZYCH  
KATOWICE

BADANIA MODELOWE WPLYWU POSTACI KONSTRUKCYJNEJ  
ZASOBNIKA SKIPU NA CHARAKTER I NAPIĘZENIE  
WPLYWU MASY WĘGLA

na podstawie przeprowadzonych badań modelowych skipów jednokomorowych i skipów dwukomorowych określono charakter ruchu ziarna węgla w zasobniku skipu podczas jego wyładunku oraz scharakteryzowano jego wpływ na prędkość wypływu masy węgla.

### 1. Wstęp

Uzasadniona technicznie i ekonomicznie dążność do stałego zwiększania udźwigu użytecznego skipów przy równoczesnym skracaniu czasu ich za i wyładunku jako podstawowych parametrów strumienia transportowanej masy urządzeniem wyciągowym, była podstawą podjęcia obszernych badań modelowych wpływu postaci konstrukcyjnej zasobnika skipu na zjawiska zachodzące w materiale sypkim podczas wypływu masy węgla.

Dotychczas prowadzone były obszerne badania nad zachowaniem się ośrodka sypkiego, a przede wszystkim jego ruchu w zbiornikach i silosach. Okazało się jednak, że wypracowane teorie odniesione do skipów węglowych nie dawały zadowalających rezultatów. Skip bowiem stanowi specyficzny rodzaj zbiornika, w którym załadunek i wyładunek odbywa się jednoporcjowo, a samo magazynowanie urobku węglowego jest krótkotrwałe i ogranicza się do czasu odpowiadającego przejazdowi skipu w szybie. Dodatkowo jeden lub dwa otwory wylotowe usytuowane są zawsze na ścianach bocznych zasobnika skipu. Z uwagi na szlifujące działanie urobku węglowego, ściany boczne i dno skipu wykonane ze stali trudnościeralnej są bardzo gładkie, co z kolei daje niskiej wartości współczynnik tarcia węgla po stali. Warto także zwrócić uwagę na ograniczoną możliwość zmiany wzajemnych "

stosunków wymiarów geometrycznych zasobników skipowych i konieczność takiego kształtowania ich geometrii, aby środek ciężkości załadowanego skipu był usytuowany w osi symetrii przekroju poprzecznego zasobnika.

W ramach przeprowadzonych badań modelowych określono przy wykorzystaniu teorii podobieństwa mechanicznego podstawowe zależności geometryczne skipów użytych do badań, a także ustalono zależności na liczby kryterialne, które pozwoliły na syntetyczne powiązanie zasadniczych parametrów skipów z parametrami wpływu masy węgla.

## 2. Badania modelowe

Na podstawie wybranych trzech wielkości podstawowych: skali wymiarów liniowych, skali przyspieszenia siły ciężkości, skali gęstości materiału, oraz przy wykorzystaniu analizy wymiarowej ustalono przeliczniki dla pozostałych wielkości fizycznych objętych procesem modelowania. Określono także minimalną liczbę prób wychodząc ze znanych zależności matematyki statystycznej.

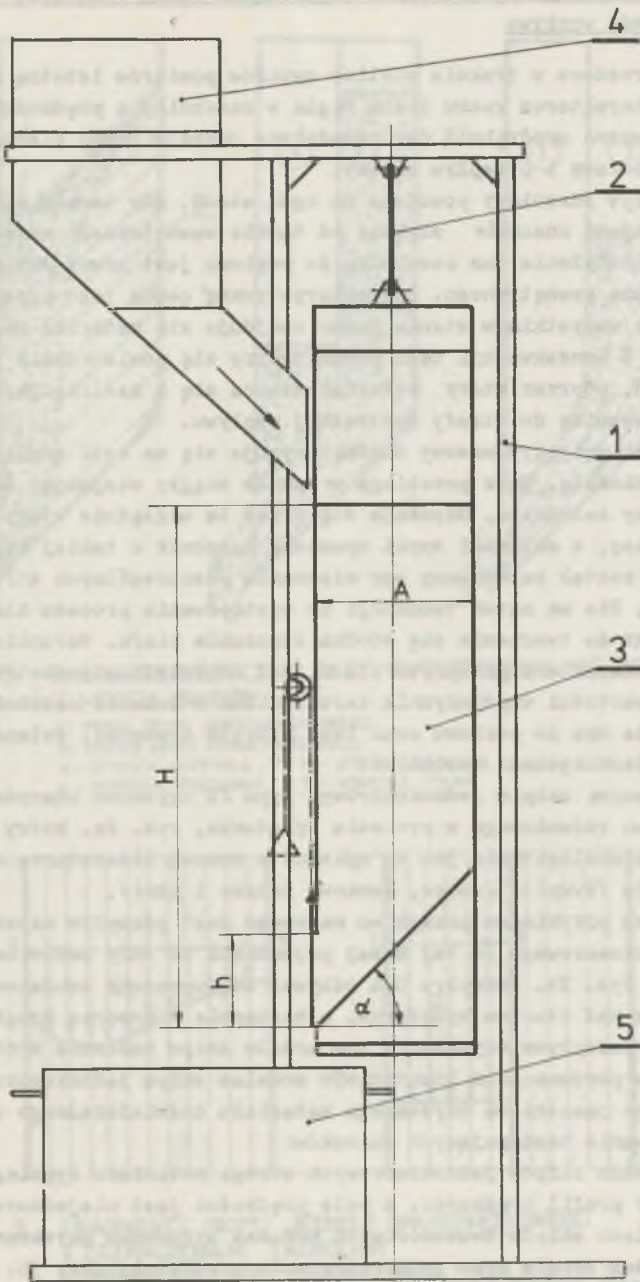
Pomiary przeprowadzono na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku badawczym, rys. 1. Modele skipów wykonane były z blachy stalowej St3s grubości 0,3 mm i zamocowane w ramie z kształtowników. Jedna ze ścian modelu skipu wykonana była ze szkła, co umożliwiało filmowanie przebiegu procesu wyładunku skipu. Modele skipów wykonano w skali 1:10. Konstrukcja modelu podstawowego umożliwiała zmianę wielkości otworu wylotowego, kąta nachylenia dna oraz była przystosowana do wprowadzania dodatkowych elementów konstrukcyjnych do wnętrza zasobnika.

Z pośród wielu przebadanych wariantów postaci konstrukcyjnej zasobników skipowych w niniejszym artykule ograniczono się jedynie do dwóch modeli oznaczonych symbolami J2 i D4. Model J2 to skip jednokomorowy o kształcie zbliżonym do skipu konwencjonalnego, natomiast skip D4 stanowił dwukomorowy zasobnik z możliwością regulacji usytuowania pionowej przegrody.

Materiałem użytym do badań był węgiel kamienny typu 33 w stanie powietrznie-suchym o granulacji od 30 do 0 mm. Był to niesert z przewagą klas drobnych. Do celów porównawczych użyto także kulek szklanych o średnicy 6 mm.

Do pomiarów wykorzystano następujący sprzęt: kamery typu Pentazet 16 do filmowania z prędkością 300 klatek/s, kamery typu Balex H16 Reflex do filmowania z prędkością 64 klatek/s, instalacji oświetleniowej o mocy 15 kW, stopera ręcznego, przymiaru metrycznego, suwmiarki oraz wagi dziesiętnej o dokładności 0,1 kg, a także sprzętu dodatkowego, jak magnetofon, przegładarkę, aparat fotograficzny.

Uzyskany materiał pomiarowy poddano wielokierunkowej analizie wykorzystując do tego celu metodę przetworzenia obrazów kamery poprzez zdjęcia na schematy obrazujące proces wyładunku w czasie.



RYS 1 SCHEMAT STANOWISKA BADAWCZEGO SKIPÓW.

1-KONSTRUKCJA NOŚNA; 2-ZAWIESZENIE LINOWE MODELI; 3-MODEL SKIPU,  
4-ZBIORNIK ODMIAROWY; 5-ZBIORNIK WYLADOWCZY.

### 3. Charakter ruchu ziarn węgla w zasobniku skipu oraz jego wpływ na prędkość wypływu

Spostrzeżono w trakcie analizy wyników pomiarów istotną zależność między charakterem ruchu ziarn węgla w zasobniku a prędkością wyładunku. Ogólnie można wyodrębnić dwa zasadnicze rodzaje ruchu ziarn, tzw. przepływ rdzeniowy i przepływ masowy.

Przepływ rdzeniowy powstaje na ogół wtedy, gdy tarcie ziarn o ścianki naczynia jest znacznie większe od tarcia wewnętrznego materiału oraz gdy kąt nachylenia dna zasobnika do poziomu jest równy lub mniejszy od kąta tarcia wewnętrznego. Charakterystyczną cechą tego przepływu jest to, że przede wszystkim w stanie ruchu znajduje się materiał nad otworem wylotowym. W konsekwencji tego ruchu tworzy się powierzchnia stożka staczania ziarn, poprzez który materiał stacza się i zaślizguje z całego przekroju zasobnika do strefy centralnej wypływu.

Z kolei przepływ masowy charakteryzuje się na ogół stałą i stosunkowo małą prędkością, gdyż przebiega w sposób ciągły obejmując cały przekrój poprzeczny zasobnika. Uzyskuje się przez to względnie stały strumień wylotowy masy, a materiał syпки opuszcza zasobnik w takiej kolejności, w jakiej został załadowany bez mieszania poszczególnych stref ośrodka sypkiego. Nie ma zatem tendencji do występowania procesu klasyfikacji ziarn oraz do tworzenia się stożka staczania ziarn. Warunkiem uzyskania takiego charakteru przepływu ziarn jest odpowiednia geometria zasobnika, niskiej wartości współczynnik tarcia ziarn o ścianki zasobnika, duży kąt nachylenia dna do poziomu oraz brak ostrych krawędzi, załamań i przejść między płaszczyznami zasobnika.

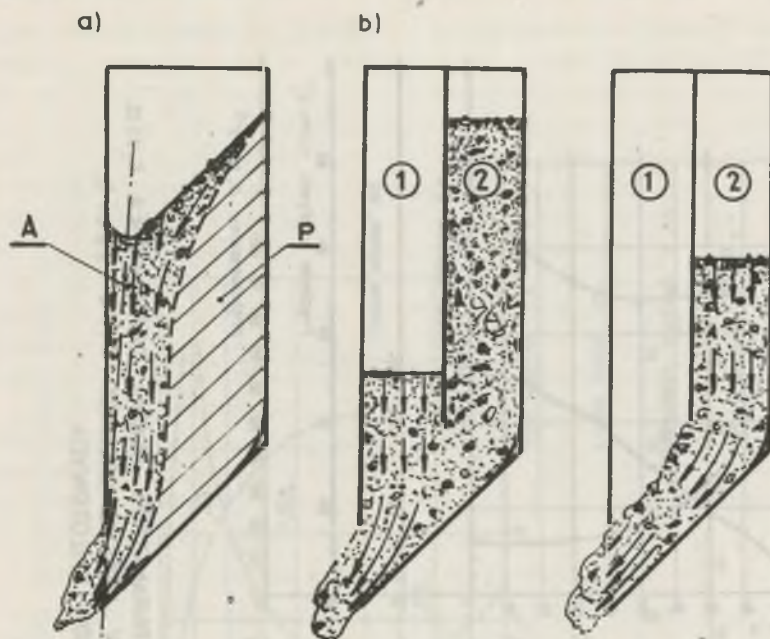
W badanym skipie jednokomorowym typu J2 uzyskano zdecydowaną przewagę ruchu rdzeniowego w procesie wyładunku, rys. 2a, który to przepływ przebiega analogicznie jak to opisano w znanej literaturze dotyczącej zbiorników /Kvapil, Jenike, Zenkow, Redzko i inni/.

Typowym przykładem przepływu masowego jest przepływ uzyskany w modelu skipu dwukomorowego /o tej samej pojemności co skip jednokomorowy J2/ typu D4, rys. 2b. Przepływ ten odbywał się wyraźnie dwufazowo, najpierw w komorze nad otworem wylotowym, a następnie w komorze drugiej. Mimo dwufazowego przepływu uzyskano w tym modelu skipu znacznie krótszy czas wyładunku w porównaniu z identycznym modelem skipu jednokomorowego.

Analiza jakościowa uzyskanego materiału doświadczalnego umożliwiła sformułowanie następujących wniosków:

- w modelach skipów jednokomorowych struga materiału sypkiego ma nieregularny profil prędkości, a pole prędkości jest niejednorodne, rys. 3a,
- w modelach skipów dwukomorowych podczas wyładunku uzyskano stały profil prędkości warstw oraz jednorodne pole prędkości, rys. 3b.

Na rysunkach od 4 do 6 zestawiono podstawowe parametry ruchu masy urobku uzyskane podczas wypływu ziarn z modeli skipów typu J2 i D4. Na wykresach tych zaznaczono zmianę drogi w czasie dla górnej przżmy urobku w zasob-



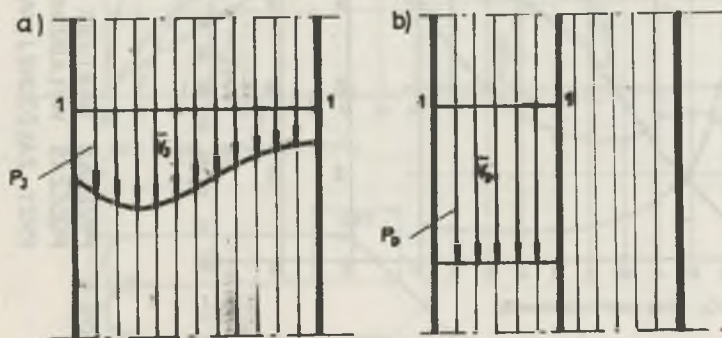
RYS. 2 CHARAKTERYSTYCZNE FAZY WYSYPYWANIA SIĘ WĘGLA Z MODELI SKIPÓW

a) MODEL SKIPU JEDNOKOMOROWEGO

b) MODEL SKIPU DWUKOMOROWEGO

A - STREFA AKTYWNA, P - STREFA PASYWNA

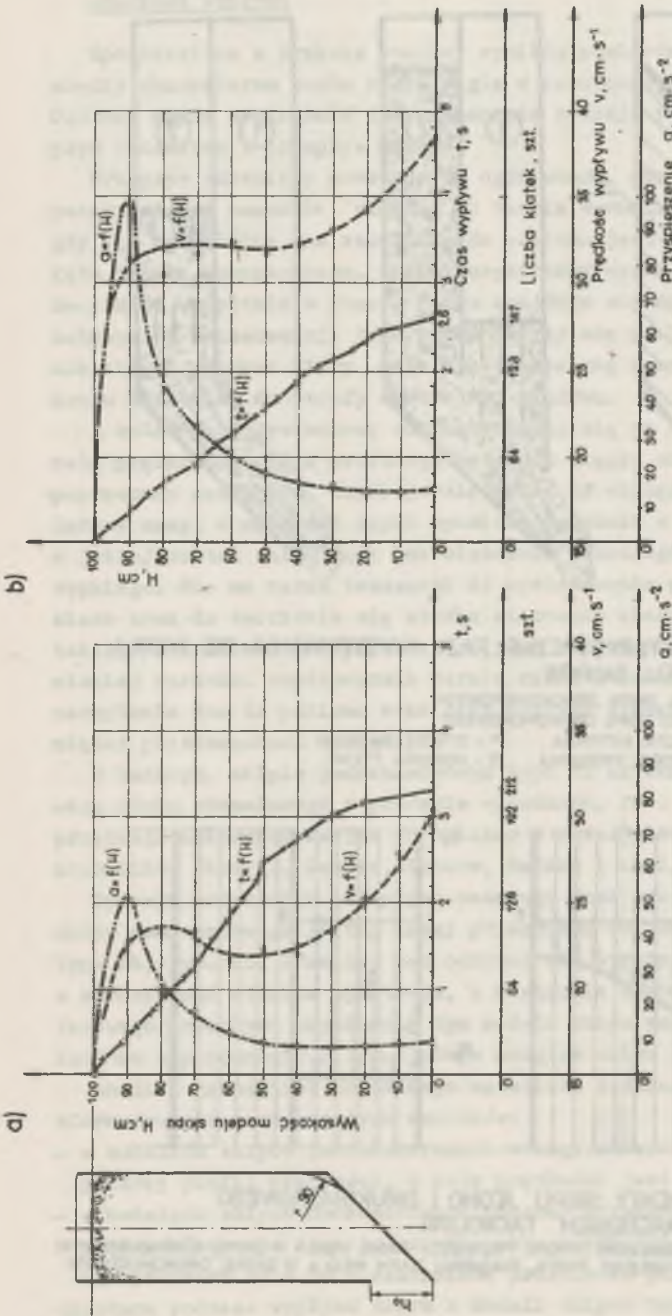
1 - KOMORA PRZEDNIA, 2 - KOMORA TYLNA



RYS. 3 FRAGMENTY SKIPU JEDNO I DWUKOMOROWEGO Z ZAZNACZENIEM TACHOLINII

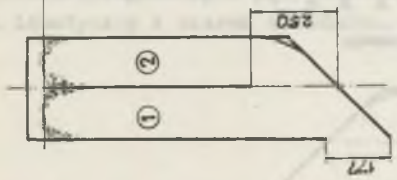
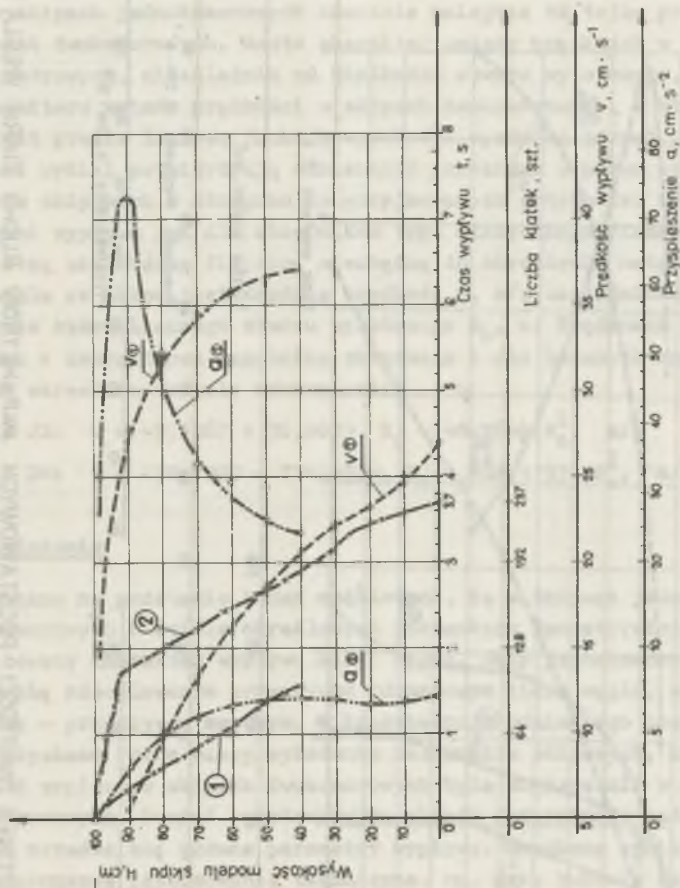
a) NIEREGULARNY PROFIL PRĘDKOŚCI ZIARN WĘGLA W SKIPIE JEDNOKOMOROWYM

b) PROSTOKĄTNY PROFIL PRĘDKOŚCI ZIARN WĘGLA W SKIPIE DWUKOMOROWYM

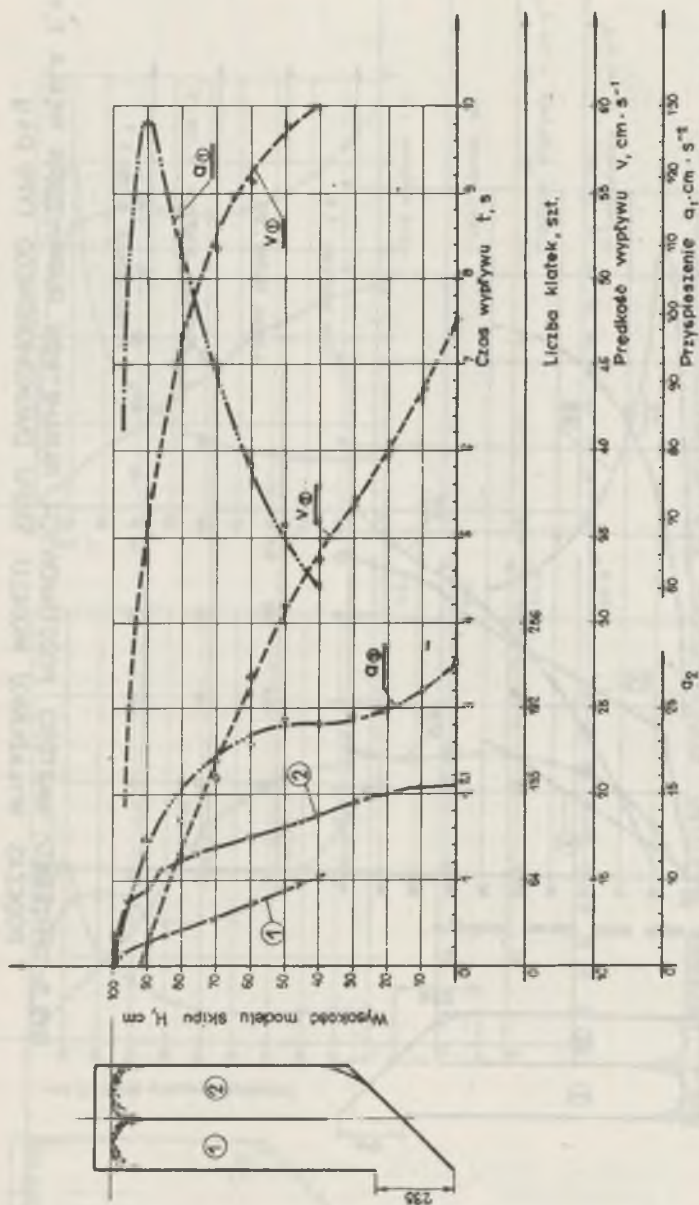


RYŚ. 4 PRZEBIEG WARTOŚCI PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW RUCHU ZIARNA WĘGLA  $t, v, a$  PODCZAS WYŁADUNKU MODELI SKIPIÓW JEDNOKOMOROWYCH TYPU J2a i b, PRZY ZAŁOŻONEJ WYSOKOŚCI OTWORÓW WYLOTOWYCH:

$a = h_0 = 177 \text{ mm}$   
 $b = h_0 = 235 \text{ mm}$



RYS. 5 PRZEBIEG WARTOŚCI PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW RUCHU ZIARNA WĘGLA t, v i a PODCZAS WYŁADUNKU MODELU SKIPU DWUKOMOROWEGO TYPU D4g



RYC. 6 PRZEBIEG WARTOŚCI PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW RUCHU ZIARNA WĘGLA  $t, v$  i  $a$  PODCZAS WYŁADUNKU MODELU SKIPU DWUKOMOROWEGO TYPU D4h.



niku skipu, a także jej prędkość i przyspieszenie w funkcji wysokości przysmy. Dodatkowo rys. 4 obrazuje zmianę parametrów ruchu wypływu urobku węglowego dla dwu różnych wysokości otworu wylotowego skipu.

Z wykresów wynika, że średnia prędkość opadania górnej przysmy ziarn jest w skipach jednokomorowych znacznie mniejsza od tejże prędkości w skipach dwukomorowych. Nadto charakter zmiany prędkości w skipach jednokomorowych, niezależnie od wielkości otworu wylotowego, jest inny od charakteru zmiany prędkości w skipach dwukomorowych, w których prędkość jest prawie liniową funkcją wysokości opadania górnej przysmy urobku. Uzyskane wyniki potwierdzają odmienną przebieg wypływu urobku z zasobników skipowych w stosunku do przyjmowanych dotychczas założeń stałej prędkości wypływu jak dla zbiorników typu klasycznego /Zenkow, Redzko/.

Istotną wielkością fizyczną niezbędną do określenia natężenia wypływu masy węgla ze skipu jest średnia prędkość  $v$ , m/s uzależniona od wielkości promienia hydraulicznego otworu wylotowego  $R_0$ , m. Prędkości te są ściśle związane z danym typem zasobnika skipowego i dla badanych modeli skipów J2 i D4 określone zostały równaniami:

$$\text{skip J2: } v = -5,1067 + 36,4629 \cdot R_0 - 48,2644 \cdot R_0^2, \text{ m/s}$$

$$\text{skip D4: } v = -38,5909 + 214,5334 \cdot R_0 - 282,4153 \cdot R_0^2, \text{ m/s}$$

#### 4. Zakończenie

Wykazano na podstawie badań modelowych, że w skipach jednokomorowych i dwukomorowych o ściśle określonych stosunkach geometrycznych występuje zróżnicowany charakter wypływu masy węgla. Skip jednokomorowy charakteryzuje się zdecydowanym przepływem rdzeniowym ziarn węgla, a skip dwukomorowy - przepływem masowym. W konsekwencji odmiennego charakteru przepływu uzyskano różne czasy wyładunku zasobników skipowych, przy czym prędkość wypływu w skipach dwukomorowych była większa niż w skipach jednokomorowych. Postać konstrukcyjna skipów determinuje zależności, którymi określa się główne parametry wypływu. Uzyskane wyniki mogą mieć wielokierunkowe zastosowanie techniczne, np. przy budowie skipów o najkrótszym czasie wyładunku lub przy budowie skipów, w których czas wyładunku jest identyczny z czasem załadunku.

MODEL TESTING TO DETERMINE THE INFLUENCE OF THE SKIP  
BIN CONSTRUCTION ON THE CHARACTER AND THE MASS  
RATE OF COAL DISCHARGE

On the grounds of model testing of skips with one and two chambers a character of the coal grains movement was determined during the discharge of the skip bin both with its influence on the mass rate of coal discharge.

МОДЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ ФОРМЫ БУНКЕРА СКИПА  
НА ХАРАКТЕР И НАПРЯЖЕНИЕ РАСХОДА МАССЫ УГЛЯ

На основе проведённых модельных испытаний однокамерных и двухкамерных скипов определено характер движения зёрен угля в бункере скипа во время его разгрузки, а также дана характеристика его влияния на скорость расхода массы угля.

