

Marek JASZCZUK, Sławomir TOMASZEWSKI
Politechnika Śląska, Gliwice

SYMULACJA KOMPUTEROWA PROCESU ŁADOWANIA UROBKU ORGANEM URABIAJĄCYM KOMBAJNU ŚCIANOWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono numeryczną symulację procesu ładowania urobku przy pracy nadsiębiernej organu urabiającego kombajnu ścianowego. Symulację wykonano wykorzystując metodę elementów skończonych (MES) dla modelu trójwymiarowego za pomocą programów MSC Patran oraz MSC Dytran. Na podstawie uzyskanych wyników symulacji przedstawiono przemieszczenia wybranych ziaren urobku.

COMPUTER SIMULATION OF A LOADING PROCESS OF COAL CUT BY A SHEARER DRUM

Summary. Numerical simulation of a loading process of cut coal during uprising sense of rotation has been presented in the paper. Three-dimensional simulation was created using a finite element method (FEM) by MSC Patran and MSC Dytran software. On the basis of obtained computer simulation results displacements of selected cut coal grains are presented in the paper.

1. Wstęp

Analiza przebiegu procesu ładowania urobku organami urabiającymi kombajnu ścianowego wymaga znajomości przemieszczenia poszczególnych ziaren odspojonych organem od calizny. Dotychczas sporządzono bilans urobku odspojonego od calizny węglowej, rozpatrując ruch pojedynczego ziarna po oderwaniu od calizny bez uwzględnienia kontaktu z organem urabiającym [1]. Kolejnym etapem oceny skuteczności procesu ładowania jest analiza przemieszczania poszczególnych ziaren znajdujących się w przestrzeni organu urabiającego.

Ze względu na złożoność procesu przemieszczania ziaren w poszczególnych warstwach ładowanego urobku rozwiązanie problemu jest możliwe poprzez przeprowadzenie symulacji procesu ładowania na modelu przestrzennym z uwzględnieniem: tarcia pomiędzy ziarnami i powierzchnią spągu, calizną węglową i organem urabiającym oraz wzajemnego oddziaływania ziaren (uderzenia oraz poślizgi). Do symulacji zastosowano metodę elementów skończonych (MES), która umożliwia poznanie zachowania się arbitralnie ukształtowanego modelu elementów skończonych przy założonych: ogólnym obciążeniu i więzach.

Znajomość przemieszczeń ziaren urobku pozwoli poznać zjawiska występujące podczas ładowania.

2. Charakterystyka modelu

Model organu urabiającego, ziaren urobku odspojonych od calizny, fragmentu spągu oraz calizny węglowej, przedstawiony na rys.1, został uzyskany przy wykorzystaniu programu MSC Patran, natomiast obliczenia wykonano za pomocą programu MSC Dytran.

Wykorzystane oprogramowanie MSC Patran oraz MSC Dytran umożliwia zamodelowanie kontaktu dla elementów bryłowych, jak i powłokowych, gdzie mogą wystąpić duże odkształcenia, przemieszczenia oraz poślizgi pomiędzy powierzchniami w kontakcie w krótkim odcinku czasu [2.]

Podczas ładowania występuje kontakt pomiędzy: ziarnami urobku, organem urabiającym, powierzchniami spągu oraz calizny węglowej, stąd zamodelowano dwa przypadki kontaktu:

- kontakt pomiędzy elementami skończonymi organu i ziarnami ładowanego urobku dla statycznego współczynnika tarcia ślizgowego $\mu_s = 0,18$ oraz kinematycznego $\mu_k = 0,11$. (kontakt master- slave, gdzie nadrzędne są elementy skończone organu i nie występuje kontakt między elementami podrzędnymi).
- kontakt pomiędzy elementami skończonymi ziaren urobku i spągu oraz calizny węglowej odpowiednio dla $\mu_s = 0,56$ i $\mu_k = 0,28$. (selfcontact, gdzie może wystąpić kontakt pomiędzy wszystkimi elementami skończonymi).

Organ urabiający został zamodelowany jako element bryłowy, wykonany z materiału izotropowego o charakterystyce elastoplastycznej (stal St 5). Organ pokryty siatką składającą

się z 3512 węzłów oraz 3596 elementów skończonych. Dla uproszczenia modelu pominięto uchwyty nożowe oraz noże.

Symulację przeprowadzono dla organu urabiającego o następujących parametrach:

- średnica zewnętrzna $D_z = 1700\text{mm}$,
- średnica płata $D = 1500\text{mm}$,
- średnica piasty $D_p = 920\text{mm}$,
- kąt nachylenia płata $\alpha = 24^\circ$,
- zabiór $z = 950\text{mm}$,
- grubość tarczy odcinającej, płaszcz piasty płatów $g = 50\text{mm}$.

W pracy przedstawiono przebieg procesu ładowania organu urabiającego dla prędkości obrotowej $n = 32,7$ obr/min przy prędkości posuwu kombajnu wynoszącej $4,5$ m/min.

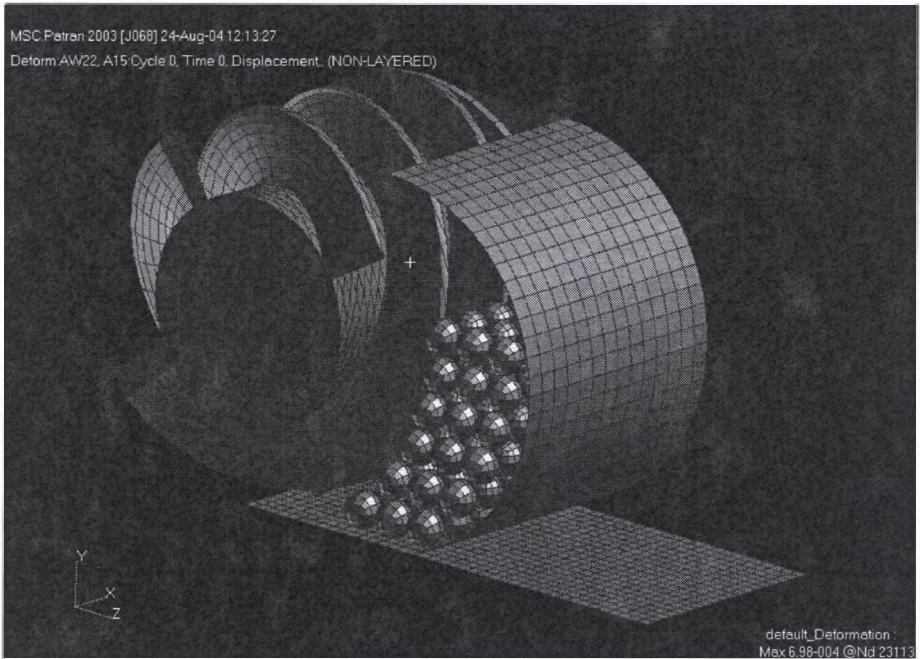
Ładowany urobek zamodelowano jako elementy bryłowe w kształcie kul o średnicy $d = 150$ mm zgrupowanych w 6 warstwach na całej szerokości zabioru organu, z których warstwa najniżej zalegająca spoczywa na spągu. Łączna liczba ziaren urobku w modelu wynosi 108. Przyjęto, iż każde ziarno ma 6 stopni swobody i jest ciałem sztywnym o gęstości $\rho = 1,5$ t/m³. Każde ziarno zostało pokryte siatką składającą się z 186 węzłów oraz 91 elementów skończonych. W ziarnach urobku nie zostały usunięte podwójne węzły występujące w punktach kontaktu poszczególnych kul, co pozwala uzyskać luźną strukturę ładowanego materiału.

Pozostałe części modelu, takie jak: fragment calizny węglowej oraz spągu zostały zamodelowane jako sztywne powłoki o grubości 5 mm i gęstości $\rho = 1,5$ t/m³.

Nieruchomy fragment spągu został pokryty siatką składającą się z 820 węzłów oraz 760 elementów skończonych.

W celu odwzorowania warunków ładowania urobku i zachowania stałej odległości organu od calizny fragment calizny węglowej, który składa się z półkolistej powłoki przed organem urabiającym oraz pionowej powłoki znajdującej się w odległości 140 mm od tarczy odcinającej organu, przemieszcza się z taką samą prędkością posuwu jak organ urabiający.

Dla przyjętego modelu maksymalny dopuszczalny krok czasowy wynosi $1 \cdot 10^{-6}$ sekundy, z automatyczną możliwością zwiększenia w przypadku wystąpienia małych przemieszczeń.



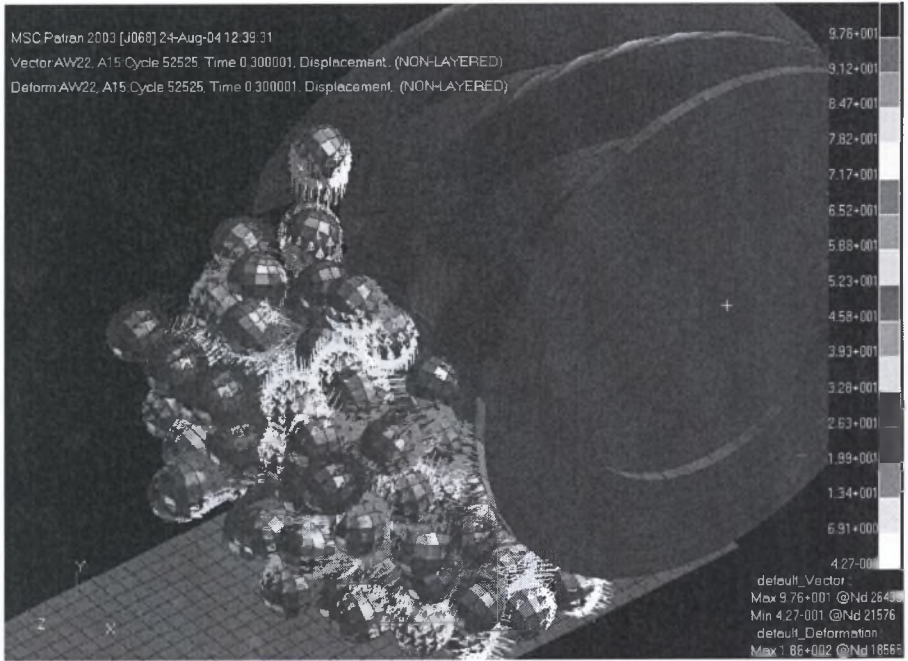
Rys. 1. Model organu urabiającego, urobku, calizny węglowej i spągu
 Fig. 1. Model of shearer drum, coal cut, body of coal and floor

3. Analiza przemieszczania ziaren ładowanego urobku

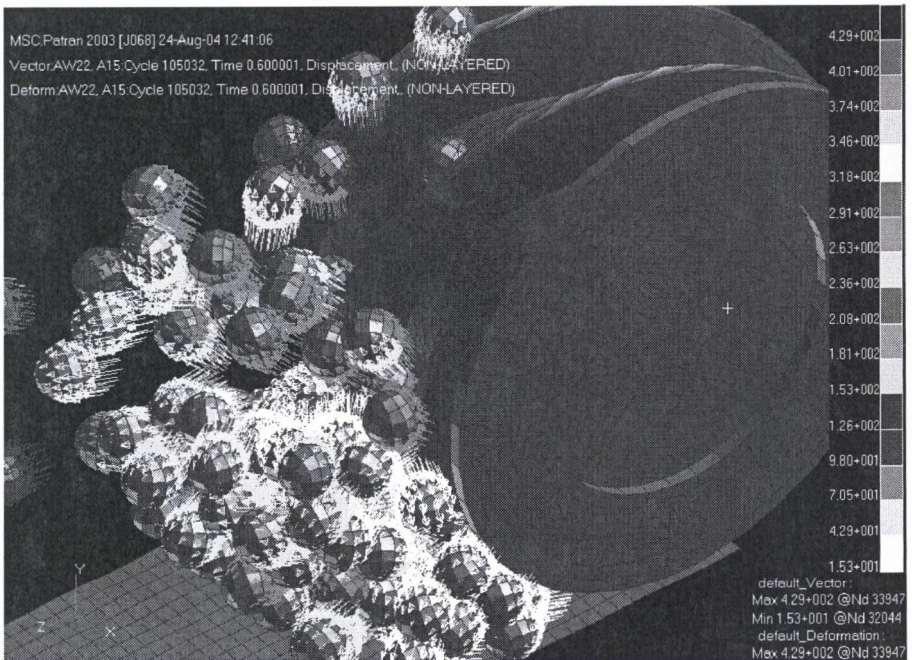
Przedstawiony przykład symulacji obejmuje nadsiębierną pracę organu urabiającego kombajnu ścianowego w czasie 1 sekundy i umożliwia przestrzenną analizę ruchu dowolnego ziarna podczas całego procesu ładowania.

Na rysunkach 2, 3, 4 przedstawiono wybrane fazy ładowania z naniesionymi wektorami przemieszczeń węzłów urobku. W celu zwiększenia przejrzystości obrazu pominięto wyświetlanie calizny węglowej.

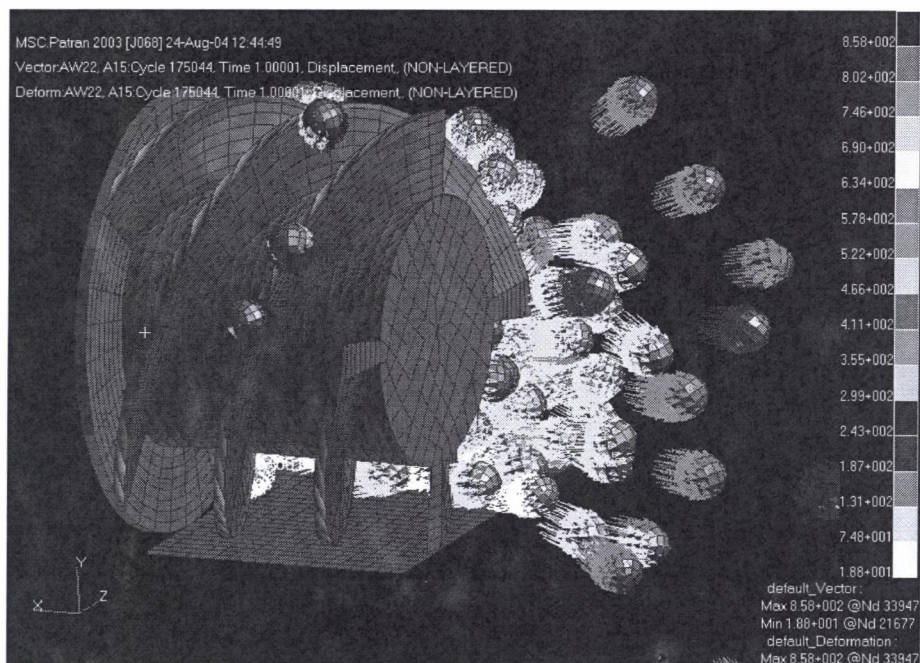
Ładowane ziarna urobku są przemieszczane organem urabiającym w kierunku przenośnika ścianowego. Jednak pewna ich liczba jest wynoszona wskutek nadsiębiernej pracy organu, a także wskutek poślizgu oraz odbicia od płytów i piasty organu urabiającego. Podczas ładowania występuje także zjawisko wyrzucania ziaren poza organ spowodowane odbiciami podrzuconego urobku o powierzchnię płata lub caliznę węglową (rys.4).



Rys. 2. Układ ziaren ładowanego urobku po wykonaniu 1/6 obrotu
 Fig. 2. Configuration of coal cut grains after 1/6 rotation



Rys. 3. Układ ziaren ładowanego urobku po wykonaniu 1/3 obrotu
 Fig. 3. Configuration of coal cut grains after 1/3 rotation



Rys.4.Układ ziaren ładowanego urobku po wykonaniu 1/2 obrotu
 Fig. 4.Configuration of coal cut grains after 1/2 rotation

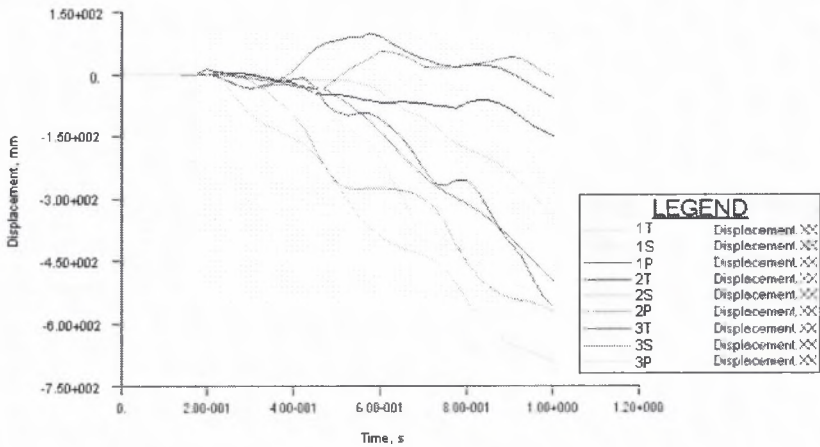
Symulacja procesu ładowania urobku wykazała dużą zmienność przemieszczeń ziaren, na które wpływają następujące czynniki:

- poślizg oraz uderzenie ziaren urobku o organ urabiający,
- oddziaływanie sąsiednich warstw urobku,
- poślizg oraz uderzenie ziaren urobku o spąg lub calizną węglową.

Na rys. 7÷8 przedstawiono przykładowo składowe x i y przemieszczenia ziaren warstw ładowanego urobku. Z każdej warstwy wybrano po trzy ziarna znajdujące się najbliżej organu urabiającego przed rozpoczęciem procesu ładowania dla położen oznaczonych następująco:

- od strony tarczy odcinającej organu – T,
- w środku warstwy – S,
- od strony przenośnika ścianowego – P.

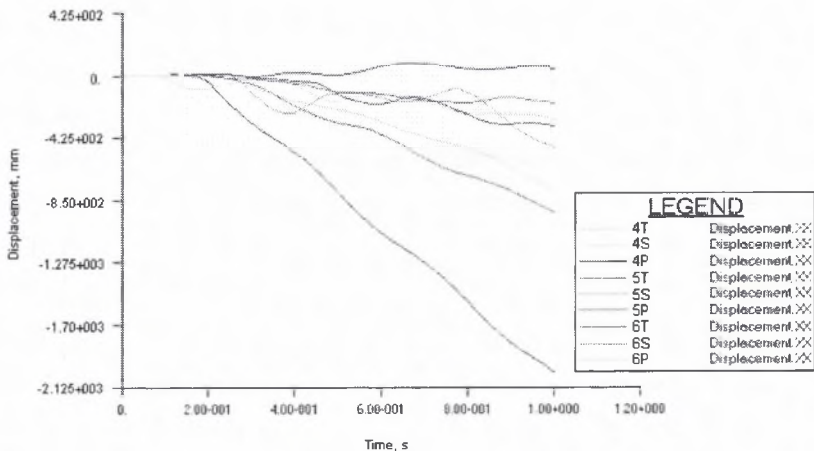
Na rys. 5 przedstawiono przemieszczenia wybranych ziaren trzech warstw urobku od strony spągu w kierunku osi x w funkcji czasu, co odpowiada przemieszczeniom w płaszczyźnie równoległej do spągu w kierunku prostopadłym do osi wzdłużnej przenośnika ścianowego. Wartości dodatnie odpowiadają przemieszczeniom w kierunku tarczy odcinającej organu urabiającego, ujemne w stronę przenośnika ścianowego.



Rys. 5. Przemieszczenia ziaren 1, 2, 3 warstwy urobku, składowa x
 Fig. 5. Displacements of coal cut grains in 1, 2, 3 layer, x component

Większość ziaren jest przemieszczana w stronę przenośnika ścianowego. Wraz ze wzrostem czasu ładowania rosną przemieszczenia ziaren spowodowane kontaktem z płytami organu urabiającego oraz oddziaływaniem ziaren między sobą, przy czym zależą one od położenia ziarna w momencie rozpoczęcia ładowania

Na rys. 6 przedstawiono przemieszczenia wybranych ziaren w kierunku osi x dla wyższych warstw ziaren oznaczonych odpowiednio 4, 5 oraz 6.

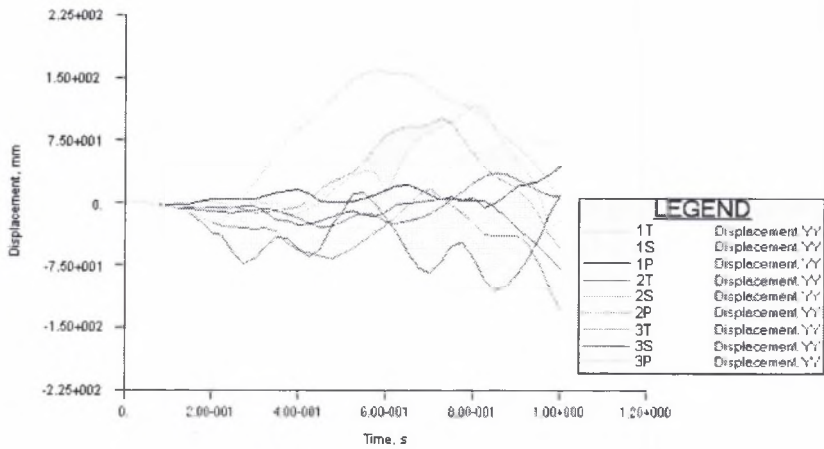


Rys. 6. Przemieszczenia ziaren 4, 5, 6 warstwy urobku, składowa x
 Fig. 6. Displacements of coal cut grains in 4, 5, 6 layer, x component

Przemieszczanie większości ziaren z warstw wyższych jest na tym samym poziomie co ziaren z warstw zalegających na spągu.

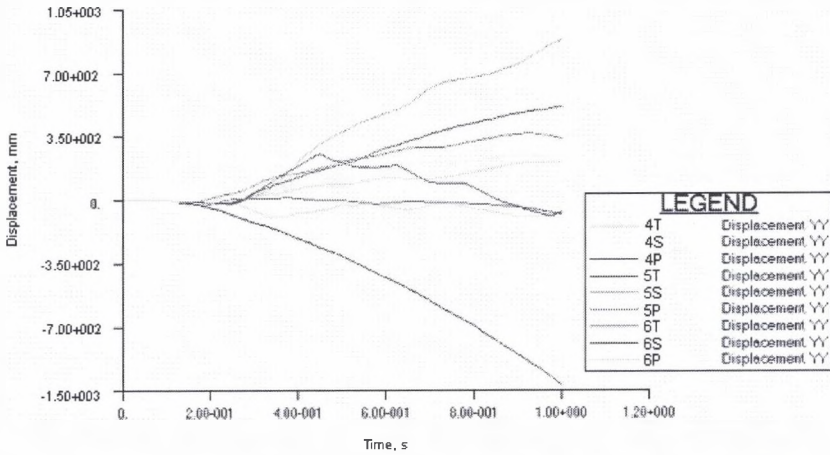
Na rys. 7 przedstawiono przemieszczenia wybranych ziaren urobku dla warstw oznaczonych odpowiednio 1, 2 oraz 3 w kierunku osi y w funkcji czasu, co odpowiada przemieszczeniom w kierunku pionowym. Wartości dodatnie oznaczają wynoszenie ziaren płatami nadsiębiernie pracującego organu, ujemne spadek w stronę spągu.

Większość ładowanych ziaren jest wynoszona organem urabiającym, po czym część ziaren opada w stronę spągu, co spowodowane jest oddziaływaniem ziaren między sobą.



Rys. 7. Przemieszczenia ziaren 1, 2, 3 warstwy urobku, składowa y
Fig. 7. Displacements of coal cut grains in 1, 2, 3 layer, y component

Na rys. 8. przedstawiono przemieszczenia wybranych ziaren w kierunku osi y dla wyższych warstw ziaren oznaczonych odpowiednio 4, 5 oraz 6. Przemieszczenia większości wynoszonych ziaren z warstw wyżej zalegających są większe od przemieszczeń warstw zalegających na spągu.



Rys. 8. Przeszaczenia ziaren 4, 5, 6 warstwy urobku, składowa y
 Fig. 8. Displacements of coal cut grains in 4, 5, 6 layer, y component

4. Podsumowanie

Przedstawiony model ładowania urobku umożliwia analizę wszystkich trzech składowych przemieszczenia dowolnego ziarna w każdej z warstw urobku. Przyjęcie odkształcalnego materiału dla organu urabiającego umożliwia dodatkowo poznanie kształtowania się naprężeń pochodzących od oporów ładowania. Odniesienie przemieszczenia ziarna wzdłuż osi x i y do współrzędnych jego położenia w chwili rozpoczęcia pozwala na sporządzenie bilansu liczby ziaren przekazanych poza przestrzeń organu urabiającego w miarę obrotu organu.

Sporządzony model ładowania urobku jest wykorzystywany do analizy przebiegu tego procesu przy różnych prędkościach posuwu kombajnu i kolejnych obrotach organu urabiającego.

LITERATURA

1. Jaszczuk M., Tomaszewski S.: Bilans urobku odspojonego organem urabiającym kombajnu ścianowego w aspekcie analizy przebiegu procesu ładowania. IV Międzynarodowa Konferencja: „Zastosowania Mechaniki w Górnictwie”, Dzierżno 2003.

2. MSC Dytran Reference Manual. MSC Software Corporation, 2002.

Recenzent: Dr hab. inż. Janusz Reś, prof. nzw. w AGH

Abstract

Analysis of process of cut coal loading by a shearer drum requires acquaintance of displacements particular grains in a direction towards chain-conveyor. With regard on complexity of cut coal grains displacement process the solution of problem is possible by execution of three-dimensional computer simulation with taking into account: friction between grains and floor surface, friction between body of coal and shearer drum and interaction of grains. Three-dimensional simulation of a loading process was created using a finite elements method (FEM) by MSC. Patran and MSC. Dytran software. The software enables modelling contact in the case of large displacements, as well as strains and slides of surfaces being in contact in short period of time. Computer simulation of the process of cut coal loading by a shearer drum during uprising sense of rotation has been presented in the paper. The simulation makes possible to analyse of motion anyone of cut coal grains during the loading process. On the basis of results obtained from computer simulation displacements of selected cut coal grains are presented.