

OPTIMALIZACJA STATECZNOŚCI W TRAKCIE RUCHÓW MANEWRÓWYCH TRANSPORTERA GĄSIENICOWEGO TUR

OPTIMIZATION OF STABILITY DURING CATERPILLAR TRANSPORTER TUR MOVEMENT

Krzysztof Poterała – Poltegor-Instytut IGO, Wrocław

Artykuł jest wynikiem wdrożenia nowej funkcji w sterowaniu transporterem gąsienicowym TUR 600 w Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów. Przedstawia rozwiązanie wyznaczanie wszystkich trzech współrzędnych środka ciężkości ładunku znajdującego się na platformie dla użytkowanych w górnictwie odkrywkowym transporterów gąsienicowych. Ze względu na ograniczenia związane z położeniem środka ciężkości przewożonego ładunku, w dotychczasowym systemie sterowania transporterem, wyznaczany jest mimośród obciążenia platformy i prezentowane jego położenie on-line na ekranie panela operatorskiego. Wykorzystując ten fakt oraz dlatego, że na dzień dzisiejszy nie istnieje możliwość zmian ograniczeń obszaru dopuszczalnego przesunięcia mimośrodu obciążenia platformy, postanowiono określić sposób ustawienia transportera, tak aby środek ciężkości ładunku znalazł się w osi z czopem prowadzącym platformę.

This article is a result of the implementation of a new feature in the control of the caterpillar transporter TUR 600 in Bełchatów Coal Mine. It shows a solution for determining all the three coordinates of the gravity center for load placed on the platform of the crawler transporters used in opencast mining. Because of the limitations associated with the position of gravity center of the load the eccentricity of the load platform is determined and its position is presented on-line on the operator panel screen in the existing caterpillar transporter control system. Using this fact and because it is currently not possible to change limit of the change of constraints in the eccentricity load of the transfer platform, it was decided to determine the way to set the gravity center in line of the crawler transporter axis center.

Słowa kluczowe: transporter gąsienicowy, środek ciężkości, kopalnia odkrywkowa

Key words: caterpillar transporter, center of gravity, opencast mining

Wstęp

Stosowane aktualnie w kopalniach górnictwa odkrywkowego transportery gąsienicowe są dziełem kilkudziesięciu lat pracy polskich inżynierów. Zasilają szeregi parku maszynowego polskich zagłębi węgla brunatnego: turowskiego, bełchatowskiego i konińskiego. Można je znaleźć również w Serbii, Grecji czy Indiach.

Transporter o podwoziu gąsienicowym jest jednym z najnowocześniejszych urządzeń wyprodukowanych w Polsce, którego zastosowanie do przenoszenia wielkogabarytowych ładunków w warunkach terenowych kopalni odkrywkowej węgla brunatnego jest niezbędne dla relokowania obiektów bez demontażu. Przeznaczony jest głównie do przemieszczania

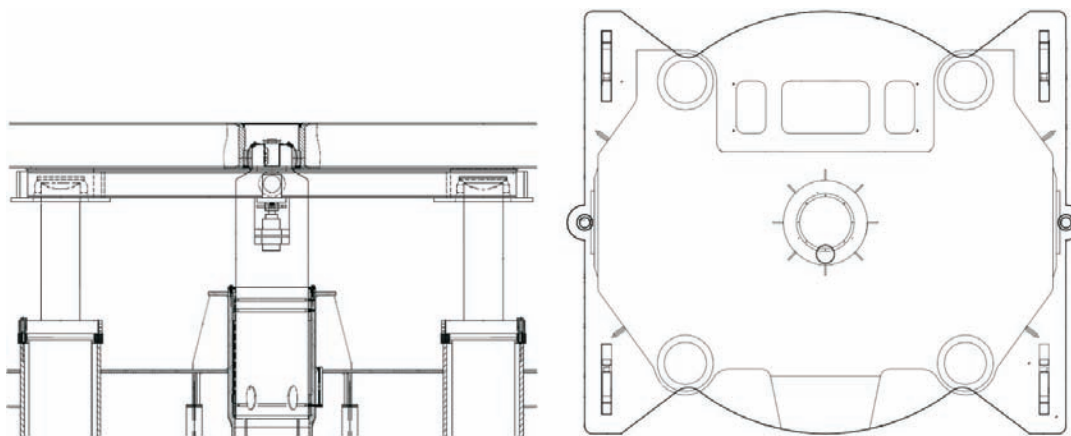
stacji napędowych przenośników taśmowych przesuwnych o szerokościach taśm $B=1800$ mm i $B=2250$ mm oraz członów przejściowych i przęseł mostowych z udźwigiem do 600 Mg. Stacje napędowe jak i przewożone konstrukcje są gabarytowo wielokrotnie większe od konstrukcji transportera, stąd też istnieją pewne bariery w przypadku jazdy z ładunkiem po powierzchni znacznie nachylonej oraz ograniczenia związane z położeniem środka ciężkości ładunku w trakcie jazdy.

Budowa transportera gąsienicowego TUR 600 (Rys.1) pozwala na ukośne ustawienie platformy. Tłoczyisko każdego cylindra zakończone jest kulistym krążkiem co zapewnia przegubowe podparcie przy pochyleniu platformy. Zespół podnoszenia platformy (Rys.2) składa się z układu 4 cylindrów oraz centralnego prowadnika. Cylindry rozstawione są w kwadracie,



Rys.1. Transporter gąsienicowy TUR 600

Fig. 1. Caterpillar transporter TUR 600



Rys. 2. Zespół podnoszenia platformy i platforma [2]
Fig. 2. Unit lifting platforms and platform [2]

przymocowane w gniazdach głównej konstrukcji w sposób sztywny.[1]

Wykorzystanie możliwości pochylania platformy transportera przy pomocy czterech siłowników oraz zastosowanie logicznych sterowników cyfrowych PLC (*Programmable Logic Controller*) w układach sterowania transporterem, stworzyło sposobność wprowadzenia do systemu sterowania nowych funkcji i realizacji dodatkowych zadań. Zwiększenie stanu wiedzy w temacie zastosowania sterowników PLC do implementacji zaawansowanych algorytmów i przetwarzania informacji pomiarowych pozwoliło na realizację algorytmu wyznaczania współrzędnych środka ciężkości podnoszonego ładunku względem układu podnoszenia transportera TUR.

Ograniczenia w sterowaniu transporterem gąsienicowym

Ograniczenia, które utrudniają sterowanie transporterem gąsienicowym to:

- ograniczona moc silnika spalinowego,
- ograniczony obszar dopuszczalnego przesunięcia mimośrodowo obciążenia platformy.[3]

Ze względu na ograniczoną przestrzeń zabudowy transportera gąsienicowego, nie można zwiększyć wielkości silnika wysokoprężnego. Nie można również zwiększyć obszaru dopuszczalnego przesunięcia mimośrodowo obciążenia platformy. Można natomiast ustawić transporter w taki sposób, aby środek ciężkości przewożonego ładunku znalazł się pod czopem

centralnym transportera. Ściślej mówiąc, w taki sposób aby oś czopa centralnego transportera znalazła się w osi środka ciężkości ładunku.

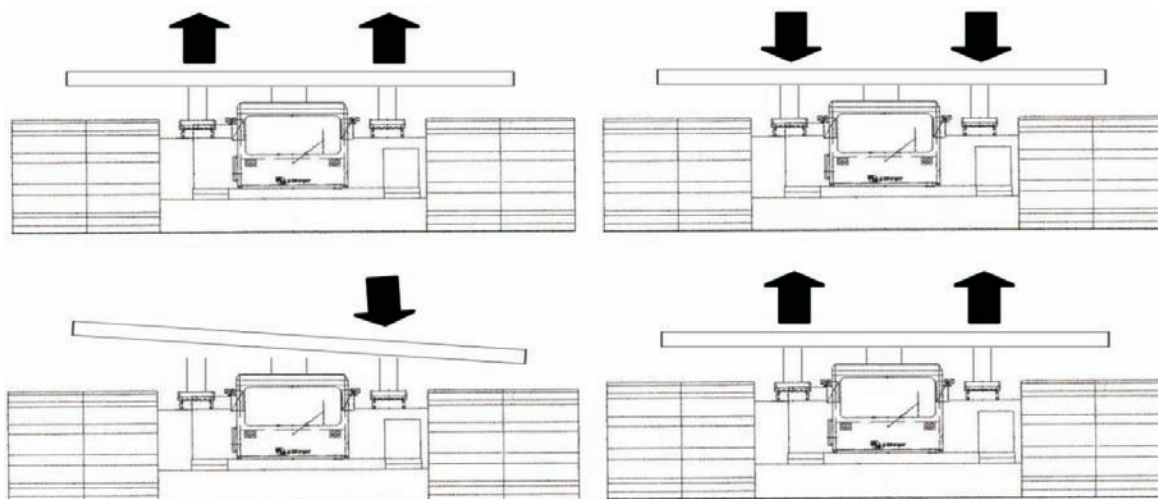
Ustawienie osi czopa centralnego transportera gąsienicowego w osi środka ciężkości

Ustawienie osi czopa centralnego w osi środka ciężkości można wykonać na dwa sposoby, z których pierwszy uproszczony nie wymaga obliczeń i posługuje się informacją przybliżoną. Sposób ten wymaga kilku podjazdów transportera gąsienicowego pod stację, a następnie uruchomienia układu podnoszenia, zakleszczania itd. Drugi sposób jest sposobem precyzyjniejszym i wymaga przeprowadzenia procedury wyznaczania współrzędnych środka ciężkości, w wyniku którego otrzymuje się współrzędne, na podstawie których określamy o ile i w którym kierunku należy przestawić transporter.

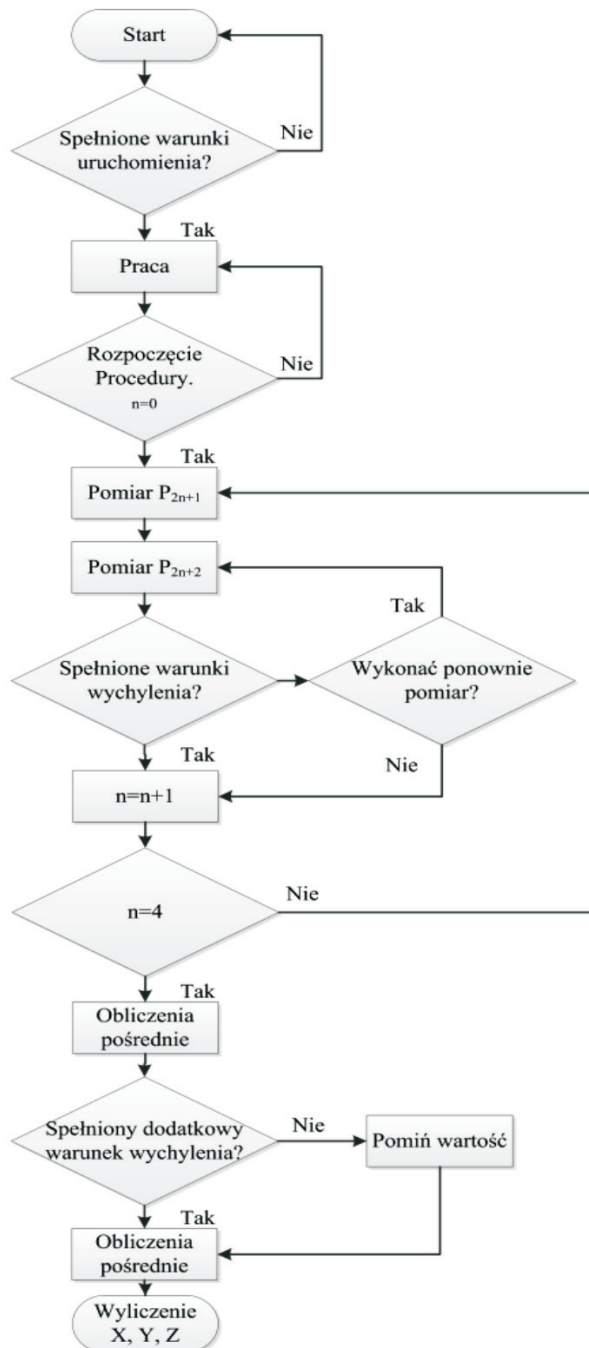
Wyznaczenie współrzędnych środka ciężkości ładunku

Wyznaczenie współrzędnych środka ciężkości X , Y , Z w układzie platformy wymaga wykonania pomiarów wartości ciśnienia w cylindrach oraz kąta pochylenia platformy. Prowadzenie pomiarów odbywa się według przygotowanej procedury pomiarowej i wymaga wykonania odpowiednich ruchów manewrowych.

Ruchy manewrowe polegają na ustawieniu platformy w pozycji bazowej a następnie wykonaniu odpowiedniej ilości wy-



Rys. 3. Ruchy manewrowe dla jednego z pomiarów [4]
Fig. 3. The maneuvers for one of the measurements[4]



Rys. 4. Uproszczony algorytm wyznaczania współrzędnych środka ciężkości ładunku

Fig. 4. A simplified algorithm for determining the coordinates center of gravity

chylen platformy z ładunkiem i powrót do pozycji wyjściowej.

Seria pomiarowa składa się z pomiaru (P_{2n+1}) wartości bazowych ciśnienia i kąta pochylenia platformy oraz pomiaru (P_{2n+2}) tych samych wartości w trakcie wychylenia ładunku. Po wykonaniu ostatniego pomiaru, następuje obliczenie wartości

The screenshot shows a software interface with a top status bar displaying '5/4/2012 11:56:51 AM', 'ZALACZ SILNIK', and 'STOP'. Below this is a header with 'Współrzędne środka ciężkości' and 'Poltegor - Instytut'. The main area contains several sections: a diagram of a transport platform (2), a table of measurements (1, 3, 4, 5), and a bottom navigation bar with buttons like 'Transporter', 'Pochylenie', 'Nastawy', 'Alarmy', 'Odblokow.', 'Wykresy', and 'Równowaga'.

Rys. 5. Wizualizacja procedury wyznaczania środka ciężkości [4]

Fig. 5. Visualization of the procedure for designating the center of gravity [4]

pośrednich z każdego pomiaru, jeżeli nie został spełniony dodatkowy warunek pochylenia wynik obliczeń pośrednich nie jest uwzględniany w obliczaniu średniej ważonej wszystkich pomiarów. Uproszczony algorytm procedury został przedstawiony na rysunku 4.

Dla ułatwienia operatorowi przeprowadzenia procedury wyznaczania współrzędnych X,Y,Z, środka ciężkości, stworzono wizualizację (Rys.5), w której znajdują się:

- (1) przyciski funkcyjne,
- (2) pole graficzne prezentujące jakie powinno być ustawienie transportera w trakcie pomiaru,
- (3) przyciski pomiarowe mówiące o numerze aktualnie wykonywanego pomiaru,
- (4) pole informacyjne,
- (5) wynik obliczeń.

Operator mający narzędzie w postaci wizualizacji oraz instrukcję przeprowadzenia procedury bez problemu wyznaczy wszystkie współrzędne środka ciężkości przewożonego ładunku względem układu platformy[4].

Podsumowanie

Zastosowanie w układzie sterowania zaawansowanej elektroniki, czujników i wizualizacji daje możliwość realizowania nowych funkcji systemu sterowania. Wdrożenie nowej funkcji jaką jest wyznaczenie współrzędnych środka ciężkości ładunku daje możliwość wykorzystania tej informacji do odpowiedniego ustawienia transportera względem przewożonego ładunku dla poprawy jego stateczności.

Artykuł zrealizowano w ramach projektu UDA-POiG 01.03.01-00-430/08-00. Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, Projekt 1, Działanie 1.3

Literatura

- [1] Rosik R. „Ewaluacja konstrukcji transporterów gaśnicowych” Poltegor Instytut IGO, Wrocław 2011
- [2] Materiały Poltegor-Pojekt sp. z o. o
- [3] Wilczek E. „Opracowanie koncepcji konstrukcyjnej wzajemnego funkcjonalnego oddziaływania układów mechanicznych, elektronicznych układów regulacji i swobodnie programowanych sterowników” Poltegor-Instytut IGO, Wrocław 2009
- [4] Poterała K. „Technologia ustawienia ładunku na platformie minimalizującego konieczne ruchy platformy przy przemieszczaniu się transportera po terenie o zmiennym nachyleniu” Poltegor-Instytut IGO, Wrocław 2012