

Tomasz Piątkowski

Model pozycjonowania obiektu na tackach sortera typu cross-belt

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.459

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

Artykuł dotyczy modelowania procesu translacyjnego i obrotowego pozycjonowania prostopadłościennych obiektów układem przyległych przenośników. Podczas analiz teoretycznych uwzględniono model tarcia dostępny w środowisku MSC Adams. Proces pozycjonowania translacyjnego realizowany jest dwoma przenośnikami o tak dobranych prędkościach by zapewnić stan tarcia statycznego i zminimalizować wpływ sił bezwładności na ruch obiektu. Pozycjonowanie obrotowe wykonywane jest układem dwóch przyległych przenośników poruszających się w przeciwne strony. Poprzez odpowiedni dobór przyspieszenia ruchu taśm i czasu realizacji tego ruchu można precyzyjnie przemieścić i obrócić obiekt z położenia początkowego do zadanego położenia końcowego. Wyniki badań numerycznych wykazują, że współczynnik tarcia obiektu nie ma zasadniczego wpływu na przebieg procesu obracania. W przypadku pozycjonowania obrotowego obiektów o różnych wymiarach zewnętrznych, wymagane jest indywidualne dobieranie parametrów ruchu taśm przenośników, dla każdej możliwej konfiguracji wymiarów obiektu.

Słowa kluczowe: pozycjonowanie translacyjne, pozycjonowanie obrotowe, zjawisko tarcia, przenośnik taśmowy

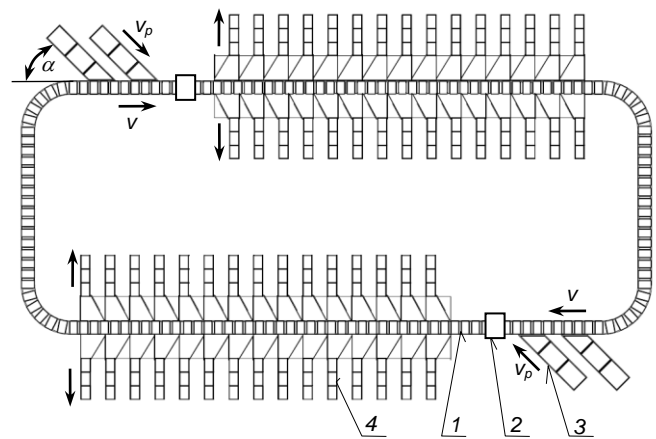
Wstęp

Do typowych czynności manipulacyjnych wykonywanych w centrach logistycznych podczas kompletacji partii transportowych należy m.in. proces sortowania [1, 2]. Polega on na podziale strumienia ładunków (wg kryteriów rozpoznawanych przez układ skanowania systemu transportowego) na nowe drogi transportowe. Wymuszenie nowego kierunku ruchu wymaga wywarcia na ładunek impulsu siły w odpowiedniej chwili i o określonej wartości. Jednym ze sposobów realizacji tego zadania jest zastosowanie urządzeń, których elementy wykonawcze stanowią aktywną powierzchnię nośną przenośnika, na której spoczywają transportowane ładunki. Praktyczną realizacją tej koncepcji są manipulatory potokowe, zbudowane na bazie przenośnika członowego z tackami wyposażonymi w poręczne przenośniki taśmowe (cross-belt) [3, 4]. Zmiana kierunku transportowania obiektów osiągana jest wyłącznie za pomocą ich ciernego sprzężenia z taśmą przenośnika tacki. Tacki zabudowane są na wózkach prowadzonych w torze tworzącym zamkniętą pętlę (Rys. 1).

Duża wydajność urządzeń sortujących wymusza potrzebę zastosowania także wysokowydajnych linii zasilających (element (3) na Rys. 1), wprowadzających objekty na taśmy tackek, równoległe do ich krawędzi (Rys. 4b i Rys. 6b). Prawidłowa orientacja kąтова obiektu na tacce poprawia precyzję późniejszego przekierowywania do miejsca docelowego.

Systemy tackowe pozwalają na sortowanie obiektów o dużej rozpiętości wymiarów gabarytowych. Obecnie objekty krótkie (mieszczące się na jednej tacce), jak i długie (mieszczące się na dwóch tackach) pozycjonowane są na tackach według tej samej metody (Rys. 2a). Rozwiązanie to powoduje, że w przypadku obiektów długich należy stosować przenośniki zasilające o zwiększonej szerokości, umożliwiającej pomieszczenie obiektów ustawionych poprzecznie.

Celem prezentowanej pracy jest rozpatrzenie możliwości zastosowania standardowego, nieposzerzonego przenośnika zasilającego, przystosowanego zarówno do obiektów krótkich jak i długich. Aby cel ten osiągnąć, konieczne jest pozycjonowanie długich obiektów równoległe do krawędzi przenośnika zasilającego, a następnie ich obracanie przeciwbieżnym ruchem taśm tackek (wg Rys. 6). Czy idea ta jest możliwa do zrealizowania i jakie wynikają z niej ograniczenia, konieczne jest przeprowadzenie wstępnych badań teoretycznych. Badania te polegają na opracowaniu modelu procesu pozycjonowania translacyjnego i obrotowego obiektu za pomocą przenośników tackek i przenośnika zasilającego o wejściu kątowym. Badania wykonane będą w środowisku MSC Adams – dedykowanym do modelowania dynamiki układów wielomasowych.

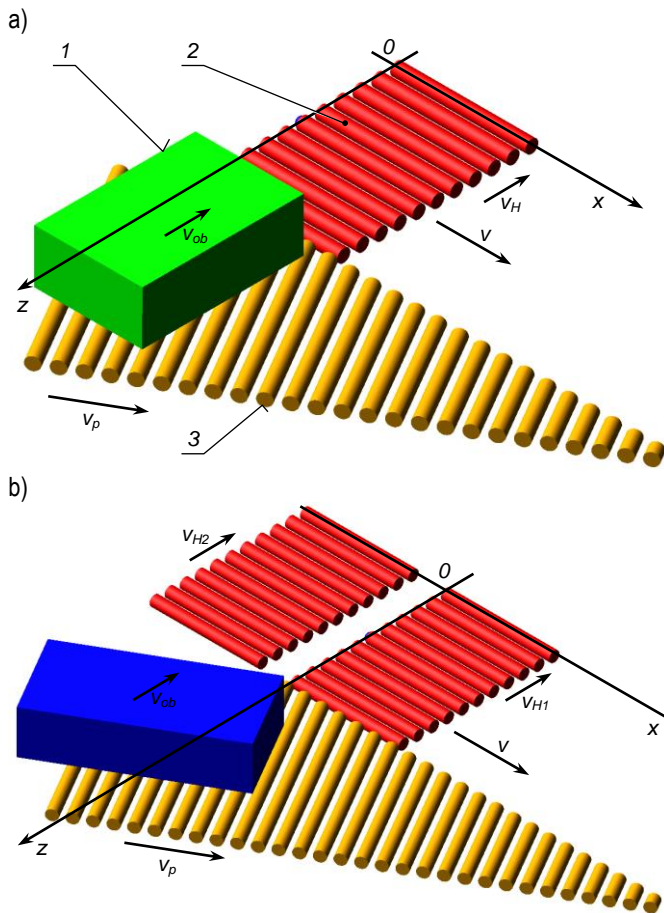


Rys. 1. Sorter typu cross-belt: 1 – tacki z poprzecznymi przenośnikami taśmowymi, 2 – skaner, 3 – przenośnik zasilający o wejściu kątowym, 4 – ześlizg, v – prędkość ruchu postępowego tackek w torze jezdnym, v_p – prędkość ruchu przenośnika zasilającego o wejściu kątowym, α – kąt ustawienia przenośnika zasilającego

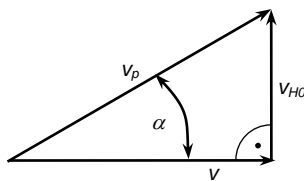
1 Model procesu wprowadzania obiektu na tackę

Na Rys. 2 przedstawione są modele bryłowe układu odpowiedzialnego za pozycjonowanie obiektu na tacce. Ze względu, że MSC Adams nie posiada obiektów pozwalających zamodelować taśmy przenośników, na powierzchnie nośne przenośników zastosowano napędzane rolki wykonane z obiektów typu „solid”. Położenie początkowe obiektu (1) na przenośniku zasilającym (3) względem tacki (2) oraz ich prędkości są tak dobrane, by w efekcie realizacji procesu pozycjonowania uzyskać ułożenie obiektu na tacce (lub tackach) równoległe do kierunku prędkości v .

W początkowym procesie pozycjonowania, prędkości ruchu przenośnika tacki v_{H0} i przenośnika zasilającego v_p posiadają wartości związane z prędkością unoszenia tackek v , wg schematu z Rys. 3 i równań (1-2). Zastosowanie tych zależności powoduje, że obiekt wprowadzany jest na tacki precyzyjnie, bez poślizgu. Stan ten trwa do chwili dotarcia środka ciężkości obiektu do krawędzi tacki. Po tej chwili przenośnik poprzeczny tacki porusza się ruchem jednostajnie opóźnionym (z przyspieszeniem wg zależności (3)), zapewniającym zaistnienie warunków tarcia statycznego pomiędzy obiektem i tacką. Dzięki temu można precyzyjnie określić czas unieruchomienia przenośnika tacki, w którym obiekt dotrze do środka tacki.



Rys. 2. Model procesu wprowadzania obiektu na tackę wykonany w środowisku MSC Adams: a) bez obrotu obiektu, b) z obrotem obiektu; 1 – obiekt, 2 – tacka, 3 – przenośnik zasilający o wejściu kątowym, v – prędkość ruchu unoszenia tackek, v_p – prędkość ruchu przenośnika zasilającego o wejściu kątowym, v_H – prędkość ruchu przenośnika tacki w kierunku osi z , v_{ob} – prędkość ruchu obiektu w kierunku osi z , $0xz$ – prostokątny układ współrzędnych związany z ramą sortera



Rys. 3. Zależność geometryczna pomiędzy prędkością v ruchu unoszenia tacki, prędkością ruchu v_p przenośnika zasilającego o wejściu kątowym i prędkością przenośnika tacki v_{H0} w chwili początkowej wprowadzania obiektu na tackę

$$v_{H0} = v \operatorname{tg}(\alpha) \quad (1)$$

$$v_p = v / \cos(\alpha) \quad (2)$$

$$a < \mu_s g \quad (3)$$

gdzie: μ_s – wsp. tarcia statycznego, g – przysp. ziemskie.

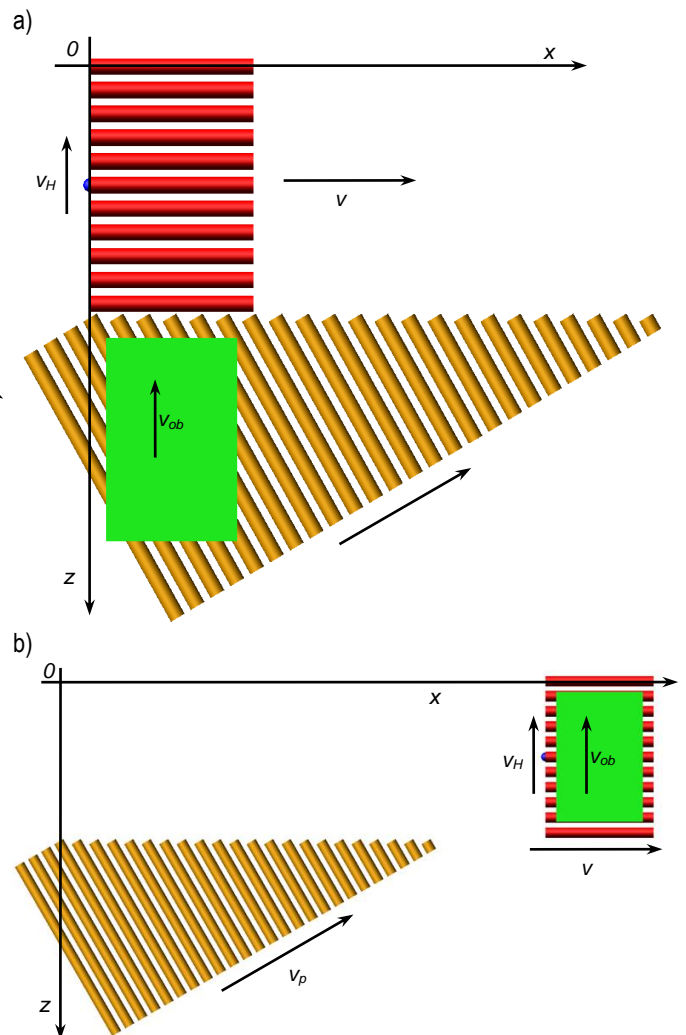
W przypadku pozycjonowania długiego obiektu mieszczącego się na dwóch tackach (wg Rys. 2b i Rys. 6), obiekt do chwili dotarcia do środka tac realizuje proces pozycjonowania w taki sam sposób, jak wg wariantu przedstawionego na Rys. 2a i Rys. 4. Po osiągnięciu przez obiekt środka tackek, przenośniki tackek zaczynają poruszać

się w przeciwne strony, aż do równoległego obrócenia obiektu względem krawędzi tac.

2 Wyniki badań numerycznych

2.1 Pozycjonowanie obiektu na tacke bez wykonywania obrotu

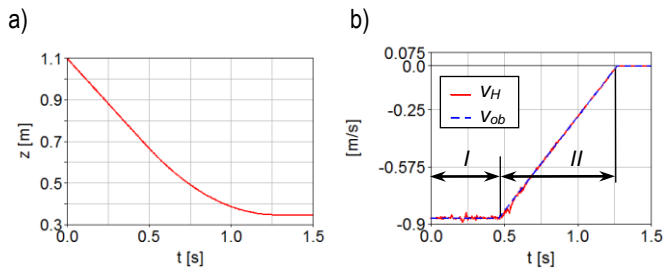
Na Rys. 4 i Rys. 5 przedstawione są wyniki symulacji pozycjonowania obiektu w całości mieszczącego się na jednej tacke. Przed rozpoczęciem procesu pozycjonowania obiekt posadowiony jest na przenośniku zasilającym, równoległe do krawędzi tacki (Rys. 4a), tak by po dotarciu do środka tacki (etap I i II) nie istniała potrzeba korygowania obrotowego (Rys. 4b).



Rys. 4. Ułożenie obiektu w procesie pozycjonowania na tacke bez wykonywania obrotu: a) położenie początkowe, b) położenie końcowe; obiekt w całości mieści się na jednej tacke

Przebieg przemieszczania obiektu podczas pozycjonowania przedstawiony jest na Rys. 5a, a prędkości – na Rys. 5b.

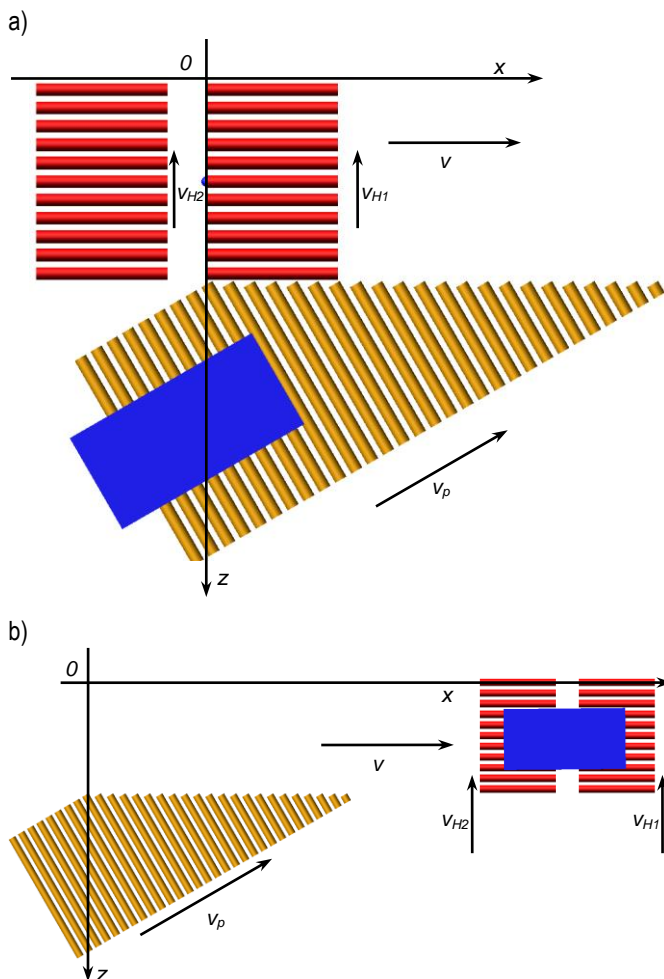
Z analizy Rys. 5b wynika, że w większości czasu trwania procesu pozycjonowania występują warunki tarcia statycznego. Świadczy o tym pokrywanie się wykresów prędkości v_H i v_{ob} . Dzięki temu, proces pozycjonowania jest przewidywalny i nie wymaga stosowania nadzoru kamer.



Rys. 5. Wynik symulacji pozycjonowania obiektu na tacce: a) przemieszczenie obiektu w kierunku poprzecznym tacki, b) prędkość ruchu przenośnika tacki v_H i obiektu v_{ob} , I i II etapy pozycjonowania translacyjnego

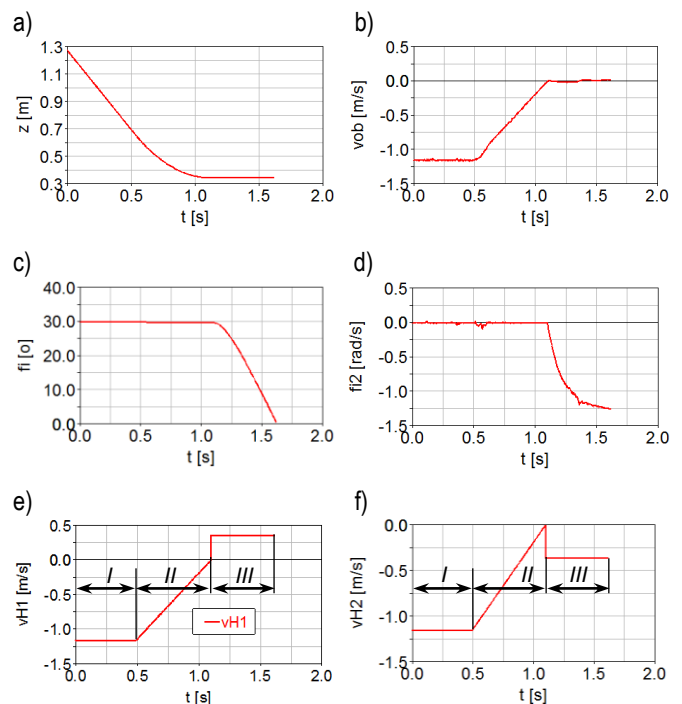
2.2 Pozycjonowanie obiektu na tacce z wykonywaniem obrotu

Na Rys. 6-Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. przedstawione są wyniki symulacji pozycjonowania długiego obiektu mieszczącego się na dwóch tackach. Przed rozpoczęciem procesu pozycjonowania obiekt posadowiony jest na przenośniku zasilającym równoległe do krawędzi przenośnika (Rys. 6a). Obiekt po dotarciu do środka tack wymaga obrócenia, aż do równoległego ułożenia względem krawędzi tack (Rys. 6b).



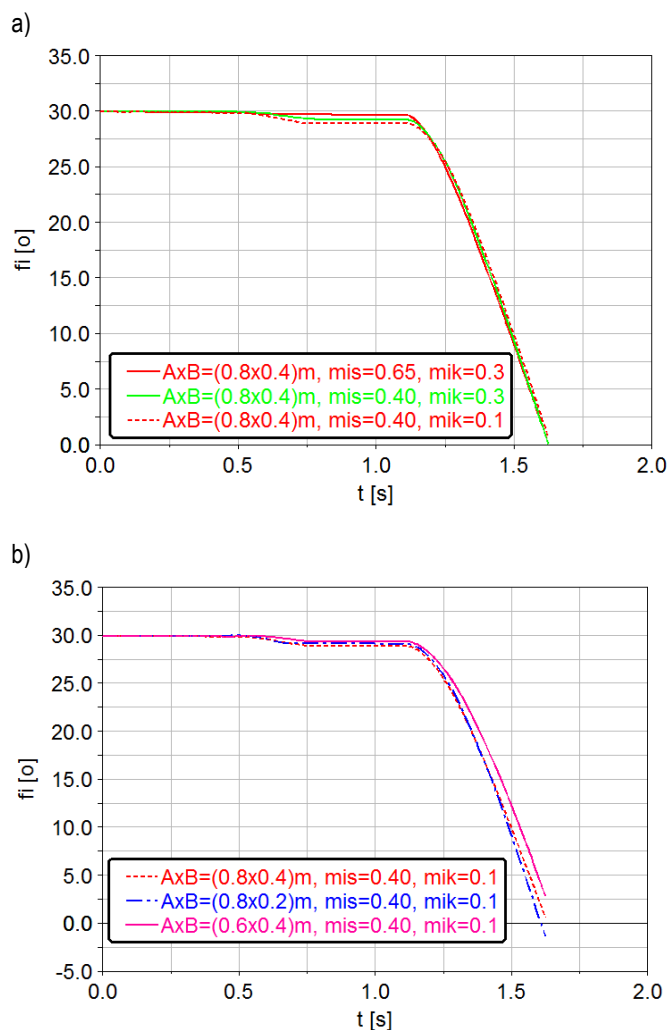
Rys. 6. Ułożenie obiektu w procesie pozycjonowania na tacce z wykonywaniem obrotu: a) położenie początkowe, b) położenie końcowe; obiekt mieści się na dwóch tackach

Tory i prędkości ruchu postępowego oraz obrotowego obiektu przedstawione są na Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.a-d. Za przebieg procesu pozycjonowania odpowiada charakterystyka prędkości ruchu przenośników tack zaprezentowana na Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.e,f. Pierwsze dwa odcinki charakterystyki są analogiczne, jak na Rys. 5b. Ostatni odcinek (etap III) odpowiada za ruch obrotowy obiektu. Prędkość przenośników tack w tym etapie przyjęto tak, by zminimalizować efekty bezwładnościowe obiektu. Czas obracania obiektu wyznaczono wykorzystując zdolność Adamsa do wykrywania zdarzeń (np. osiągnięcia kąta położenia obiektu $\phi=0$) i reakcji na ich wystąpienie zatrzymaniem symulacji. Dla parametrów obiektu $AxB=(0.8x0.4)m$, $\mu_s=0.65$, $\mu_k=0.3$, $v_{H1}=-v_{H2}=0.36m/s$ – czas symulacji wynosi $t_k=1.62s$.



Rys. 7. Wynik symulacji pozycjonowania obiektu na tacce z wykonywaniem obrotu: a) i b) przemieszczenie i prędkość liniowa obiektu w kierunku poprzecznym tacki, c) i d) przemieszczenie i prędkość kątowna obiektu, e) i f) prędkość ruchu przenośników tack v_{H1} i v_{H2} , I, II – pozycjonowanie translacyjne, III – pozycjonowanie obrotowe

Na Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. przedstawiono wpływ wymiarów zewnętrznych obiektu i współczynników tarcia na przebieg pozycjonowania obrotowego, przyjmując stały czas trwania symulacji $t_k=1.62s$. Z analizy Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania. wynika, że zmiany właściwości ciernych obiektów mają niewielki wpływ na błąd pozycjonowania (Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.a). Błąd pozycjonowania bardziej ujawnia się (ok. $\pm 5.5^\circ$), gdy pozycjonowane obrotowo obiekty mają różne wymiary Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.b.



Rys. 8. Kąt obrotu pozycjonowanego obiektu wyznaczony dla: a) obiektu o tych samych gabarytach i różnych właściwościach ciernych, b) dla obiektów o różnych gabarytach i takich samych właściwości ciernych, przyjmując czas symulacji $t_k=1.62s$

Podsumowanie

W artykule przedstawiono propozycję pozycjonowania translacyjnego i obrotowego prostokątnych obiektów za pomocą oddziaływania ciernego przenośników. Badania numeryczne wykazują, że proponowana metoda pozwala pozycjonować obrotowo z dokładnością ok. $\pm 5.5^\circ$, w przypadku obiektów o dużym zakresie zmian wymiarów zewnętrznych i właściwościach ciernych oraz zastosowania stałych parametrów procesu pozycjonowania. Celem uniknięcia tego błędu konieczne jest indywidualne dobieranie parametrów procesu pozycjonowania do wymiarów obiektu. Oznacza to,

że przed podjęciem procesu pozycjonowania obiekt powinien być poddany opomiarowaniu, np. kamerą optyczną.

Bibliografia

1. Piątkowski T., *Model and analysis of the process of unit-load stream sorting by manipulator with torsional disks*, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, **47**, 871-896, 2009.
2. Piątkowski T.: *Analiza i modelowanie procesu sortowania strumienia małego gabarytowych ładunków jednostkowych*. Rozprawy nr 139. Wydawnictwo Uczelniane UTP w Bydgoszczy, 2010.
3. Cross-belt sortation systems, Commercial folder published by BeumerGroup, <https://www.beumergroup.com/en/products/logistic-systems/cross-belt-sortation-systems>, data pobrania: 22.07.2018.
4. Crossbelt Sorter, Commercial folder published by Dematic, <http://www.dematic.com/pl-pl/supply-chain-solutions/by-technology/sortation-systems/circular-sorters/crossbelt-sorter/>, data pobrania: 22.07.2018.

Positioning process model of the object on the cross-belt sorter trays

The paper concerns modelling of the translational and rotational positioning process of cuboidal objects with the system of adjacent conveyors. During the theoretical analysis, the friction model available in the MSC Adams environment was taken into account. The process of translational positioning is carried out with two conveyors with such selected velocities to ensure static friction state and minimize the influence of inertia forces on the object motion. Rotational positioning is performed by a system of two adjacent conveyors moving in opposite directions. By properly selecting the acceleration of the belt motion and the time of carrying out this movement, it is possible to precisely move and rotate the object from the initial position to the given end position. The results of numerical tests show that the coefficient of friction of an object does not have a significant effect on the course of the rotation process. In case of rotational positioning of objects with different external dimensions, individual selection of conveyors motion parameters is required for each possible configuration of object dimensions.

Keywords: translational positioning, rotational positioning, friction phenomenon, belt conveyor

Autorzy:

dr hab. inż. **Tomasz Piątkowski** – Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, topiat@utp.edu.pl