

## РАЗРАБОТКА НА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА ЗА КАШОНИ

Пенко Митев  
Технически Университет София  
Филиал Пловдив  
Пловдив, България  
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Милчо Ташев  
Технически Университет София  
Филиал Пловдив  
Пловдив, България  
e-mail: m\_tashev@tu-plovdiv.bg

**Резюме:** Този доклад е посветен на процеса по конструиране, проектиране, изработка и внедряване на транспортна система за кашони, част от автоматична производствена машина. Работи с празни, активен и пълни кашони като налице е автоматична смяна.

**Ключови думи:** конвейер, транспортна система, кашони

### I. ВЪВЕДЕНИЕ

Докладът е посветен на процеса на конструиране, проектиране и експериментално изследване на транспортна система за кашони. Необходимите функции са – съхранение на празни кашони, поддържане на активен кашон на позиция за пълнене на детайли и складиране на няколко броя пълни кашони, с готова продукция. Целта е да се осигури автономност на процеса, без да е необходимо прякото участие на оператор през малки интервали от време. Детайлът е нематален, но не попада в обхвата на полимерните изделия, за които има редица изисквания към качеството, особено при производство по технология на шприцване [1,2].



Фиг. 1. Кашон

Кашоните са показани на фиг. 1. Устройство се предвижда да бъде част от автоматична машина за лазерно маркиране на детайли. Маркират се два типа детайли. Производителността на единия процес е 2000 [бр/час], а на другия – 1700 [бр/час].

Едно от основните предизвикателства е да се преодолеят проблемите, свързани със събирането на два кашона един до друг и разделянето им на разстояние поради необходимостта от следене със сензори.

Ако са един до друг, сензорите нямат да ги отчетат като два отделни, а има вероятност да бъдат разпознати като един единствен, а това ще обърка логиката на програмируемия контролер на маркиращата машина, който е отговорен за управлението и на конвейера за кашони. Маркираните детайли са от пластмаса, което означава, че масата на един пълен кашон не е особено висока – около 3 [kg].

### II. АНАЛИЗ НА ПРОБЛЕМА

С оглед на необходимостта от интегриране на системата към автоматична машина за маркиране на детайли, анализът стартира с детайлите, които ще се поместват в кашоните. При един цикъл на машината, ако всички детайли са годни, 6 бр (5 бр за другия модел маркиран детайл) от тях се насочват към кашона.

Кашонът е с габаритни размери 280 [mm] x 200 [mm] x H140 [mm] и вместимост около 3500 бр детайли. Производителността на машината е около 2000 [бр. / h]. Ако се приеме, че всички детайли са годни, един кашон е достатъчен за 1 час и 45 минути автономна работа. Въпреки това, за да се избегне пряката зависимост от оператор и спомагателно неприпокрито време от изчакването му да премахне готовия кашон, е поставена задача за проектиране на система за автоматичен мениджмънт на кашоните.

Необходимо е да се реши проблемът със събирането на кашоните един до друг. Първоначално е помислено върху вариант, при който операторът ги поставя на разстояние един от друг. Този вариант е отхвърлен, защото не е известно колко време ще се движат кашоните върху лентата и дали не биха могли да се настигнат при определени условия.

На по-късен етап от началото на проекта е получена информация за смяна на доставчика на кашони. Новите кашони имат меки прегради, които се използват за затварянето им. Съоръжението не може да работи с тях и е необходимо да се измисли нов подход към решаване на този проблем.

### III. ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМАТА

Проектирането на системата започва с адресиране на изискването за пълна автономност в рамките на 8 часа. Предвид горното изчисление е взето решение да се направи буфер за празни кашони от 4 бр, 1бр активен кашон и 4бр готови кашони. Това позволява машината да работи непрекъснато.

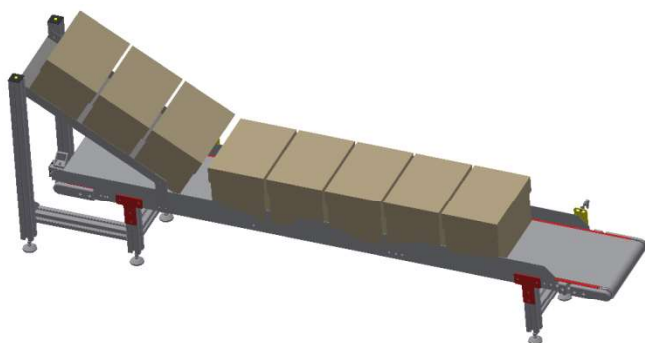
Във връзка с дългите интервали на автоматична работа без необходимост от смяна на кашона, е пресметната линейна скорост от 170 [mm/sec] като е използван ел. двигател с редуктор, с честота на въртене: 1400 [min-1]. Червячният редуктор (показан на фиг.3) е с предавателно отношение  $i=20$ , а диаметърът на задвижващите ролки е  $\Phi 46$  [mm].

Отчитайки минималната маса на празните кашони е взето решение те да се зареждат под ъгъл, върху специално предвидена наклонена повърхност. Това е с цел създаване на разделение между активния кашон и първия празен, което се използва за правилно отчитане от предвидените сензори. Предвиждат се 3бр сензори със следното предназначение: наличие на първи празен кашон, наличие на активен кашон, препълване на пълни кашони (готова продукция) [3,4,5]. Сензорите са поставени на планки с канали, които позволяват изменение на позицията им в рамките на  $\pm 10$  mm.

Транспортната лента е с ширина  $B=280$  [mm], съобразено с размерите на кашона. Предвидената хлабина е няколко милиметра, което позволява движение на кашона, но не и прекалено свободното му поведение, избягват се възможности за усукване по време на движение и др.

В края на сектора за пълни кашони е поставена преграда, която пречи на кашоните да паднат извън лентата и позволява приплъзване на лентата под тях. Изградена е от конструкция от алуминиеви структурни профили. Това е важно изискване, защото не може да се разчита на оператора да вземе пълните кашони навреме. Възможно е те да достигнат края на лентата и да паднат от нея. Поставянето на преграда е отлично решение, което позволява кашоните да приплъзват по лентата (предвид минималната маса, те не я натоварват допълнително при това си действие).

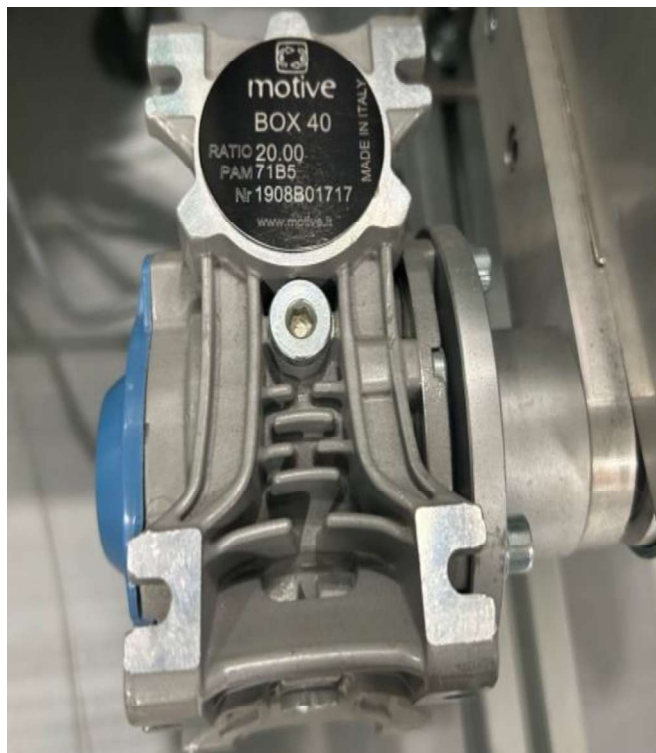
Цялата конструкция е поставена на регулируеми пети, които позволяват регулация в рамките на  $\pm 20$  [mm] по височина [6]. Това е важно изискване поради системните разминавания и разлики между конструкцията на проекта на CAD и реалното изпълнение.



Фиг. 2. 3D модел на транспортната система

Проектираното решение (3D изглед) е показано на фиг.2. Стремехът е да се спазят всички предварителни изисквания и системата да работи спрямо очакванията на инвеститора с предвидените за това кашони.

Наклоненият участък не е предмет на първоначалната конструкция и е добавен по-късно когато е отчетено, че е подходящо решение за разделяне на кашоните (създаване на разделение между тях).



Фиг. 3. Мотор-редуктор на системата



Фиг. 4. Реален изглед на транспортна система

С цел безопасност и тяхното оцеляване, сензорите са поставени от вътрешната страна на конвейера, за да не могат да бъдат случайно ударени от логистични операции в близост до машината, извършвани от обслужващия персонал на съоръжението и други съоръжения в близост до него. Този тип решения са важни, защото увеличават общата надеждност на съоръжението. В практиката има редица случаи, в които се използват скъпоструващи сензори или други електронни устройства на неподходящи места, които се повреждат поради липса на защита.



Фиг. 5. Разположение на сензори

## IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ

Системата е проектирана за кашони, които нямат сгъваеми части, а са твърди паралелепипеди. Същевременно, след началото на проекта доставчикът на кашоните е сменен и старите не са възможни за доставка. За да се реши проблемът, от предприятието на крайния инвеститор, където е внедрена разработката, е предложено решение с 3D-принтирани държачи за сгъваемите части на кашона, които ги държат. Решението работи и по този начин транспортната система е адаптирана към актуалните възможности за доставка на материали и консумативи.

ТАБЛИЦА 1 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛИНЕЙНАТА СКОРОСТ

Скорост [mm/sec]	Резултат
50	Прекалено ниска скорост
70	Прекалено ниска скорост
100	Все още ниска скорост
170	Номинална скорост на механичната система във връзка с предавателното число
200	Ненадеждно движение на кашоните
250	Ненадеждно движение на кашоните

В Таблица 1 са представени резултати от експерименталното изследване на оптималната скорост на движение. Тестът е проведен при различни стойности, което е възможно посредством инсталацията на честотен инвертор, който може да изменя подаваната честота на електрическия ток към мотора.

Механичната система осигурява номинална скорост от около 170 [mm/sec] и без наличието на по-горе споменатото електронно устройство. Изчисленията могат да се направят чрез уравнение (1), (2), (3)

$$n_{\text{изх}} = \frac{n_{\text{вх}}}{i} = \frac{1400}{20} = 70 \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad (1)$$

Видно от уравнение (1), поради наличието на редуктор, изходните обороти са 70. Следващият етап от изчислението е да се определи какво е линейното преместване на лентата при едно завъртане на ролката, което зависи от нейния диаметър, дефиниран като  $\Phi 46$  [mm].

$$S = \pi D = 3,14159.46 = 144,51 \text{ [mm]} \quad (2)$$

В уравнение (2) се изчислява линейното преместване на лентата за един оборот на завъртане на ролките.

$$V = \frac{S n_{\text{изх}}}{60} = \frac{144,51.70}{60} = 168,6 \text{ [mm/sec]} \quad (3)$$

В уравнение (3) е получена окончателната скорост след като е извършено умножение с пизх, като стойността е закръглена до 170 [mm / sec] и съответно е представена с тази стойност в Таблица 1. Това е скоростта при тези механични параметри. Възможностите за изменение на скоростта по чисто механичен път са свързани с:

- Промяна на предавателното число (i) на редуктора (нов редуктор).
- Промяна на номиналните обороти на ел. двигателя.
- Промяна на диаметъра на ролките.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подходите при проектирането на посочената система са универсално приложими за други типове кашони, с други размери и други цели на автоматизацията. Добро решение е ако може да се помисли за универсална система, на която да могат да се регулират бордовете. Това ще позволи срещу известна допълнителна инвестиция в повече материали да се постигне универсална система. Икономии в себестойността ще се постигнат от редукцията на разнообразието на детайли, поддържаното многообразие от компоненти като складове наличности и др.

Решението с 3D-принтирани държачи за преградите на кашоните дава възможност да се работи с новия модел кашони при инвеститора, което е спасително решение, защото това обстоятелство не е съобщено в началото на проекта.



Тази технология позволява бързо прототипиране, но понякога решенията остават за по-дълго и са трайно ефективни.

Конструирането на такъв тип транспортни системи изисква да е предварително известна оптималната(или зададената) скорост, за да се извършат изчисленията от уравнения (1), (2), (3) и да се избере редуктор. Важно е да се преработят и да се изведе  $i$ , което е търсеният резултат при избор на редуктор. Обикновено няма разлика в цената на редуктора във връзка с избраното предавателно число. Имат значение складови наличности и сроковете на доставка. Производителите имат на своите страници конфигуратори, които изчисляват дали предавката е оптимална по редица параметри.

При използването на сензори в такъв тип транспортни системи, те трябва да са защитени от различни фактори: от самите товари, от външни въздействия (удари), така че да не се нарушава тяхната работоспособност. Има редица решения за безконтактно откриване на обекти, включително ултразвукови сензори, които елиминират проблемите с цветове, форма, разнообразие на продуктите и др.

Не е ограничено до конструирането на транспортни системи, но във връзка с разминаванията между проектите в CAD среда и реалната изработка, дължащо се на редица фактори, включително толеранси и отклонения от форма на участващите детайли, се препоръчва да се предвиждат възможности за регулиране на позиции, височини, бордове и др. Това позволява правилно адаптиране на устройствата към цялостното съоръжение, без да се налагат допълнителни преработки. Все пак, възможностите за регулация трябва да са балансирани и оптимални, защото всяка възможност за регулация и настройка може да се превърне и в предпоставка и за разстройка, която да изведе съоръжението от работоспособност и то да дефектира.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторите изказват благодарност на фирма КМС ИНЖЕНЕРИНГ ООД за предоставената техническа и логистична подкрепа.

#### ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mitev V., I. Malakov; Analysis of the quality of polymer parts for automatic assembly. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060012. <https://doi.org/10.1063/5.0195873>
- [2] Mitev P., I. Malakov; Development of a system for automatic feeding and orientation of cylindrical parts. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060017. <https://doi.org/10.1063/5.0195879>
- [3] Boothroyd G., Assembly Automation and Product Design ISBN 1-57444-643-6
- [4] Hesse S., Rationalisation of small workpiece feeding. Orientating, sorting, checking and feeding . 2000 by Festo AG & Co
- [5] Boothroyd G., C.R. Poli, L.E Murch (1978) Handbook of Feeding and Orienting Techniques for small parts
- [6] Totev D., R. Dimitrova, S. Dimitrov, Main steps in the process of upgrade of existing systems for automation and control of industrial and manufacturing processes in order to fulfill the requirements of the concept "industry 4.0". AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060007. <https://doi.org/10.1063/5.0195885>

## DEVELOPMENT OF A TRANSPORTATION SYSTEM FOR TRAYS

Penko Mitev  
Technical University of Sofia  
branch Plovdiv  
Plovdiv, Bulgaria  
e-mail: penkomitev@tu-plovdiv.bg

Milcho Tashev  
Technical University of Sofia  
branch Plovdiv  
Plovdiv, Bulgaria  
e-mail: m\_tashev@tu-plovdiv.bg

**Abstract:** This paper is dedicated to the process of design, calculations, production and integration of a transportation system for trays, part of an automatic production machine. The system works with empty, active and full trays and there is automatic change.

**Key words:** conveyor belt, transportation system, trays.