

AUTOMATED DOUBLE-DECK STORAGE SYSTEM FOR BOXES TRANSPORT

NEAGOE Adriana, LICĂ Constantin Cosmin, STOICA Valentin și DRUMEA Mihai Răzvan
Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică. Specializarea: Inginerie Avansată Asistată de Calculator,
Ingineria Proiectării și Fabricării Produselor, Ingineria Nanostructurilor și Proceselor Neconvenționale.
Anul de studii: II, e-mail: vstoica73@yahoo.com

Conducător științific: Prof.Dr.ing. **Tom SAVU**

SUMMARY: The increasing development of industrial automated systems has led to many solutions to various old problems that could not have been solved by using conventional systems. But with the already established solutions, new problems have occurred, particularly in the matter of space and storage of products. The paper presents the solution developed by the team with the purpose of solving various problems not only in the matter of product storage and transport, but also in the matter of product security. In addition, calculation for the system torque transmission is framed on the paper.

CUVINTE CHEIE: sistem de depozitare, ghidaje, container, actuator, vehicul autonom.

1. Introducere

În lucrarea de față se va prezenta un sistem automat destinat exclusiv AGV-urilor în vederea manipulării cutiilor de dimensiuni mici și care se poate adapta pe diversele variațiuni de spațiu.

Plecând de la această idee, scopul nostru constă în realizarea unui sistem modular astfel încât în funcție de spațiul de care dispune fiecare dintre clienți, sistemul să fie realizat la dimensiunile respective. Faptul că vrem să realizăm un sistem modular ne ajută să activăm pe o arie mai mare a pieței deoarece putem să concepem sistemul conform cerințelor clientului.

Trebuie să menționăm faptul că transportul cutiilor la sistem se realizează cu ajutorul unui vehicul autonom, drept urmare acest sistem nu se adresează domeniului industrial, ci se adresează pieței formată din: biblioteci, spitale, easybox-uri etc.

2. Stadiul actual

Conform cerințelor proiectului, sistemul etajat automat pentru depozitarea containerelor cu dimensiunile de aproximativ 210 x 300 [mm] trebuie să înmagazineze și să permită deplasarea containerelor [1] dintr-un sistem de tip magazie [12], [13] cu ajutorul unui vehicul autonom.

În urma prezentării conceptelor anterioare cât și pe baza analizei funcționalității acestora, conceptul final reprezintă o adaptare a conceptelor în ceea ce privește cerințele, costul, tehnologicitatea, cât și fiabilitatea.

Conceptul final adoptat este un sistem complex capabil să satisfacă nevoile clienților.

Sistemul este compus dintr-o parte dinamică și una statică.

Partea dinamică este reprezentată de către vehiculul autonom și mecanismele de transmisie ce permit deplasări pe cele 3 axe. Vehiculul autonom este responsabil de încărcarea și descărcarea containerelor, iar mecanismele de transmisie sunt compuse din: actuatori liniari [6] pentru axele "Y" [8] și "Z" [6] și un subsansamblu curea-roată dințată [10], [11] pentru axa "X". De asemenea, sistemul permite și o mișcare de rotație în jurul axei "Z".

Partea statică este constituită din două magazine poziționate de o parte și de alta a mecanismului de manipulare și o zonă de încărcare-descărcare. Fiecare magazie [12], [13] depozitează un număr de treizeci și șase de containere, pe fiecare dintre cele șase coloane fiind dispuse câte șase containere [1]. Zona de

încărcare-descărcare este prevăzută de o rampă și elemente de ghidare care permit poziționarea optimă a containerului pe cele două ghidaje.

În cadrul lucrării este prezentată doar această soluție de dispunere a magaziei, însă sistemul permite o adaptare a structurii în funcție de spațiu și nevoile clienților.

3. Stabilirea momentelor necesare funcționării sistemului

În vederea stabilirii elementelor componente au fost efectuate calcule pentru a determina sarcinile ce acționează în sistem.

- Pentru motorul ce va roti axa “Z”:

$$F_f = \mu \cdot N \quad (1)$$

$$N = G \quad (2)$$

$$G = 3 \text{ [kg]} + 0,8 \text{ [kg]} + 0,4 \text{ [kg]} + 3 \text{ [kg]} + 0,5 \text{ [kg]} \quad (3)$$

$$G = 7,7 \text{ [kg]} \approx 77 \text{ [N]};$$

Unde:

$$\mu = 0,0025;$$

3 [kg] - greutatea actuatorului liniar de 500 [mm];

0,8 [kg] - placă de susținere din Al;

0,4 [kg] - greutatea containerului;

3 [kg] - încărcătura;

0,5 [kg] - flanșa de antrenare.

$$M = M_1 + M_2 \quad (4)$$

$$M_1 = 0,5 \times \mu \times G \times D_m \quad (5)$$

$$M_1 = 0,5 \times 0,0025 \times 77 \times 40 = 3,85 \times 2 = 7,7 \approx 10 \text{ [Nmm]} \quad (6)$$

$$M_2 = f_s \times F_a \times D_m \quad (7)$$

$$M_2 = 0,009 \times 42 \times 40 = 15,12 \text{ [Nmm]} = 20 \text{ [Nmm]} \quad (8)$$

$$M = 10 \text{ [Nmm]} + 20 \text{ [Nmm]} = 30 \text{ [Nmm]}. \quad (9)$$

Unde:

$$D_m = 40 \text{ [mm]};$$

$$f_s = 0,009;$$

$$r = 5 \text{ [mm]}.$$

$$F_a = 3 \text{ [kg]} + 0,4 \text{ [kg]} + 0,8 \text{ [kg]} = 42 \text{ [N]} \quad (10)$$

- Pentru motorul ce va antrena mișcarea de translație pe axa “Z” momentul minim necesar va fi:

$$M_t = G \times r \quad (11)$$

$$G = 0,8 \text{ [kg]} + 3 \text{ [kg]} + 0,4 \text{ [kg]} \quad (12)$$

$$G = 4,2 \text{ [kg]} \approx 42 \text{ [N]} \quad (13)$$

$$M_t = 42 \times 5 = 210 \text{ [Nmm]} \quad (14)$$

- Pentru motorul ce va antrena mișcarea de translație pe axa “Y” momentul minim necesar va fi:

$$M_t = G_1 \times r \quad (15)$$

$$G_1 = G + 0,2 \text{ [kg]} + 1,5 \text{ [kg]} \quad (16)$$

$$G_1 = 7,7 \text{ [kg]} + 1,7 \text{ [kg]} = 9,4 \text{ kg} \approx 94 \text{ N}; \quad (17)$$

$$M_t = 94 \times 4 = 376 \text{ [Nmm]} \quad (18)$$

Unde:

0,2 [kg] - greutatea motorului axei de rotație;

1,5 [kg] - șuruburi, piulițe [14], placă susținere cutie + coef. de siguranță;

r = 4 [mm].

- Pentru motorul ce va antrena mișcarea de translație pe axa “X” [9] momentul minim necesar va fi:

$$F_u = (2 \times M_t) / D_1 \quad (19)$$

$$F_u = G = 9,4 \text{ [kg]} + 0,6 \text{ [kg]} + 3 \text{ [kg]} + 3 \text{ [kg]} \quad (20)$$

$$G = 16 \text{ [kg]} \approx 160 \text{ [N]}$$

$$M_t = (160 \times 66) / 2 = 5280 \text{ [Nmm]} = 5,3 \text{ [Nm]} \quad (21)$$

Unde:

0,6 [kg] - motorul axei “Y”;

3 [kg] - actuatorul liniar axa “Y” [8] ;

3 [kg] - restul de elemente de legătură + coef. de siguranța.

4. Proiectarea detaliată

În cele ce urmează, va fi prezentat ansamblul din punct de vedere al elementelor componente, precum și principiile de funcționare ale acestuia.

În prima figură este prezentat vehiculul autonom ce are ca și elemente specifice cerințelor proiectului o platformă pe care se va așeza containerul, cât și doua cleme tip mamă de prindere și fixare a containerului (vezi fig.1).

Containerul cu dimensiunile exterioare de 220 x 308 [mm] are fixat de acesta, două cleme de tip tată pentru fixare și prindere de vehicul (vezi fig.2).

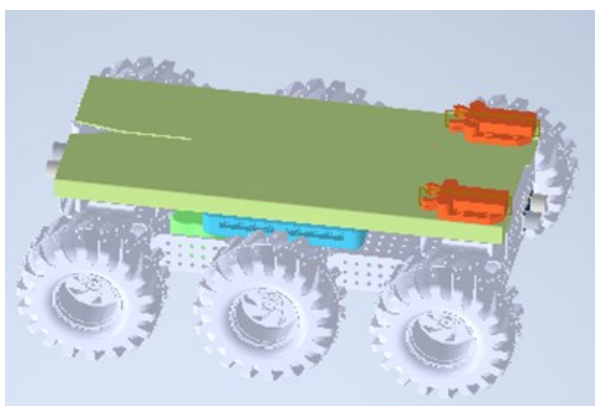


Fig. 1. Vehicul Autonom

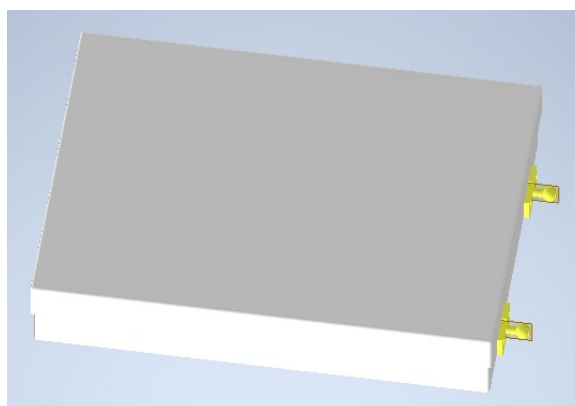


Fig. 2. Containerul împreună cu cele 2 cleme tip “tată”

Pentru poziționarea pe vehicul, containerul vine cu un ghidaj ce se ghidează prin intermediul evazării prezente pe platforma vehiculului (vezi fig.3).

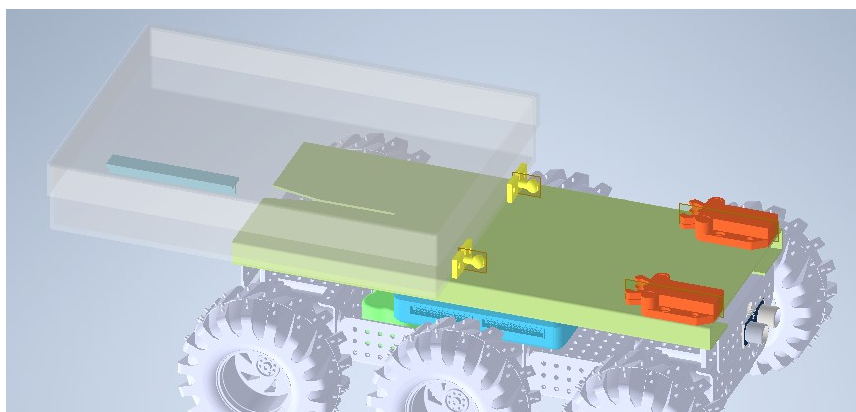


Fig. 3. Poziționarea containerului pe vehicul

Odată ce vehiculul ajunge în zona de încărcare-descărcare acesta se poziționează cu ajutorul senzorilor [2], cât și cu ajutorul compensatorilor (amortizorilor [5]) din cauciuc, dar și a evazărilor din cele două ghidaje (vezi fig.4).

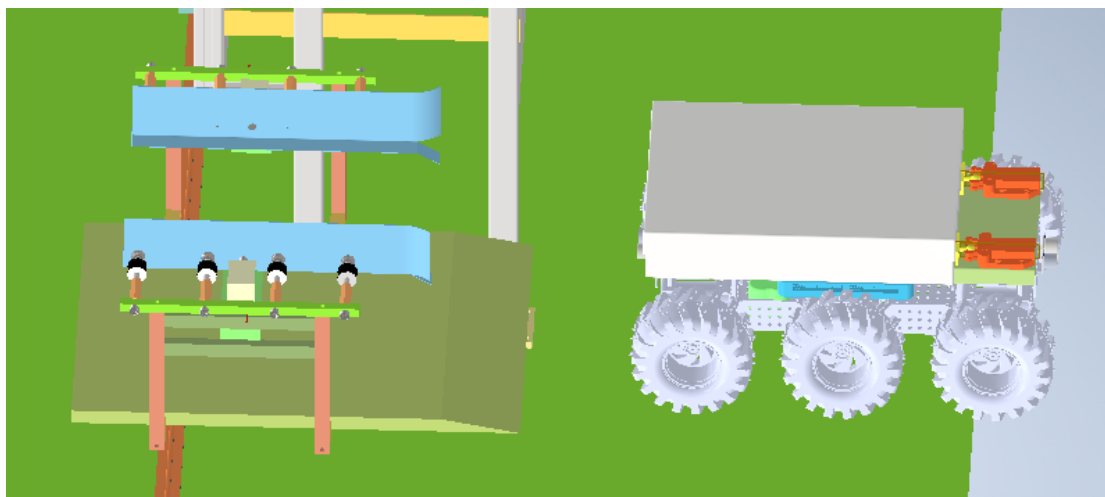


Fig. 4. Poziționarea vehiculului în zona de încărcare – descărcare

- **În situația în care containerul se află pe vehicul:**

Elementele de poziționare ce realizează compensarea de erori sunt evazările celor două ghidaje din raft, amortizorii [5] din cauciuc, cât și senzorii. Blocarea cursei containerului în raft este posibilă prin forma ghidajelor. Odată ce cursa containerului este blocată, energia cinetică a vehiculului acționează desfacerea clemelor [3] de tip push-push (cleva tată acționează cleva mamă).

În momentul în care cursa containerului este blocată sunt acționate cele două încuietori electromagnetice ce fixează containerul în raft. Odată ce clevile [3] au fost decuplate, vehiculul părăsește zona de descărcare în vederea permiterii celorlalte mecanisme de a stoca containerul în magazie [12], [13]. Zona de încărcare-descărcare are doi suportți în formă de “L” ce nu permite containerului să se gripeze pe cele doua ghidaje (efectul de gripare se datorează greutateii containerului și a amortizorilor [5] din cauciuc) (vezi fig.5)

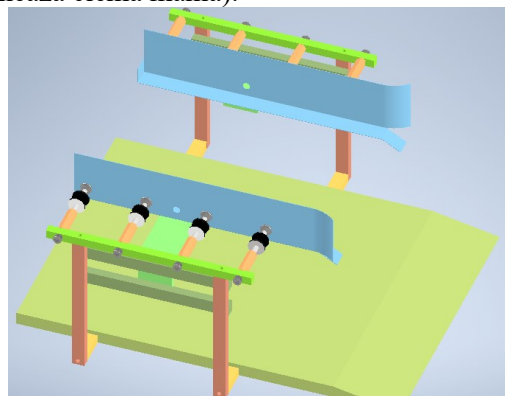


Fig. 5. Zona de încărcare – descărcare

- **În situația în care containerul se află deja în zona de încărcare – descărcare :**

Odată ce vehiculul ajunge în zona de încărcare-descărcare, se poziționează cu ajutorul senzorilor și a ghidajului de pe containere ce va culisa în evazarea de pe suportul vehiculului, amortizorii [5] din cauciuc compensand eventualele erori de poziționare.

Prin energia cinetică a vehiculului clevile vor fi acționate, iar încuietorile electromagnetice vor debloca cutia permițând vehiculului să preia containerul.

Sistemul de manipulare a containerelor constă în actuatori [6] liniari pentru axele “Y” și “Z” și un subansamblu curea-roată dințată [10], [11] pentru axa “X” (vezi fig.6)

Containerul este înmagazinat cu ajutorul unui braț ce aduce cutia într-un anumit raft din magazie [12] și apoi printr-o deplasare negativă pe axa “Z”, depozitează cutia ce se va fixa cu bandă magnetică în sertarele din magazie [12], [13] (vezi fig.7).

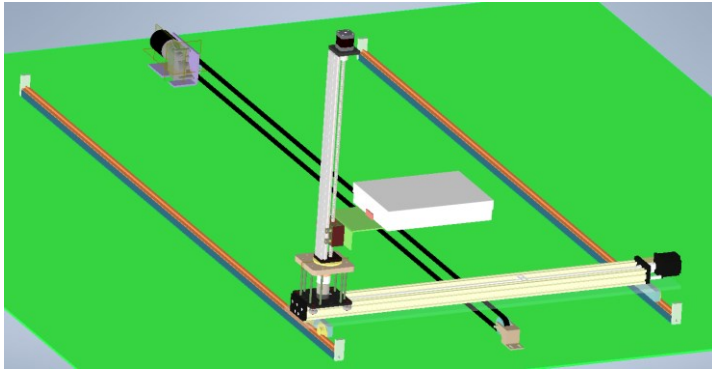


Fig. 6. Sistem de manipulare a containerelor

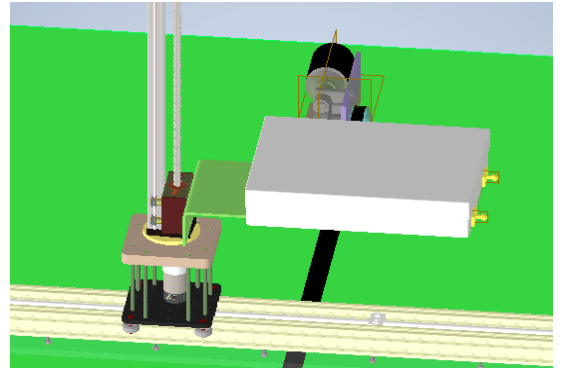


Fig. 7. Brațul de înmagazinare container

Pentru a evita deplasarea cutiei în timpul transportului, suportul brațului prezintă un element de fixare pe direcțiile “X” și “Y” pentru a permite motoarelor să realizeze mișcarea corectă în cadrul sistemului (vezi fig.8). Mecanismele axelor “Y” și “Z” sunt de tipul celor șurub-piulită cu motoare pas cu pas.

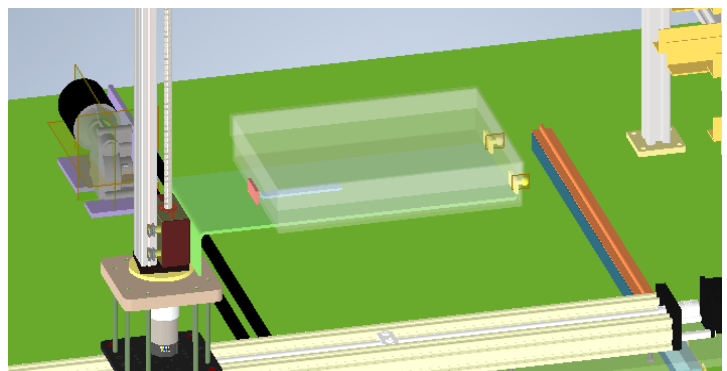


Fig. 8. Element de fixare pe cele două direcții “X” și “Y”

Brațul are și o mișcare de rotație în jurul axei “Z” pentru o productivitate mai mare (în situația actuală, magazia de containere este dispusă pe ambele părți ale axei “X”, fiind poziționată în paralel cu aceasta.

Motorul ce asigură rotația brațului în vederea înmagazinării containerelor pe ambele părți este un motor electric cu encoder [7].

Infrastructura sistemului de manipulare trebuie să fie sub nivelul zonei de încărcare-descărcare a containerelor cu aproximativ 180 [mm]. Acest fapt se datorează actuatorilor liniari ce au anumite dimensiuni, dimensiuni ce însumate conduc la necesitatea unei infrastructuri speciale.

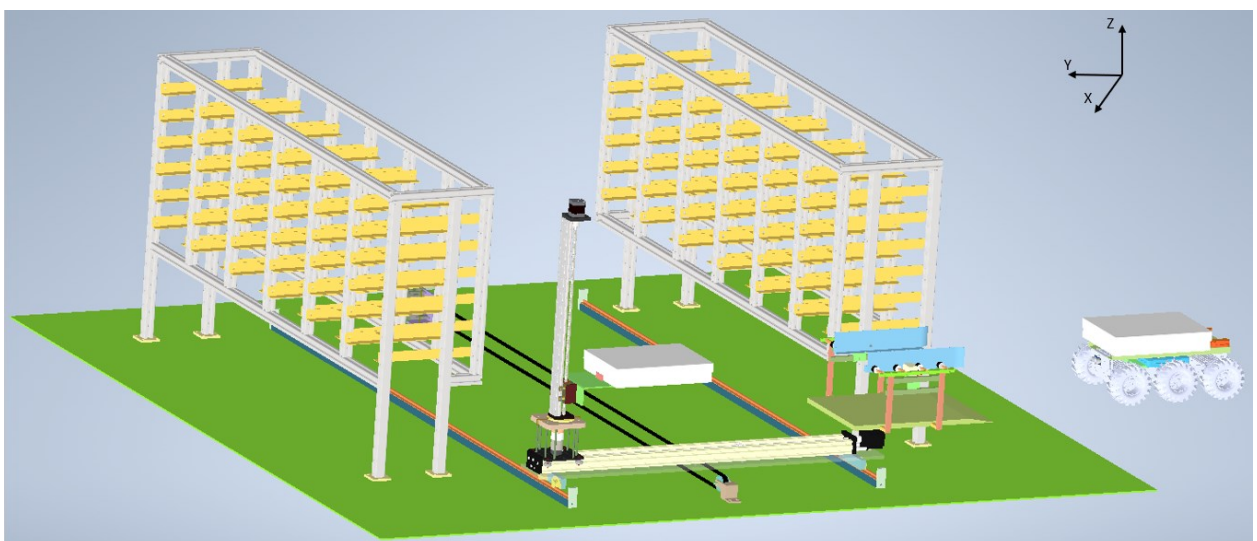


Fig. 9. Vederea de ansamblu a întregului sistem

5. Concluzii

În concluzie, sistemul dezvoltat prezintă o structură simplă bazată pe mecanisme capabile să asigure o precizie de manipulare și totodată siguranța obiectelor transportate.

În continuare, ne propunem să aducem anumite îmbunătățiri sistemului precum:

1. Suplimentarea sistemului cu o nouă zonă de încărcare-descărcare în vederea creșterii productivității ;
2. Mărirea spațiului de depozitare în funcție de cerințele clienților (diverse soluții de așezare a magaziei) ;
3. Asigurarea protecției sistemului împotriva factorilor externi (personal uman, praf, uleiuri, vaseline, etc) prin montarea unei carcase sistemului;
4. Facilitarea accesului direct a personalului uman la magazie prin folosirea unor carduri de acces sau cu cheie.

6. Bibliografie

- [1]. <https://www.worldofenvelopes.com/a4-clear-plastic-storage-box.html>
- [2]. <https://www.aliexpress.com/i/32861650739.html>
- [3]. <https://www.amazon.com/Touch-Latch-Mc-37-Non-Magnetic-Black/dp/B06XH54X5Q>
- [4]. <https://www.norelem.com/us/en/Products/Product-overview/Systems-and-components-for-machine-and-plant-construction/26000-Compression-springs-Elastomer-springs-Rubber-buffers-Shock-absorbers-Gas-springs/Rubber-buffers/26101-Rubber-buffers-type-AT-tapered.html>
- [5]. <https://www.banggood.com/Wholesale-Linear-Actuator-c-11892.html>
- [6]. <https://www.robofun.ro/motor-37d/pololu-motor-electric-metalic-30-1-37dx68l-12v-pinion-elicoidal.html#resp-tab1>
- [7]. <https://openbuildspartstore.com/c-beam-xlarge-linear-actuator-bundle/>
- [8]. <https://shop.hpceurope.com/an/produit.asp?prid=498>
- [9]. https://www.pro-cnc.ro/curele_si_roti_dintate_cu_pas_metric.html
- [10]. <https://www.automatic.ro/curele-dintate/795-curea-t516-la-metru-liniar.html>
- [11]. https://www.tme.eu/ro/katalog/profile-si-dispozitive-de-prindere_113232/
- [12]. <https://www.leroymerlin.ro/products/profile-fier-aluminiu-alama-pvc/955/cornier-aluminiu-natural-30-x-30-x-2-mm-l-1-m/44927>
- [13]. <https://vinix.cld.bz/Catalog-Rocast/8/>

7. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

D_1 = diametrul roții de antrenare;

μ = frecarea din rulmentul conic;

M_1 = moment rezistent, datorită sarcinii de încărcare;

M_2 = moment de frecare axial;

D_m = diametrul mediu al rulmentului conic;

f_2 = factor ce depinde de construcția rulmenților și ungere ;

F_a = forța axială;

G = calculat la rotația axei Z;