



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Universitatea Națională de Știință și Tehnologie
POLITEHNICA București
Școala Doctorală de
Inginerie Industrială și Robotică

REZUMAT

TEZĂ DE DOCTORAT

**”Contribuții privind calculul și
construcția elevatoarelor din
parcurile auto supraetajate”**

Conducător științific,

**Prof. univ. em.dr. ing. Iosif TEMPEA (POLITEHNICA
București)**

**Doctorand,
Carmen Elisabeta D. RADU**

- 2024-

REZUMATUL LUCRĂRII

”Contribuții privind calcul și construcția elevatoarelor din parcurile auto supraetajate”

CUPRINS

Cuvânt înainte	5
Introducere	6
PARTEA ÎNTÂI: STADIUL ACTUAL.....	9
1 ANALIZA CONSTRUCȚIEI ȘI DOTĂRILOR PARCĂRILOR DIN BUCUREȘTI	9
1.1. Numărul autovehiculelor existente în București	9
1.2. Tipuri de parcuri care pot fi realizate în București	9
1.3. Parcare cu acționare robotizată.....	10
PARTEA A DOUA: CONTRIBUȚII PROPRII.....	12
2. STUDIU DE PIAȚĂ REFERITOR LA NECESITATEA ȘI POSIBILITATEA REALIZĂRII UNEI PARCĂRI ROBOTIZATE ÎN BUCUREȘTI	12
2.1. Obiectivele cercetării.....	13
3. CONTRIBUȚII PRIVIND DOTAREA CU ELEVATOARE A PARCĂRILOR ROBOTIZATE	14
3.1. Mecanismele elevatoarelor principal și auxiliar	15
3.2. Mecanismul adoptat	15
3.3. Analiza structurală a mecanismului elevatorului dublu propus pentru dotarea parcurilor robotizate.....	18
3.4. Modul de funcționare a elevatoarelor.....	20
3.5. Sistemul de siguranță. Fundația unui elevator. Analiză comparativă.....	22
3.5.1. Fundația elevatorului pe arcuri și pe covor de cauciuc	23
3.6. Mecanismul parcării. Cote și deplasări	24
3.6.1. Poziții caracteristice ale camei și tachelului.....	24

3.6.2.	Poziții importante ale mecanismului în timpul funcționării	25
3.6.2.1.	<i>Poziția caracteristică pentru cota minimă a tachelului</i>	25
3.6.2.2.	<i>Poziția caracteristică pentru cota inferioară a culisorului elevatorului principal</i>	26
3.6.2.3.	<i>Poziția de deplasare maximă a camei spre stânga</i>	27
3.6.3.	Elevatorul auxiliar prevăzut cu mecanism cu camă de translație și tachel de translație cu rolă	28
3.6.4.	Mecanismul cu camă de translație și tachel de translație cu rolă. Elemente componente. Schema cinematică. Graficul mobilității	29
3.6.5.	Stabilirea legii de deplasare a tachelului	33
4	CERCETĂRI REFERITOARE LA VERIFICAREA FLAMBAJULUI ELEMENTELOR ELEVATORULUI. DIMENSIONAREA BIELELOR ȘI LAGĂRELOR	34
4.1.	Flambajul tijei tachelului de translație cu rolă în cazul elevatorului auxiliar.....	34
4.2.	Stabilirea lățimii de contact între rolele tachelului și cama de translație	35
4.3.	Calculul la flambaj a tijei elevatorului principal	35
4.4.	Determinarea masei camei	36
4.5.	Dimensionarea elementelor mecanismului parcării.	36
4.5.1.	Manivela, pistonul și culisorul	36
4.5.2.	Dimensionarea bielelor ținând cont de condițiile de rezistență și rigiditate	36
4.5.3.	Flambajul bielelor. Verificarea bielelor la flambaj	37
4.6.	Lagărul radial de alunecare al rolei tachelului de translație	38
5	STUDIUL VIBRAȚIILOR MECANISMULUI PARCĂRII.....	39
5.1.	Cauzele vibrațiilor camei de translație și tachelului de translație cu rolă.....	39
5.2.	Modelele utilizate pentru determinarea pulsațiilor proprii în cazul vibrațiilor libere și forțate ale tachelului de translație al parcării robotizate.....	39
5.2.1.	Calculul primei pulsații proprii a tachelului de translație pentru modelul sistem masă- arc... ..	39
5.2.2.	Calculul primei pulsații proprii a tachelului de translație cu ajutorul metodei Dunkerley.....	40
5.2.3.	Calculul primei pulsații proprii a tachelului de translație cu ajutorul metodei Vereșceaghin.	41
5.2.4.	Modelul sistemului continuu în cazul tachelului de translație.....	42
5.2.5.	Comportarea tachelului de translație sub acțiunea unei sarcini de natura unei explozii sau cutremur	42
5.2.6.	Concluziile legate de vibrația unui sistem. Analiză comparativă.....	44
5.3.	Vibrațiile de încovoiere a bielelor	44
5.4.	Vibrația camei de translație	45

5.4.1.	Vibrația camei de translație și a pistonului orizontal în timpul funcționării	45
5.4.2.	Acțiunea unei vibrații aleatoare asupra unei tije a elevatorului principal	46
6	CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE, PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ ȘI DISEMINAREA REZULTATELOR	48
6.1.	Concluzii generale. Beneficiarii cercetării.	48
6.2.	Contribuții originale	49
6.3.	Perspectiva de dezvoltare ulterioară	49
6.4.	Diseminarea rezultatelor.....	50
7	Bibliografie.....	51

Cuvânt înainte

Cercetarea și dezvoltarea soluțiilor constructiv- funcționale a elevatoarelor reprezintă motivația și direcția studiilor de doctorat finalizate prin prezenta teză de doctorat.

Teza de doctorat ”Contribuții privind calculul și construcția elevatoarelor din parcărilor auto supraetajate” are ca obiectiv principal, cercetarea și dezvoltarea soluțiilor de îmbunătățire constructiv-funcțională a elevatoarelor aflate în dotarea acestor tipuri de parcuri. Tematica este justificată de necesitatea construcției unor parcuri moderne, în condițiile creșterii continue a numărului de autovehicule din Municipiul București, în raport cu numărul relativ mic de locuri de parcare amenajate, existente.

În acest context, după parcurgerea programului de studii universitare avansate (PPA), în cadrul programului de cercetare științifică (PCS), pe baza documentării efectuate și analiza soluțiilor sistemelor de parcare existente, am conceput modelul unui elevator dublu, pentru dotarea parcărilor supraetajate robotizate, acesta fiind principalul obiectiv al cercetărilor efectuate. Sistemul propus, analizat sub aspecte structural, cinematic și dinamic, inclusiv din punct de vedere al solicitărilor seismice, s-a concretizat prin realizarea unei machete funcționale, care demonstrează viabilitatea soluției adoptate. Activitatea de cercetare științifică a fost valorificată și prin publicarea unui număr de 29 lucrări, în volumele unor manifestări științifice.

Exprim mulțumiri domnului Prof.univ.em.dr.ing. Iosif TEMPEA, conducător științific, pentru sprijinul competent acordat, observațiile, comentariile și propunerile de îmbunătățire, formulate pe întreg parcursul derulării și finalizării studiilor doctorale.

De asemenea, adresez mulțumiri întregului colectiv al Departamentului de ”Teoria Mecanismelor și a Roboților” și în mod deosebit domnilor Prof.univ.em.dr.ing. Păun ANTONESCU, Prof.univ.dr.ing George ADÎR, Prof.univ.dr.ing Constantin OCNĂRESCU și Conf.dr.ing. Iulian TABĂRĂ, pentru sugestiile și propunerile valoroase, aduse pe parcursul elaborării prezentei teze de doctorat. Mulțumesc conducerii Școlii Doctorale de Inginerie Industrială și Robotică pentru sprijinul acordat.

Mulțumesc cadrelor universitare de la Universitatea ”Constantin Brâncuși” din Tîrgu-Jiu și cadrelor universitare de la Departamentul de Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice (IMST) - Centrul Universitar Drobeta Turnu-Severin, pentru schimbul benefic de experiență, încurajările permanente și încrederea acordată.

Nu în ultimul rând, adresez mulțumiri familiei mele pentru înțelegerea și suportul acordat pe parcursul întregului program de studii doctorale.

Carmen-Elisabeta Radu

București,2024

Introducere

Cuvinte cheie: parcare robotizată în București, studiu de piață, dublu elevator, dinamica mecanismului parcării, cinematica și cinetostatica mecanismului parcării, vibrații

Necesitatea, actualitatea și importanța tematicii tezei de doctorat

Motivația acestei teze o constituie cercetarea și dezvoltarea și studierea parcării automatizate.

Din datele recente publicate în presă (hotnews.ro, etc.), rezultă că numărul autovehiculelor înmatriculate în București și Ilfov, a ajuns aproape de 1,8 milioane. Orașul București ocupă locul 8 în topul celor mai aglomerate capitale din lume și dispune doar de 350 mii de locuri de parcare amenajate pe domeniul public. Această situație crează multe probleme automobiliștilor care staționează în capitală sau care traversează capitala pentru diverse activități. Din Studiul de piață, prezentat în capitolul 2 reiese, conform părerii respondenților, necesitatea realizării cât mai rapide în București, a cel puțin unei parcări automatizate prevăzută cu cât mai multe locuri. Din cauza lipsei unor terenuri virane, soluția optimă constă în construcția unor parcări supraetajate, dotate cu echipamentul necesar deplasării autovehiculelor la diferitele niveluri.

Construcția unor elevatoare robotizate, reprezintă una din condițiile necesare pentru realizarea sistemelor de parcare moderne, corespunzătoare unui oraș civilizat.

Obiectivul tezei de doctorat

Obiectivul principal al tezei este elaborarea unei soluții de elevator pentru dotarea parcurilor supraterane moderne.

Metodologia de cercetare se bazează pe aplicarea cunoștințelor din domeniul matematicii, fizicii, calculatoare și mecanică, mecanisme, rezistența materialelor etc. și s-a concretizat prin următoarele:

- Analiza stadiului actual al situației, realizărilor și dotărilor din domeniul parcurilor rutiere în municipiul București și a raportului dintre numărul de autovehicule existente și numărul locurilor de parcare disponibil;
- Efectuarea unui sondaj de opinie (studiu de piață) (<https://antreprenoriat101.ro/model-studiu-de-piata-ghid-gratuit/>), bazat pe interviuarea a 107 persoane, utilizatoare de autovehicule, privind necesitatea, locul

- de amplasare, dotarea necesară pentru o parcare moderne, supraetajate în București. Rezultatele obținute au fost prelucrate prin metodele statisticii matematice;
- Propunerea unei soluții originale de elevator dublu pentru dotarea unei parcări moderne;
 - Calculul sub aspectul structural, cinematic și dinamic a elevatorului propus, luându-se în același timp și comportamentul la vibrații sau în caz de seism a elementelor elevatorului,
 - Realizarea unei machete funcționale a soluției de elevator propuse prin care s-a evidențiat viabilitatea acesteia.

Scurtă prezentare a conținutului tezei de doctorat

Pentru realizarea obiectivului principal al cercetărilor privind calcul și construcția elevatoarelor din parcurile auto supraetajate, lucrarea de doctorat a fost organizată în două părți:

1. – stadiul actual;
2. - contribuții privind domeniul de cercetare propus.

Pentru aceasta, teza cuprinde o introducere și a fost structurată în 7 capitole, la care se adaugă, un număr de 3 anexe și 130 referințe bibliografice, în total 212 pagini. ,

O prezentare sintetică a conținutului tezei de doctorat este redată mai jos.

PARTEA ÎNTÂI: STADIUL ACTUAL

Capitolul 1. ANALIZA CONSTRUCȚIEI ȘI DOTĂRILOR PARCĂRILOR DIN BUCUREȘTI prezintă diversele modele de parcări existente în București, avantajele și dezavantajele fiecărui tip de parcare în parte și concluziile care se desprind din această analiză.

PARTEA A DOUA: CONTRIBUȚII PROPRII

Capitolul 2. STUDIU DE PIAȚĂ REFERITOR LA NECESITATEA ȘI POSIBILITATEA REALIZĂRII UNEI PARCĂRI ROBOTIZATE ÎN BUCUREȘTI prezintă un studiu de piață, pe baza căruia sunt evaluate necesitatea și posibilitatea realizării unei parcări robotizate în Municipiul București. S-a realizat un chestionar în urma căruia a rezultat opinia respondenților privind necesitatea realizării cât mai rapide a unei parcări prevăzută cu elevatoare moderne.

Capitolul 3. CONTRIBUȚII PRIVIND DOTAREA CU ELEVATOARE A PARCĂRILOR ROBOTIZATE prezintă studiul din punct de vedere cinematic și cinetostatic, al celor două elevatoare principal și secundar, care intră în componența sistemului propus, pe care în continuare îl vom numi mecanismul parcării. Au fost studiate lanțul cinematic al mecanismului, modul funcționării elevatoarelor, sistemul de siguranță adoptat și fundația elevatorului. Inițial, au fost luate în considerare mai multe variante de mecanisme, care nu au corespuns cerințelor, datorită unor probleme legate de stabilitatea elementelor și posibilitatea blocării în timpul funcționării. Într-o abordare practică nouă, prin analize comparative, a fost adoptată varianta unui mecanism complex, format dintr-un elevator principal și un elevator auxiliar care sunt cuplate și pot fi decuplate în caz de necesitate, soluția propusă reprezentând o contribuție personală. Elevatorul principal include un mecanism cu bielă și manivelă, un culisor care se deplasează pe direcție verticală și un piston care se deplasează pe direcție orizontală. Culisorul include la partea superioară o platformă, pe care poate staționa un autovehicul în timpul

urcării sau coborârii până la un etaj al parcării (această zonă a parcării poate avea mai multe etaje, funcție de proiect). Pistonul care se deplasează pe direcție orizontală este cuplat cu elevatorul auxiliar și se află poziționat într-un cilindru hidraulic. Elevatorul auxiliar este format dintr-o camă de translație care acționează un tachtet de translație cu rolă, acesta din urmă susținând la partea superioară o platformă, pe care poate staționa un autovehicul, în timpul urcării sau coborârii până la etajul parcării situat în această zonă. Parcarea deservită de elevatorul auxiliar are un singur nivel. Au fost studiate atât elementele elevatorului auxiliar (mecanismul cu camă și tachtet de translație cu rolă) cât și elementele componente ale elevatorului principal.

Cercetarea include determinarea pozițiilor importante ale mecanismului elevatorului auxiliar și stabilirea legii de deplasare a tachtetului.

Capitolul 4. CERCETĂRI REFERITOARE LA VERIFICAREA FLAMBAJULUI ELEMENTELOR ELEVATORULUI. DIMENSIONAREA BIELELOR ȘI LAGĂRELOR cuprinde studiul dinamic al mecanismului parcării, cu referire la elementele componente ale celor două elevatoare (tachtet, camă de translație, bielem, lagăre). Au fost studiate solicitările la care sunt supuse elementele care compun mecanismul.

Este cercetat flambajul tijeii tachtetului cu rolă care intră în componența elevatorului auxiliar și se studiază realizarea unui model de calcul cu una, două sau patru tije.

S-a realizat calculul bielem, flambajul acestora, calculul masei camei și este studiat lagărul radial cu alunecare al rolei tachtetului de translație.

În situația lagărului radial cu alunecare s-au luat în considerație gabaritul fusului, mașina utilizată (în cazul studiat mașină de ridicare), cuzinetul și ungerea lagărului. S-a determinat materialul compatibil utilizării pentru cuzinet și s-au evaluat problemele legate de vibrații, în cazul lagărului.

Capitolul 5. STUDIUL VIBRAȚIILOR MECANISMULUI PARCĂRII prezintă calculul elementelor mecanismului din punctul de vedere a vibrațiilor. Se determina pulsația proprie fundamentală (cea mai mică) și celelalte pulsații proprii ale mecanismului, care trebuie evitate în funcționare, pentru a se evita distrugerea acestuia datorită fenomenului de rezonanță. Se utilizează diverse metode pentru determinarea pulsațiilor proprii, cum sunt metoda Dunkerley, Veresceaghin și metoda sistemului continuu. Sunt cercetate influențele vibrațiilor aleatoare (seismice sau explozive) asupra sistemului, precum și vibrațiile camei de translație și pistonului, aceste elemente fiind considerate ca un ansamblu.

Capitolul 6. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE, PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ ȘI DISEMINAREA REZULTATELOR cuprinde unele concluzii generale desprinse din cercetările efectuate și principalele contribuții originale aplicative și teoretice aduse de autoare. Sunt prezentate de asemenea, perspectivele de dezvoltare și valorificare viitoare ale cercetărilor efectuate.

Capitolul 7. BIBLIOGRAFIA prezintă principalele surse de inspirație folosite la realizarea acestei teze de doctorat: contracte de cercetare, brevete de invenție, articole științifice, monografii și nu în ultimul rând, paginile de pe internet. Se adaptează conținutului final al bibliografiei, excluzând sursele care nu s-au folosit: brevete, contracte, etc.

PARTEA ÎNTÂI: STADIUL ACTUAL

1 ANALIZA CONSTRUCȚIEI ȘI DOTĂRILOR PARCĂRILOR DIN BUCUREȘTI

1.1. Numărul autovehiculelor existente în București

În lumea modernă transporturile reprezintă un element esențial pentru buna desfășurare a activităților economico-sociale. Se impune astfel realizarea unui studiu legat de posibilitatea construcției unor diverse tipuri de parcări, funcție de spațiu, capacitate, tehnologia existentă și posibilitățile financiare.

Din punctul de vedere al transportului rutier, problemele care influențează Bucureștiul sunt legate de poluare, numărul mare de vehicule care se deplasează prin oraș, numărul redus de parcări și amplasarea acestor parcări în zone greu accesibile în raport cu marile bulevarde, cu serviciile și cu locuințele cetățenilor. [1]

Conform datelor publicate în presă, în 2018 și 2020 numărul autoturismelor înmatriculate în București este 1106000, respectiv 1151554. În 2021 România avea 1174941 locuri de parcare publice, față de 1154082 de locuri în 2020. Cu o toleranță de 10% aferentă ratei de exactitate a răspunsurilor municipalităților, numărul total de locuri de parcare atinge 1292435.

Ținând cont de posibilități, de timpul necesar pentru realizarea documentației și a execuției precum și de preț se pot lua în considerare mai multe tipuri de parcări care pot fi executate în București, în zona cheiului Dâmboviței. [2], [3], [5].

1.2. Tipuri de parcări care pot fi realizate în București

Ținând cont de posibilități, de timpul necesar pentru realizarea documentației, a execuției precum și de preț se pot lua în considerare mai multe tipuri de parcări care pot fi executate în București, în zona cheiului Dâmboviței.

Parcările care pot fi realizate în București includ următoarele tipuri :

- a) parcare simplă, care poate fi realizată cu investiții relativ mici comparativ cu alte tipuri dar care ocupă suprafețe mari
- b) parcare etajată de format (p+1), dublând astfel numărul locurilor de parcare comparativ cu varianta prezentată la punctul a). Pentru deplasarea vehiculelor în zona etajului și pentru coborârea acestora se utilizează un plan înclinat racordat la clădirea propriu-zisă a parcării [6]

- c) parcare cu acționare electrică pentru spațiile relativ mici și înguste asemănătoare cu elevatorul utilizat în cazul service-urilor auto și care include locuri de parcare la parter și la etaj. Comanda motorului de antrenare a platformei acestei parcări se poate face cu ajutorul unei cartele. [11]
- d) parcare cu acționare electrică robotizată pentru multe autovehicule, realizată ca un sistem mecatronic și care prezintă un randament superior față de sistemele prezentate anterior din mai multe puncte de vedere (se poate realiza în spațiu închis sau parțial închis, cu mai multe etaje acționate de un lift sau de mai multe lifuri comandate de o aplicație instalată pe un computer). Problemele principale în acest caz sunt spațiul necesar pentru realizarea unei asemenea construcții (amprenta la sol) și sumele mari pentru investiții, care se pot amortiza într-o perioadă lungă de timp. [8]

Toate aceste tipuri de parcări sunt prezentate în cadrul lucrării.

1.3. Parcare cu acționare robotizată

Parcările prezentate anterior implică anumite condiții absolut necesare pentru realizare, care nu sunt totdeauna ușor de îmbinat. Astfel se impun existența unor suprafețe mari necesare amplasării acestor parcări, fapt ce conduce la reducerea spațiilor verzi, a zonelor urbane circulate și a posibilității utilizării acestor zone în alte scopuri sau posibilitatea utilizării unor zone limitate ca suprafață doar pentru un număr mic de autovehicule și pentru o masă totală a acestora redusă, sub 2000 kg.

Elementele precizate anterior poate fi rezolvate prin utilizarea unor parcări robotizate, controlate cu ajutorul unor aplicații. În această situație se utilizează un sistem mecatronic pentru medii industriale care poate fi aplicat în situații în care sunt necesare parcările pe multe nivele, prezentate în figurile 1, 2 și 3. [23].

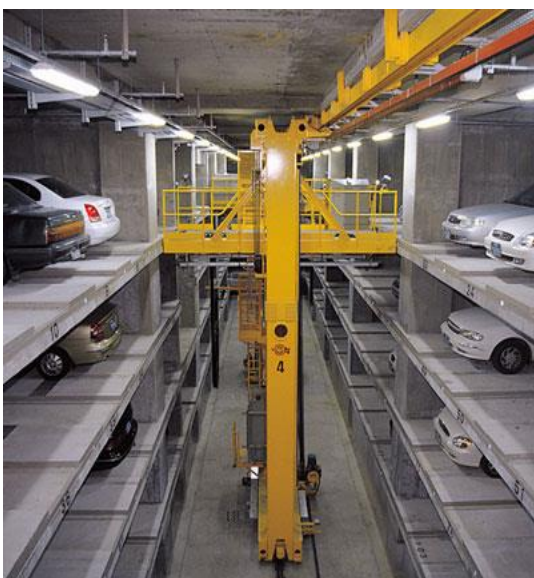


Fig.1. Parcare robotizată

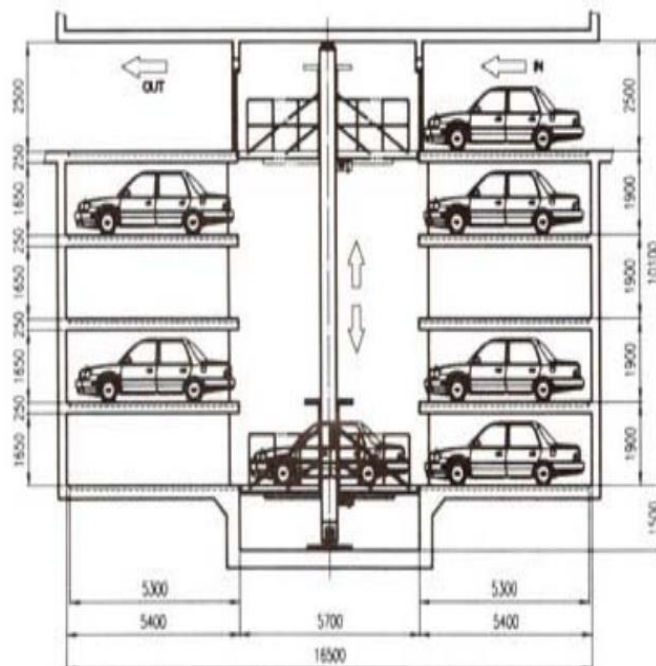


Fig. 2. Funcționarea unei parcări robotizate



Fig. 3. Deplasarea unui autoturism pe verticală de către elevator în interiorul parcării

Sistemul mecatronic include în acest caz [36]:

- Centrul de Telemonitorizare și Telecontrol – include un calculator cu soft robot telecontrol și telemonitorizare și router care se află în legătură cu internetul ;
- Subsistemul mecatronic – spațiu cibernetic – panoul de comandă și soft robot, echipamentul telecontrol inteligent, modem-ul și antena. Este legat la rețeaua Ethernet a instalației respective;
- Robotul industrial – robot care include manipuloarele autovehiculelor, unitatea de comandă, conexiuni electrice și interfața cu sistemul informatic.

În momentul în care un autovehicul abonat pătrunde în parcare, i se citește abonamentul, este validat și astfel PC – ul realizează o conexiune între locul de parcare al proprietarului, care are locul de parcare achitat și necesitatea deplasării autovehiculului la acel loc. Robotul încarcă autovehiculul în lift, se dă comanda pentru deplasarea liftului în care este încărcat automobilul și conform datelor existente în baza de date, autovehiculul va fi ridicat până la înălțimea h ,

lungimea L la nivelul garajului și la etajul j . Robotul preia din lift în acel moment autovehiculul și îl parchează la locul stabilit. Pentru mai multe autovehicule trebuie realizate mai multe lifturi, iar autovehiculele grele și cele speciale trebuie parcate la parter sau la primele etaje. După accesul la locul de parcare, posesorul autovehiculului coboară cu un ascensor special sau autovehiculul este preluat de la intrarea în parcare de către robot, nefiind necesară intervenția șoferului.

Sistemele de parcare automate Multiparker sunt realizate pentru 10-100 de autoturisme, construite ca depozite pe verticală și disponibile pentru utilizare publică.

În același sistem este inclus un elevator cu deplasare simultană pe verticală și orizontală, având și opțiunea de rotire a autoturismului în același timp (fig.3.).

Timpul de acces la aceste elevatoare este foarte redus și implică o operare facilă.

PARTEA A DOUA: CONTRIBUȚII PROPRII

2. STUDIU DE PIAȚĂ REFERITOR LA NECESITATEA ȘI POSIBILITATEA REALIZĂRII UNEI PARCĂRI ROBOTIZATE ÎN BUCUREȘTI

Problemele care influențează capitalele sunt legate de poluare, numărul mare de vehicule care se deplasează prin oraș, numărul redus de parcuri și amplasarea în zone greu accesibile a parcurilor în raport cu marile bulevarde, cu serviciile, cu magazinele și cu locuințele cetățenilor.

Apare astfel absolut necesară realizarea unei parcuri care să poată pune la dispoziție un număr cât mai ridicat de locuri de parcare și care să fie realizată pe un număr mare de nivele pentru a utiliza o amprentă la sol cât mai redusă. [41]

Studiul de piață prezentat se referă la posibilitatea realizării unei parcuri pe un planșeu de beton armat situat deasupra râului Dâmbovița. Până în acest moment zona respectivă nu este utilizată și reprezintă o soluție.

Avantajele utilizării unei asemenea zone sunt următoarele :

- Zona este accesibilă în centrul orașului comparativ cu alte suprafețe pentru parcare (zona Splaiului Independenței). De menționat că o parcare aflată la nivelul solului nu poate fi realizată decât la marginea orașului datorită lipsei suprafețelor necesare. Se pot realiza mai multe parcuri asemănătoare ca suprafață având în vedere existența mai multor unor

porțiuni drepte ale Splaiului – de ex. Zona Ciurel- Pod Grozăvești , Pod Hașdeu- Pod Izvor);

- Nu influențează transportul în comun de suprafață decât în proporții minime, în momentul intrării și ieșirii autovehiculelor în și din parcare;
- Există acces imediat la stațiile metroului realizând astfel posibilitatea deplasării mai facile în diverse puncte ale capitalei;
- Se realizează acces imediat pentru salariații care își desfășoară activitatea în zonele Piața Unirii, Izvor, Hașdeu, Grozăvești;
- Prețul unui loc de parcare/ oră poate fi mai redus comparativ cu prețul stabilit la ora actuală pentru locurile de parcare situate de-a lungul străzilor centrale ale Bucureștiului;
- Prețul poate fi comparabil cu cel stabilit în situația utilizării parcării subterane pe două nivele în zona Bd. Decebal;

Dezavantajele acestei parcări electrice robotizate:

- Comparativ cu o parcare realizată la nivelul străzii, această soluție implică o cercetare, un studiu din punct de vedere al rezistenței antisismice, un studiu de fezabilitate și un buget ridicat comparativ cu o parcare situată la nivelul solului;
- Parcarea va fi proiectată și realizată de către o echipă de specialiști din diverse institute de inginerie mecanică, arhitectură și construcții, fiind necesare anumite materiale și tehnologii speciale și poate implica costuri de execuție ridicate.

În cadrul studiului de piață sunt prezentate grupurile țintă sociale [42] cărora se adresează cercetarea referitoare la parcarea prezentată, chestionarul social, analiza riscurilor tehnice în derularea cercetării și efectele cercetării asupra comunității (scopul cercetării, obiectivele cercetării și rezultatele obținute în urma cercetării efectuate.). Graficele răspunsurilor la fiecare întrebare și analiza SWOT se regăsesc ca o concluzie a Studiului de Piață.

2.1. Obiectivele cercetării

Teza de doctorat ”**Contribuții privind calculul și construcția elevatoarelor din parcărilor auto supraetajate**” are următoarele obiective principale (**Op**):

- **Op₁**: Stabilirea soluțiilor de îmbunătățire constructiv-funcțională a elevatoarelor aflate în dotarea parcărilor auto supraetajate, care să contribuie la eficientizarea transportului în București;
- **Op₂**: Elaborarea unui model original de elevator dublu pentru dotarea parcărilor supraetajate robotizate, pe baza efectuării documentării și analizei soluțiilor sistemelor de parcare existente;
- **Op₃**: Realizarea unei machete funcționale a mecanismului parcării, formată din cele două elevatoare cuplate, care dovedește fezabilitatea modelului propus.

În vederea realizării obiectivelor principale, care derivă din tema de cercetare dezvoltare a programului doctoral, au fost formulate următoarele obiective secundare (**Os**):

- **Os₁**: Eliminarea parcării pe trotuare și pe ambele sensuri ale străzilor prin gestionarea parcărilor, cu scopul creșterii siguranței rutiere și asigurării unei mai bune vizibilități în timpul deplasării;
- **Os₂**: Reducerea necesității de utilizare a autoturismelor, cu scopul dezaglomerării traficului și micșorării poluării;

- **Os3:** Posibilitatea accesului facil în anumite locuri, pentru mașinile de intervenții (salvare, pompieri, poliție etc.);
- **Os4:** Analiza comparativă privind posibilitățile de realizare ale diverselor modele de parcare, în zonele neutilizate până în prezent;
- **Os5:** Analiza critică a tipurilor de parcări existente în București și selectarea unor soluții moderne, care să corespundă necesității actuale, referitoare la locurile de parcare;
- **Os6:** Analiza eficienței proiectării și realizării parcării inteligente dotată cu elevator;
- **Os7:** Realizarea unui studiu de piață referitor la necesitatea dezvoltării parcarilor pentru autovehicule din Municipiul București, locul de amplasare a unor noi parcări și dotarea acestora cu ajutorul unor sisteme moderne de telemonitorizare și telecontrol și modelul parcării adoptat;
- **Os8:** Realizarea calculului sub aspectul structural, cinematic și dinamic a elevatorului propus;
- **Os9:** Analiza comportamentului la vibrații și în caz de seism a elementelor elevatorului;
- **Os10:** Posibilitatea modernizării altor parcări existente prin utilizarea elevatorului secundar.

Obiectivele principale și secundare au fost realizate prin:

- Cercetarea documentară a stadiului actual al construcției și dotărilor parcarilor;
- Realizarea, în concepție proprie, a unui studiu de piață, bazat pe un chestionar referitor la necesitatea construcției unei parcări cu dotări moderne în centrul Municipiului București, la care au răspuns 107 persoane;
- Propunerea realizării în premieră a unei parcări robotizate în București, care utilizează o tehnologie modernă, ceea ce a implicat studii referitoare la :
 - spațiul pe care este amplasată parcare;
 - legătura între acest spațiu și mediul înconjurător;
 - mecanismul cu care poate fi dotată parcare cercetată și sistemul de antrenare al acestuia;
 - elementele mecanismului;
 - posibilitatea realizării supraetajării, numărul maxim al autovehiculelor care pot fi parcate, dimensiunile și gabaritul acestora;
 - instalația electrică a parcării, care include grupul electrogen cu care trebuie să fie dotată și celulele fotovoltaice ;
 - analiza financiară a posibilităților de realizare a parcării;
 - fiabilitatea parcării;
 - analiza eventualelor probleme care pot apărea în decursul utilizării;
- Analiza variantelor constructive ale mecanismului parcării, precum și a metodelor de îmbunătățire ale acestuia;
- Validarea modelului elevatorului dublu, prin realizarea unei machete funcționale

3. CONTRIBUȚII PRIVIND DOTAREA CU ELEVATOARE A PARCĂRILOR ROBOTIZATE

3.1. Mecanismele elevatoarelor principal și auxiliar

Lucrarea prezintă posibilitatea realizării unei parări moderne, de tip mecatronic, care să includă cât mai multe sisteme automatizate și cu ajutorul căreia să se poată realiza cât mai multe utilități. Acest proiect are în vedere :

1. Prezența unui număr cât mai mare de locuri, pe mai multe nivele în raport cu locul poziționării în zona centrală a orașului și pentru a utiliza o amprentă la sol redusă
2. Posibilitatea utilizării acestor locuri de parcare de către vehicule diverse (autoturisme, autofurgonete, motociclete, biciclete, autospeciale de gabarit redus)
3. Accesul și ieșirea cât mai ușoare în parcare și din parcare pentru a evita blocajele în traficul rutier
4. Posibilitatea plecării a două sau chiar mai multor autoturisme în cazul unor situații deosebite fără a bloca parcare sau a scoate alte vehicule din parcare. În acest sens, parcare va fi dotată cu un robot care se deplasează pe o șină îngustă, în exteriorul parării, pe o traiectorie circulară sau eliptică, având posibilitatea ridicării unui vehicul la înălțimea maximă a parării, respectiv coborârii unui vehicul la sol.
5. Dotarea parării cu grup electrogen pentru a evita blocarea parării în situația eventualelor căderi de tensiune și dotarea acesteia cu celule fotoelectrice pentru alimentare
6. Dotarea parării cu un elevator principal și cu un elevator auxiliar dotat cu un număr redus de locuri, cuplat cu cel principal, pentru situații deosebite. (de exemplu toate locurile din parcare principală sunt ocupate și mai există solicitări, există solicitări pentru perioade reduse de timp sau sunt solicitări pentru persoane cu handicap, pentru mașini de poliție, pentru alte autospeciale mici pentru perioade reduse de timp). Elevatorul auxiliar va fi executat ca un sistem ansamblu camă de translație - tchet de translație cu rolă și va putea fi decuplat de la elevatorul principal în cazul în care nu este necesară utilizarea momentană a acestuia. Distanța dintre cele două elevatoare va fi stabilită funcție de dimensiunea platformei pe care se va amplasa parcare
7. Posibilitatea amplasării unui elevator principal în zona unei parări care nu este la ora actuală dotată cu un elevator
8. Cele două elevatoare se vor amplasa pe un covor de cauciuc pentru a realiza amortizarea vibrațiilor care apar în timpul exploatării

Analizând toate modelele parărilor prezentate în capitolul 1 și toate elementele care se au în vedere se poate trage concluzia că soluția cea mai rentabilă este parcare robotizată care include toate avantajele prezentate. Singurele dezavantaje care pot fi luate în calcul sunt prețul ridicat comparativ cu celelalte modele analizate și timpul relativ ridicat necesar execuției unei astfel de parări.

Astfel, se iau în considerare toate elementele necesare execuției unei astfel de parări care vor prezentate în capitolele următoare.

3.2. Mecanismul adoptat

În vederea obținerii tuturor cerințelor prezentate anterior s-a avut în vedere inițial realizarea unui proiect care nu a corespuns cerințelor. [48], [49], [50], [51]. Problemele care au apărut în cadrul funcționării erau următoarele:

- Acest mecanism includea un cilindru cu piston care nu era legat la sol și era supus în timpul funcționării vibrațiilor, aceste fenomene putând conduce la deformații sau la spargerea conductelor sau a unor alte elemente din cadrul sistemului hidraulic după o anumită perioadă de utilizare;
- Cilindrul descrie o mișcare oscilatorie balansată, iar cama de translație o mișcare rectilinie oscilatorie și din compunerea acestora rezultă o solicitare variabilă care soliciță articulația dintre cele două elemente la oboseală după un ciclu variabil;
- Luând în considerare faptul că elevatorul auxiliar nu este utilizat permanent s-a considerat că se poate folosi o camă care descrie o mișcare alternativă de translație cu frecare, utilizând un lubrifiant între aceasta și ghidaj. Consumul de energie este însă prea ridicat în acest caz și în timp uzura camei sau a ghidajului pot crește foarte mult, mecanismul putându-se bloca în timpul funcționării. În acest caz sunt necesare revizii și reparații mult mai dese și costurile sunt mai ridicate pentru întreținere.

Evaluând toate aceste probleme s-a ajuns la concluzia că sunt necesare:

- Solidarizarea cu elementul fix a cilindrului cu piston, pentru a elimina vibrațiile care pot apărea în timpul funcționării pistonului
- Sudarea unei tije la capătul camei de translație și care să fie articulată cu pistonul astfel încât această articulație să nu mai fie soliciată decât la întindere-compresiune, funcție de deplasarea camei
- Eliminarea frecării de translație prin utilizarea unei cuple superioare de rotație similare cu cele existente la laminoare, reducând astfel problema uzurilor

Se adoptă în final schema mecanismului prezentat Fig 4. care în continuare va fi numit **mechanismul parcării**.

A rezultat astfel mecanismul prezentat în figura 4.

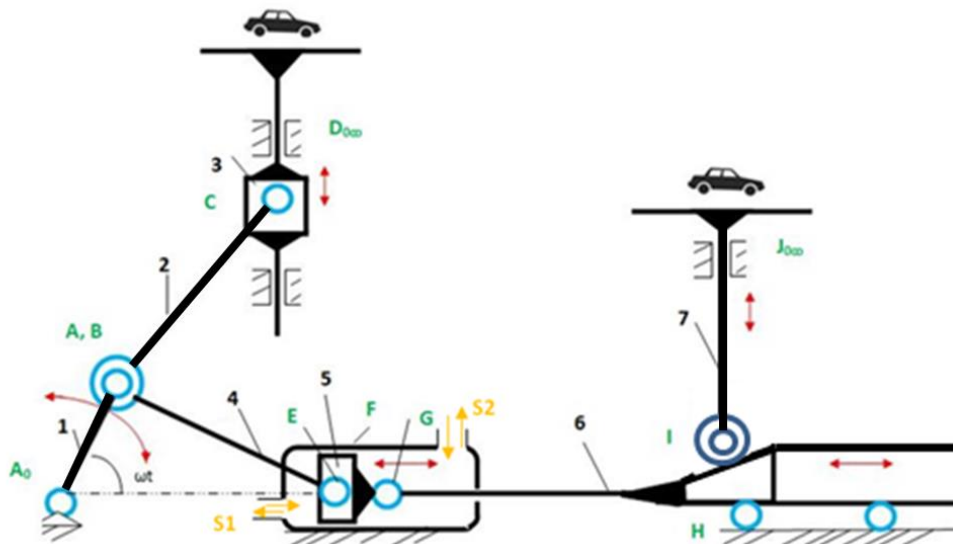


Fig.4. Mecanismul parcării dotat cu două elevatoare

Prin dispunerea geometrică a elementelor și cuplurilor cinematice ale unui mecanism, pentru un anumit sens de mișcare, se obține schema cinematică a acestuia.

În teză se propune schema cinematică a unui elevator complex format din cuplarea a două mecanisme:

1. Un mecanism plan articulată, având în componență:

- manivela (1), acționată de un motor electric, de lungime $R = \frac{S}{2} = 3000 \text{ mm}$;
- două diade de clasa a doua aspect 2, având două cuple de rotație R și una de translație T, acestea fiind grupe structurale de clasa a doua, ordinul doi de tip RRT [16].

Acest mecanism, care poate fi simbolizat sub forma R-RRT-RRT, reprezintă **elevatorul principal al parcării**.

Dacă motorul electric care acționează manivela nu funcționează din diverse motive, funcția manivelei este preluată de pistonul 5, manivela devenind în acest moment element condus. Ca urmare a mișcării de translație alternativă a pistonului 5, elementul 1 devine balansier, oscilând în jurul articulației A_0 .

Biela 2 care acționează culisorul 3, are lungimea $L = 6000 \text{ mm}$

Culisorul 3, solidar cu platforma pe care staționează autovehiculul condus spre locul de parcare, se poate deplasa pe verticală pe distanța maximă $h = 6 \text{ m}$.

Biela 4 este identică cu biela 2. Se consideră masa pistonului 5 egală cu aceea a culisorului 3.

2. Al doilea mecanism, având rolul de **elevator auxiliar**, este format din cama de translație 6, care acționează tchetul cu rolă 7. Acesta susține platforma pe care se găsește autovehiculul acționat de elevator.

Cama 6 este solidară cu o tijă, formând un ansamblu care se poate deplasa alternativ stânga - dreapta, iar tija este cuplată în (G) cu pistonul 5. Cuplajul poate fi decuplat în momentul când nu este necesară utilizarea elevatorului auxiliar format din cama 6 și tchetul (7). Ansamblul piston 5 - cilindru reprezintă de fapt un motor hidraulic cu dublă acțiune, determinând simultan acționarea celor două elevatoare.

În exteriorul parcării se amplasează o șină de formă eliptică pe care circulă un robot care poate transporta un autovehicul de la platforma elevatorului auxiliar la cea a elevatorului principal sau invers, la diverse cote, putând astfel să ridice sau să coboare autovehiculele funcție de necesități la locurile de parcare stabilite de aplicație (Fig. 5)

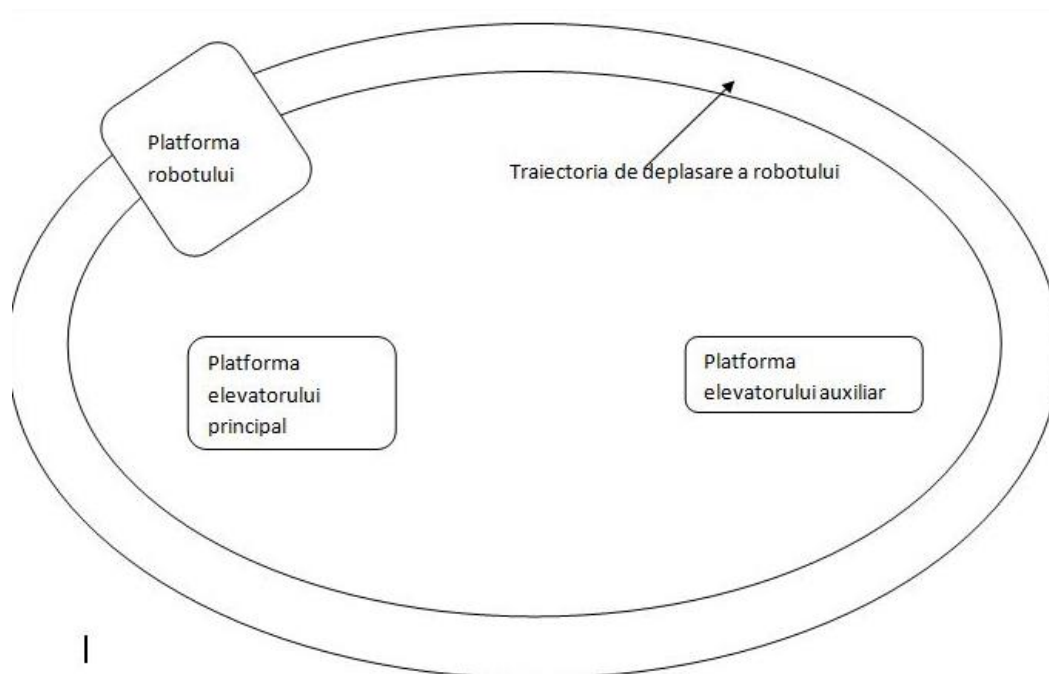


Fig. 5 Traiectoria robotului în jurul mecanismului parcării

3.3. Analiza structurală a mecanismului elevatorului dublu propus pentru dotarea parcărilor robotizate

Așa cum s-a arătat mai sus, **mecanismul parcării** este un sistem complex format din două subsisteme (Fig. 4):

- elevatorul principal, care provine dintr-un lanț cinematic plan articulat;
- elevatorul secundar, format dintr-un mecanism cu camă de translație cu tchet de translație cu rolă.

Elementele cinematice ale mecanismului sunt: manivela 1, biețele 2, 4, culisorul 3, ansamblul rigid 5-6 (format din pistonul 5 și cama 6) și tchetul 7. Rezultă că mecanismul are $m = 6$ elemente mobile. Acestea sunt îmbinate prin 5 cuplele plane de rotație de clasa a cincea (A_0, A, B, C, E) și două cuple de translație, una între ansamblul piston-camă care execută o mișcare de translație în raport cu elementul fix, având mai multe zone de contact ($F = H$) și alta, între tchet și elementul fix (J). Rezultă numărul total al cuplelor de clasa a cincea inferioare de clasa a cincea $i = 7$. Cupla dintre camă și tchet (I) este de clasa a patra, $s = 1$. Pentru aceste date $n = 6$, $i = 8$, $s = 1$ conform formulei structurale a mecanismelor plane de familia a treia (1.1), rezultă gradul de mobilitate $M = 1$.

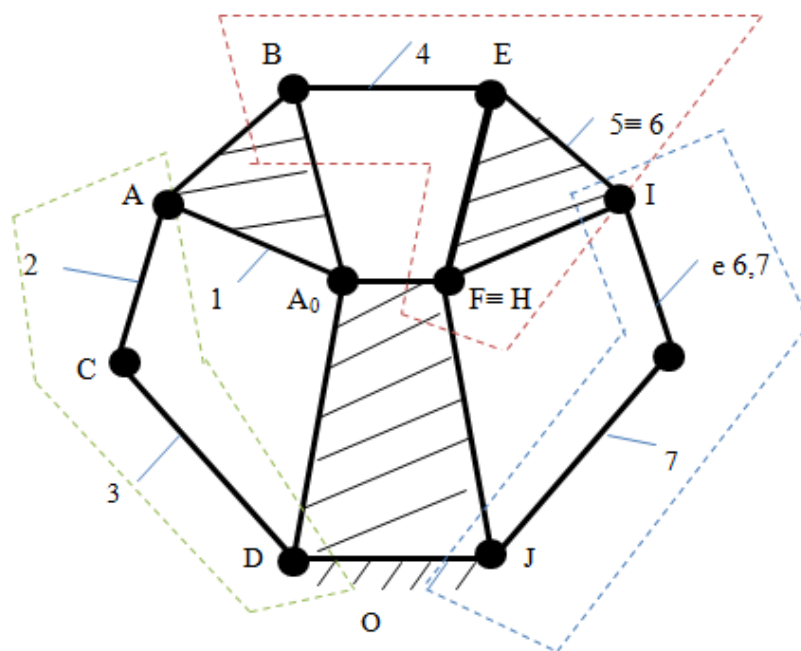


Fig. 6. Schema structurală a mecanismului elevatorului dublu și descompunerea în grupe cinematice

Aceasta înseamnă că mecanismul are o mișcare determinată (este desmodrom), prin acționarea unui singur element.

Elementul conducător este manivela 1. Pistonul 5 acționează mecanismul doar în caz de necesitate și contribuie la amortizarea mișcării mecanismului. [37].

În Fig. 6. este reprezentată schema structurală a mecanismului, obținută prin echivalarea cuplei superioare dintre camă și tachtet, printr-un element și două cuple de clasa a cincea, în conformitate cu principiile Științei Mecanismelor. [52], [53],[54].

Se obține unul din cele 16 lanțuri cinematice de bază cu 8 elemente (Beyer, R., Technische Kinematic, Leipzig Verlag A. Barth, 1931).

Lanțul cinematic se poate descompune în: elementul conducător 1 (EC1) și trei diade, D (2,3), D (4,5) și D (e_{6,7},7). În concluzie, mecanismul realizat pe baza lanțului cinematic studiat, este de clasa a doua, ordinul 2.

Numărul de cicluri independente ale mecanismului este dat de relația:

$$N = c - n, \quad (3.1)$$

n care c este numărul total de cuple cinematice $c = i + s = 9$. Se obține $N = 3$. Numărul de cicluri independente, evidențiate și de schema structurală, are o deosebită importanță pentru analiza cinematică și cinetostatică a mecanismelor, prin metoda ciclurilor independente, dezvoltată de Radu Voinea și Mihai Atanasiu . [55],[56].

3.4. Modul de funcționare a elevatoarelor

În figura 7. este prezentat mecanismul parcării și funcționarea acestuia. Autoturismul sosește în stânga elevatorului principal la intrarea în parcare (1). După ce conducătorul auto a validat cardul de acces în parcare, un robot cu platformă (care se deplasează în plan perpendicular pe planul figurii în jurul parcării și care nu este prezentat în figura 7.) îl ridică până la înălțimea de 3 m și îl depune pe platforma pistonului vertical (2) a elevatorului principal. Elevatorul principal îl ridică până la înălțimea corespunzătoare locului de parcare după care autoturismul este preluat iar de către robot și așezat pe locul de parcare validat (în acest caz din fig. 7. până la etajul 1 al parcării principale). Mecanismul elevatorului principal este asemănător cu mecanismul unui motor cu doi cilindri în V la 90^0 .

Robotul este asemănător cu un motostivuator, poate ridica și coborî un singur autoturism de la parter până la ultimul nivel și se deplasează pe o traiectorie circulară sau eliptică specială perpendiculară pe desen, astfel încât să poată deservi atât elevatorul principal, cât și cel auxiliar (conform figurii 5.).

A fost aleasă soluția utilizării unui robot de acest tip deoarece:

- Zona în care se dorește realizarea parcării nu permite construirea unui plan înclinat pentru accesul autovehiculelor la mai multe etaje. Dacă se va realiza parcare în altă zonă se va avea în vedere și posibilitatea utilizării altor soluții, cu accesul pe plan înclinat;
- Robotul va putea fi alimentat cu energie electrică atât de la rețeaua stradală, cât și de la un grup electrogen care trebuie prevăzut, astfel încât să nu apară fenomenul blocării parcării datorită lipsei accidentale a curentului electric.

Cota de 3 m este aleasă funcție de posibilitatea utilizării acestor locuri de parcare de către autoturisme și furgonete care au o înălțime maximă de cca. 2- 2,5 m și corespunde cu înălțimea unui etaj al unui bloc.

Parterul parcării este rezervat pentru vehicule speciale (în caz absolut necesar pentru poliție, autoturisme pentru salvare), pentru motociclete și biciclete.

În momentul când elevatorul principal ajunge la nivelul la care a fost validat locul de parcare de către șofer, robotul îl preia de pe platformă și îl depune la locul său (în figura 8 apare în partea stângă).

În cazul exploatării parcării pot interveni anumite situații:

- Persoana dorește să acceseze un loc de parcare doar pentru o perioadă scurtă de timp, fără a fi abonată;
- Parcare principală este ocupată în totalitate și persoana dorește să acceseze un loc de parcare;
- Persoana abonată este o persoană cu handicap, care trebuie să aibă acces mai rapid la autovehicul. Locurile de parcare pentru persoanele cu handicap vor fi stabilite în acest loc;
- Un autovehicul aflat în parcare trebuie să elibereze calea de rulare și trebuie adus pentru scurt timp în parcare.

În aceste situații a fost prevăzut un elevator auxiliar care se găsește în legătură cu cel principal, prin intermediul unui cilindru cu piston cu dublu efect, acționat de fluid prin intermediul unui sistem de supape.

Autoturismul se deplasează pe un plan înclinat de mici dimensiuni. Robotul îl preia și îl depune pe platforma tachetului (4), ulterior autoturismul fiind deplasat pe distanța prevăzută inițial cu ajutorul mecanismului camă-tachet. Apoi automobilul este preluat din nou de robot, ridicat și depus în zona stabilită pentru parcare a acestor vehicule. În această zonă se consideră că se poate realiza doar un singur nivel pentru parcare.(5)

Ansamblul format din cele două elevatoare poate funcționa atât simultan, cât și independent. Este descrisă funcționarea elevatorului sub acțiunea elementului hidraulic. Astfel:

- Ridicarea celor două elevatoare-** Este introdus fluid printr-o supapă în compartimentul situat în dreapta pistonului aflat în cilindru. Pistonul se deplasează spre stânga până la o anumită cotă stabilită și o cantitate din fluidul existent în compartimentul din stânga este treptat evacuat printr-o altă supapă. Pistonul se deplasează acționând, prin intermediul mecanismului bielă manivelă, elevatorul principal ridicând pistonul vertical. Astfel, ambele elevatoare se vor ridica simultan.
- Coborârea simultană a celor două elevatoare.** Introducând fluid în compartimentul din stânga și evacuând treptat pe cel aflat în compartimentul din dreapta până la o anumită cotă, cele două elevatoare se vor deplasa simultan spre dreapta, și astfel cele două platforme vor coborî simultan. Presiunile necesare se stabilesc funcție de dimensiuni și necesități.

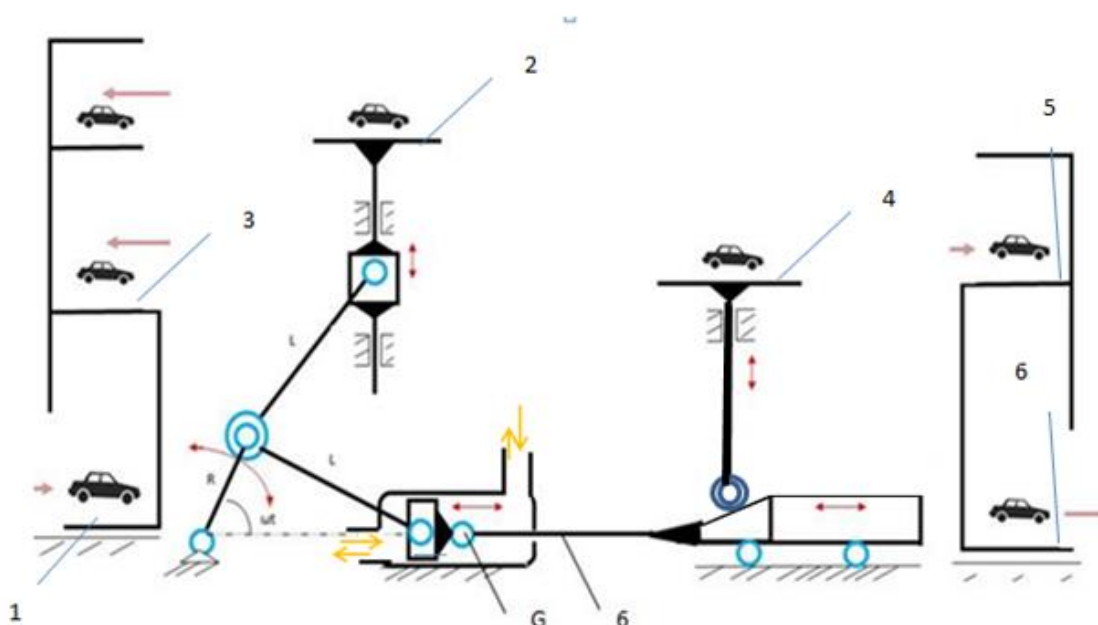


Fig.7. Prezentarea modului de funcționare a mecanismului parcării

Mișcarea elevatorului principal se va realiza în toate situațiile. În cazul când nu este necesară utilizarea elevatorului auxiliar, acesta va fi decuplat de restul mecanismului. Pentru a realiza acest lucru, la extremitatea din stânga a elementului 6 (în articulația G conform figurii 8) se va atașa un mecanism asemănător cu mecanismul periferic de apucare al unui robot industrial (schema cinematică a acestuia este prezentată în fig.8). [58].

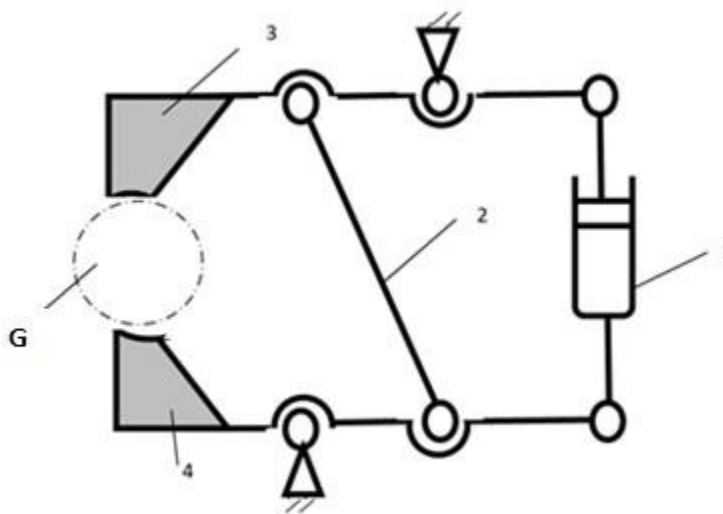


Fig.8. Mecanismul de cuplare- decuplare al elevatorului auxiliar

În cazul necesității decuplării elevatorului auxiliar, acesta se va deplasa până la extremitatea din dreapta astfel încât platforma acționată de camă să se găsească la cota inferioară. (vezi fig.7).

În cilindrul hidraulic (1) din fig.8 se introduce lichid în porțiunea superioară astfel încât pistonul să se deplaseze în jos. Tijele (3) și (4) vor elibera bolțul (5) al articulației G din figura 8, decuplând astfel elevatorul auxiliar. Dacă este necesară cuplarea ulterioară a elevatorului auxiliar, procesul se realizează în sens invers, introducând lichid în partea inferioară a cilindrului (1) din figura 8.

3.5. Sistemul de siguranță. Fundația unui elevator. Analiză comparativă

Pentru a evita eventualele accidente care pot apărea în momentul utilizării mecanismului este absolut necesar ca acesta să fie dotat cu un sistem de siguranță a cărui schemă este prezentată în figura 9. Sistemul de siguranță include două componente complet independente.

Prima componentă este reprezentată de un amortizor de cauciuc (I) sau un set de arcuri plasat la partea inferioară a elevatorului principal pentru a evita un șoc puternic în cazul

suprasarcinii asupra platformei. A doua componentă este reprezentată de un sistem de saboți de frână cu senzori acționați electronic (II) care blochează automat elevatorul atunci când sarcina care acționează asupra platformei depășește valoarea admisibilă, evitând un accident.

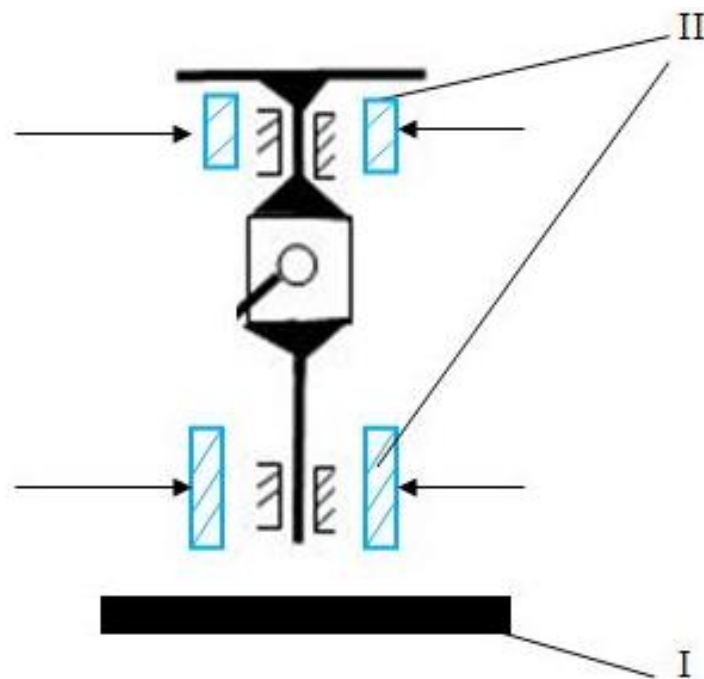


Figura 9. Sistemul de siguranță al elevatorului

3.5.1. Fundația elevatorului pe arcuri și pe covor de cauciuc

Se consideră un motor electric care acționează un elevator pe a cărui platformă staționează un autovehicul. Pentru a evita problemele legate de șocurile dure și vibrațiile produse la pornire și oprire, elevatorul este dotat cu un sistem de siguranță, care poate fi un sistem de arcuri sau un covor amortizor de cauciuc. [59].(pag.143, pag.368). Pentru a putea alege care dintre cele două soluții este mai bună și mai rentabilă se utilizează o aplicație realizată cu ajutorul programului Visual Basic în care se iau în considerare masa totală a motorului electric, masa rotorului motorului electric și excentricitatea acestuia, turația motorului, procentul din forța perturbatoare transmisă fundației, masa suspendată (include masa pistonului și masa platformei) și masa autoturismului existent pe platformă.

Conform aplicației realizate cu ajutorul programului Visual Basic prezentat se obțin ca rezultate pulsația proprie impusă prin adoptarea coeficientului de reducere, constanta elastică a suspensiei, pulsația proprie recalculată, săgeata arcurilor datorită sarcinii statice, caracteristicile arcurilor utilizate, Sarcina statică pe un arc F , amplitudinea vibrației, forța dintr-un arc datorată vibrației.

În cazul fundației pe covor de cauciuc se iau în considerare modulul de elasticitate al materialului din care este executat covorul elastic din cauciuc și presiunea admisibilă pe covorul de cauciuc, rezultând grosimea necesară a covorului de cauciuc pentru a realiza o săgeată statică identică cu cea din cazul suspensiei cu arcuri și aria suprafeței de rezemare.

Se realizează o analiză comparativă între cele două sisteme rezultând avantaje și dezavantaje pentru fiecare sistem, datele și rezultatele fiind prezentate cu ajutorul unui program în Visual Basic. Mai ieftină este soluția care utilizează covorul de cauciuc.

3.6. Mecanismul parcării. Cote și deplasări

3.6.1. Poziții caracteristice ale camei și tchetului

Se consideră mecanismul parcării a cărei schemă cinematică este prezentată în figura 10.

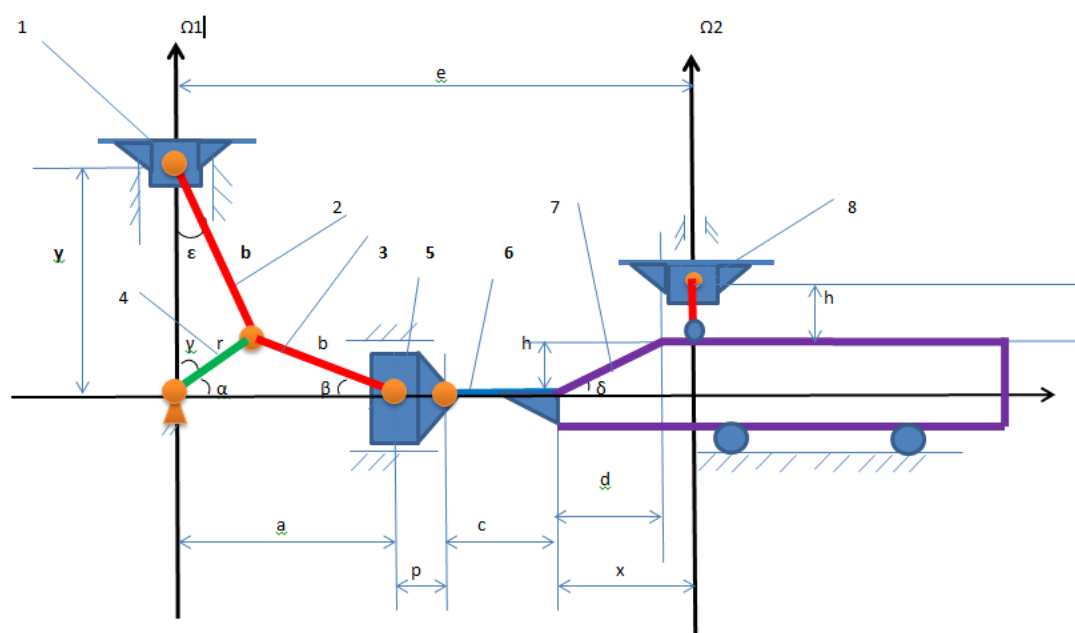


Fig.10. Mecanismul cinematic al parcării

Acesta include :

1. Pistonul vertical 1 de lungime $p=2$ m care se deplasează în lungul ghidajului vertical Ω_1
2. Biela 2 de lungime $b=6$ m
3. Biela 3 de lungime $b=6$ m, identică cu biela 2
4. Manivela 4 de lungime $r=3$ m
5. Pistonul orizontal 5 de lungime $p=2$ m, identică din punct de vedere cinematic cu pistonul vertical 1

6. Tija de cuplare 6 de lungime $c = 4$ m, care la un capăt este articulată cu pistonul orizontal 5, iar la celălalt capăt este sudată sau nituită cu cama de translație 7. Tija de cuplare se poate decupla de pistonul orizontal 5

7. Cama de translație 7 de lungime totală 9 m care este în legătură cu tachelul de translație cu rolă 8

8. Tachelul de translație cu rolă de lungime $h = 3$ m, care se deplasează în lungul ghidajului vertical $\Omega 2$

9. Între cele două ghidaje verticale paralele $\Omega 1$ și $\Omega 2$ distanța este 16 m.

Pentru definirea pozițiilor mecanismului se ia în considerare valoarea unghiului γ între ghidajul vertical $\Omega 1$ și manivela r . Funcție de acest unghi se calculează toate celelalte cote variabile care definesc pozițiile intermediare ale mecanismului. [68], [69].

3.6.2. Poziții importante ale mecanismului în timpul funcționării

3.6.2.1. Poziția caracteristică pentru cota minimă a tachelului

În acest caz, biela 3 se găsește în prelungirea manivelei 4, cama aflându-se la poziția extremă în dreapta, iar tachelul aflându-se la cota minimă pe zona planului înclinat a camei (cota 0,7 m în raport cu orizontala conform calculului cu teorema asemănării triunghiurilor). (fig. 11.)

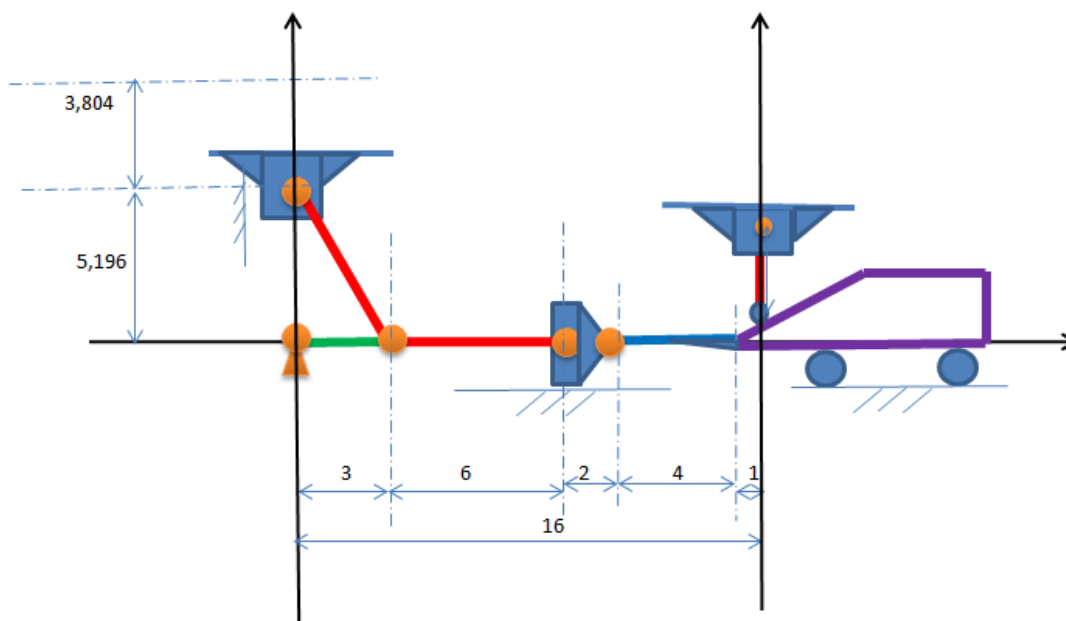


Fig. 11. Poziția caracteristică pentru cota minimă a tachelului

3.6.2.2. Poziția caracteristică pentru cota inferioară a culisorului elevatorului principal

În acest caz, manivela se găsește în poziție verticală inferioară, elevatorul aflându-se la cota minimă $h = 3$ m, cotă la care se realizează ridicarea pe platformă sau coborârea de pe platformă a autovehiculelor de către robot. Poziția este prezentată în figura 12. Tachetul se găsește la cota maximă $h = 3$ m, caracteristică elevatorului auxiliar.

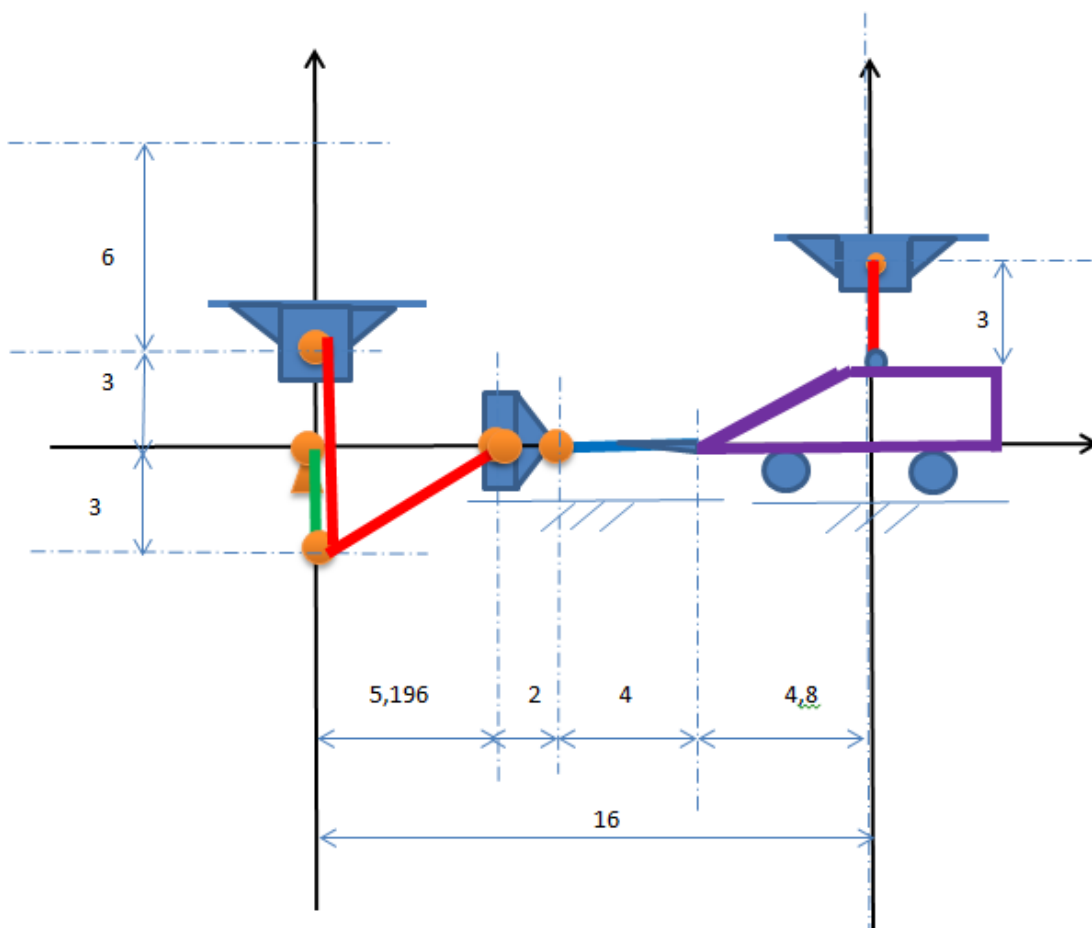


Fig. 12. Poziția caracteristică pentru cota minimă a culisorului

3.6.2.3. Poziția de deplasare maximă a camei spre stânga

Această poziție din figura 13. prezintă deplasarea maximă a camei spre stânga și pune în evidență cota minimă care poate fi folosită pentru realizarea zonei superioare a camei de translație pentru a nu bloca sau defecta mecanismul.

Manivela se găsește în acest caz în poziția orizontală spre stânga, iar biela 3 se află și în această poziție orizontală, dar orientată spre stânga.

Tachetul se găsește în acest caz la cota maximă $h = 3\text{m}$, caracteristică primului nivel al elevatorului auxiliar.

Se constată din calcul că în timpul funcționării, cama se poate deplasa pe porțiunea superioară pe o cotă $2,71\text{ m}$ și deci lungimea porțiunii orizontale trebuie să fie din punct de vedere constructiv cel puțin egală cu 3 m . Se va adopta o lungime egală cu 4 m pentru calculul masei camei.

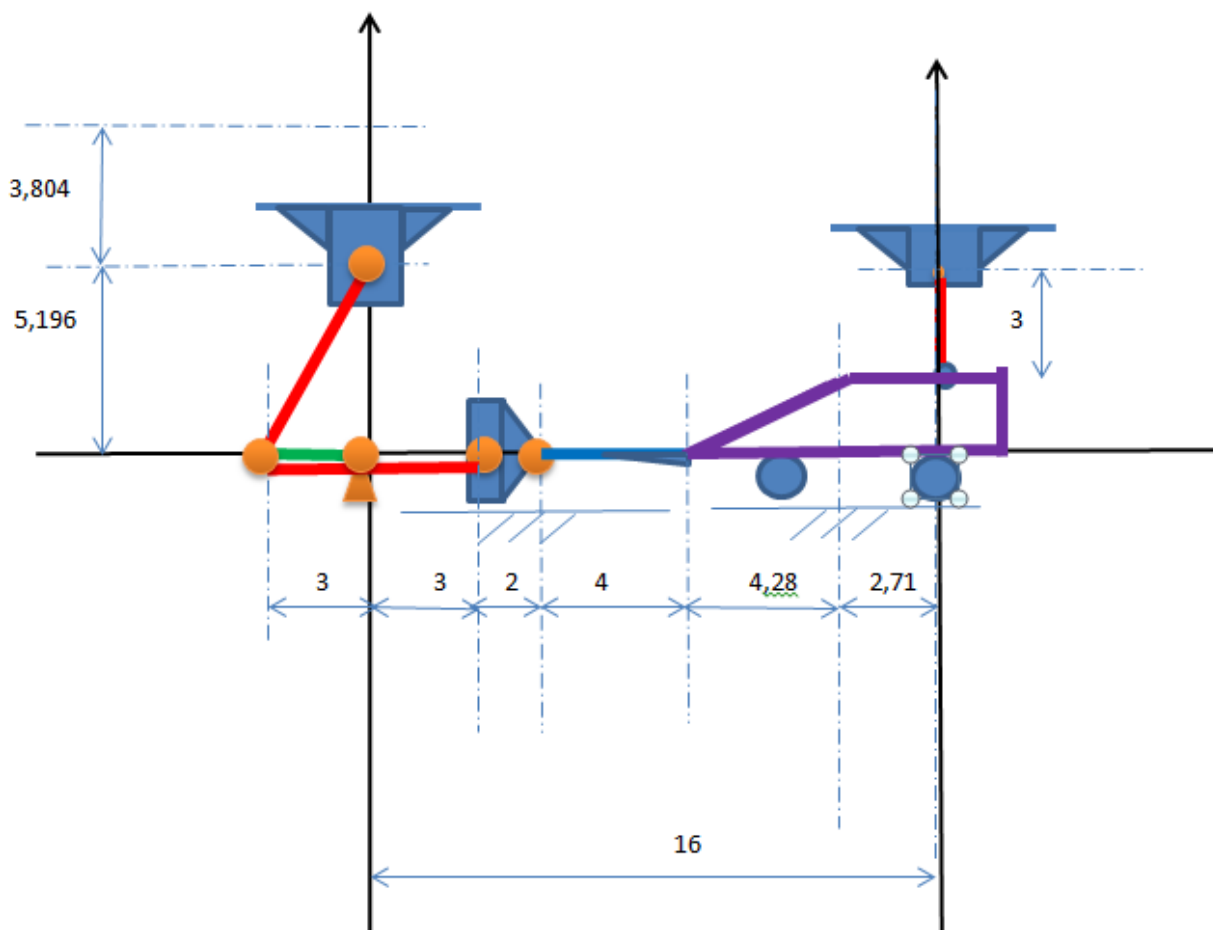


Fig. 13. Poziția caracteristică pentru deplasarea maximă spre stânga a camei

3.6.3. Elevatorul auxiliar prevăzut cu mecanism cu camă de translație și tchet de translație cu rolă

Parcarea robotizată prezentată include elevatorul principal și un elevator auxiliar, cuplat cu cel principal, cel din urmă conținând o parcare cu un număr redus de locuri și care este utilizat pentru situații deosebite. (solicitări care depășesc capacitatea elevatorului principal sau alte situații deosebite precizate anterior). Elevatorul auxiliar va fi executat ca un sistem ansamblu camă de translație- tchet de translație cu rolă și va putea fi decuplat de la elevatorul principal în cazul în care nu este necesară utilizarea momentană a acestuia sau spațial nu permite folosirea acestuia. [70].

Se are în vedere proiectarea unui sistem mecatronic de evacuare a vehiculelor staționate în parcare și care are în componere următoarele elemente:

- Un mecanism cu camă de translație și tchet de translație cu rolă care să ridice vehiculul împreună cu platforma pe care acesta staționează la o anumită înălțime egală cu platforma parcării auxiliare
- Un robot prevăzut cu o platformă care preia autovehiculul ridicat de către mecanismul cu camă și îl transportă la elevatorul principal sau în exteriorul parcării

În figura 14. sunt reprezentate elementele componente ale sistemului. Acestea sunt următoarele [43].:

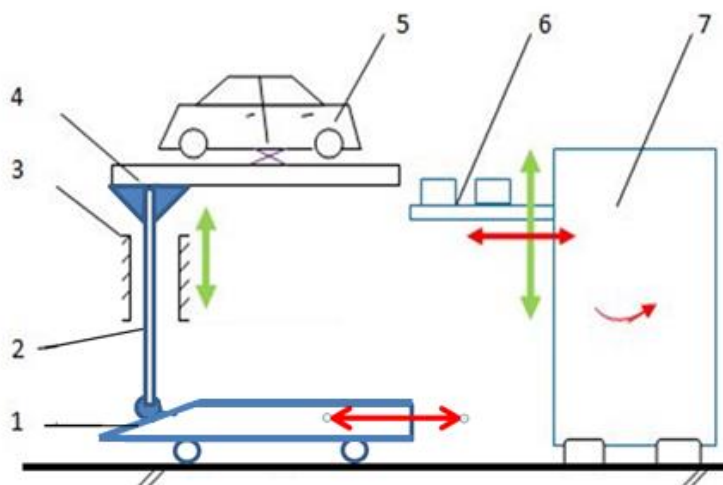


Fig.14. Elevatorul auxiliar și funcționarea acestuia

- 1) Cama de translație . [71].
- 2) Tchetul de translație cu rolă

- 3) ghidajul tachelului de translație (2) care se fixează prin asamblare nedemontabilă (sudare, nituire) sau demontabilă (cu șuruburi) de structura metalică a parcării (structura nu este reprezentată în figură) [31].
- 4) platforma sudată cu tachelul de translație (2)
- 5) autoturismul parcat
- 6) platforma robotului care acționează în faza a doua ridicarea autovehiculului 5 de pe platforma 4 prin introducerea pieselor de pe platformă în zona pragurilor autovehiculului
- 7) robotul 7 care se deplasează pe traseul circular sau eliptic perpendicular pe figură și care scoate din parcare autovehiculul 5 cu ajutorul platformei 6

În prima fază, cama de translație 1 se deplasează spre stânga și tachelul de translație 2 se deplasează vertical în sus împreună cu platforma 4, ridicând astfel autovehiculul 5 cu ajutorul elevatorului foarfecă în zona pragurilor de pe platforma parcării 4 pe care se găsește inițial acesta la o cotă mai mare decât înălțimea pieselor de ridicare din cauciuc de pe platforma 6 a robotului 7. În faza a doua, platforma orizontală reglabilă 6 a robotului 7 se deplasează spre stânga, aceasta se ridică, intrând în contact cu pragurile autoturismului și eliberând foarfeca de pe platforma 4 de greutatea autoturismului. Placa 6 se deplasează spre dreapta, având pe ea automobilul, iar ulterior robotul 7 și platforma acestuia 6 se deplasează pe traiectoria circulară în exteriorul parcării, eliberând la sol sau la un alt nivel al parcării principale autovehiculul iar cama 1 se deplasează spre dreapta, tachelul 2 realizând cursa de coborâre.

În cazul proiectării și realizării acestor sisteme prevăzute cu mecanisme cu came trebuie luate în considerare următoarele elemente:

- Regimul dinamic de funcționare
- Greutatea instalației
- Nivelul de vibrații și zgomotul admis
- Fiabilitatea instalației
- Costul componentelor
- Accesibilitatea comercială la componente
- Condițiile de exploatare și întreținere

Fiecare dintre acești factori induce unul sau mai multe elemente restrictive, rezultând în final un ansamblu care poate satisface toate cerințele impuse.

3.6.4. Mecanismul cu camă de translație și tachel de translație cu rolă. Elemente componente. Schema cinematică. Graful mobilității

Mecanismele cu came fac parte din categoria mecanismelor cu cuple superioare și inferioare și sunt formate în esență, dintr-un element profilat (în general conducător) - cama – care transmite prin contact direct, elementului condus – tachelul – o mișcare a cărei lege este determinată de profilul camei.

În cazul analizat pentru elevatorul auxiliar se consideră un mecanism prevăzut cu camă de translație și tachel de translație cu rolă, conform cu cel prezentat în figura 15 [76](pag.180) .

Acest mecanism include:

- 1- cama de translație

2- tachelul de translație

3- rola tachelului

Între elementele 1și 3 este cupla superioară de rototranslație.

Pentru a reduce fenomenul uzurii între camă și tachel, contactul dintre elemente se face prin profil cu canal.

Graful mobilității [75] (pag.390) este prezentat în figura 16, în care

1- cama de translație

2- tachelul de translație

3- rola tachelului

0- fundația

A- cupla superioară de rototranslație

B- cupla inferioară de rotație

$A_{0\infty}$ - cupla inferioară de translație la camă

$B_{0\infty}$ -cupla inferioară de translație la tachel

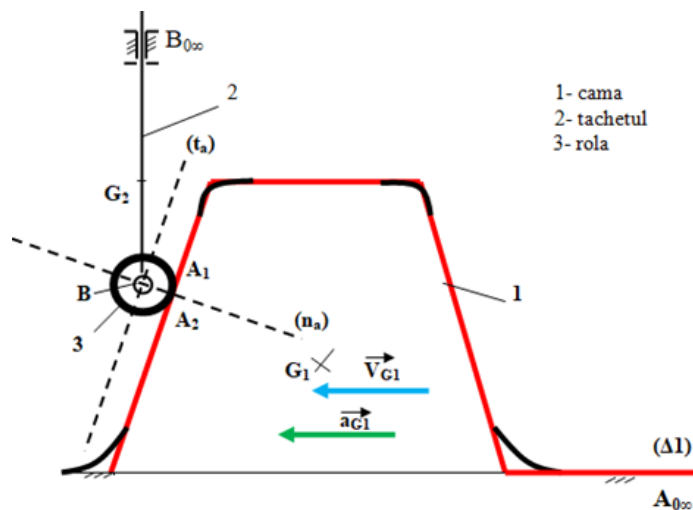


Fig.15 Schema unui mecanism cu camă de translație și tachel de translație cu rolă

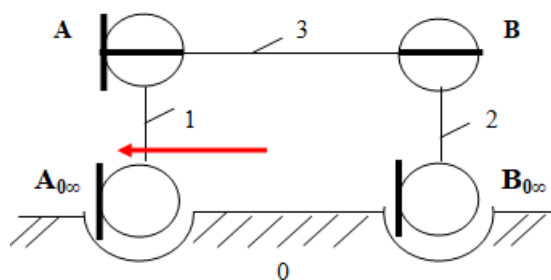


Fig. 16. Graful mobilității mecanismului cu camă de translație și tachel de translație cu rolă

În cazul mecanismului cu camă de translație și tchet de translație cu rolă din figura 15, rola 3 este un element cu mișcare de prisos, introdus în construcția mecanismului pentru a înlocui frecarea de alunecare cu frecare de rostogolire.[77]. Rola 3 se poate roti în jurul axei sale fără a influența caracterul mișcării mecanismului, iar din punct de vedere cinematic rola poate fi îndepărtată sau rigidizată fără a se perturba caracterul mișcării. [75](pag 248).

La determinarea mobilității mecanismului, cupla aceasta cu mișcare de prisos se exclude din calcul.

Gradul de mobilitate al mecanismului devine

$$M = 3m - 2i - s = 6 - 4 - 1 = 1$$

3.6.4.1. Criteriile de alegere a formei camei și legii de mișcare a tchetului

Se ia în considerare o analiză a solicitărilor asupra mecanismului prezentat și se poate trage concluzia că viteza camei trebuie limitată la o valoare minimă posibilă pe timpul funcționării.(78).

Un mecanism cu camă funcționează corespunzător dacă nu apare pericolul blocării tchetului. Această condiție se referă matematic la unghiul de presiune [51], astfel încât acesta să fie mai mic sau cel mult egal cu un unghi admisibil care are în general valoarea 30...40 grade. Se alege un unghi de presiune $\delta_a = 35^\circ$. (fig.17).

Pentru stabilirea legii de deplasare a tchetului se au în vedere criteriile de deplasare principale utilizate:

- realizarea unor forțe de inerție cât mai reduse dezvoltate de masa tchetului;
- realizarea unor forțe minime și constante care acționează din partea camei asupra tchetului;
- evitarea șocurilor în funcționare;

Cel mai important este primul criteriu. [77] (pag. 27). Variația forței de inerție este dependentă de variația accelerației tchetului și o mare importanță o prezintă tipul de discontinuitate asigurat de legea de variație a accelerației a tchetului. Între punctele de contact dintre camă și tchet se definesc accelerația maximă teoretică impusă de proiectant unui punct teoretic situat pe tchet în contact cu cama considerând tchetul și cama ca solide rigide și accelerația redusă maximă reală a aceluiași punct care diferă de cea teoretică datorită elasticității materialelor, apariția frecărilor și jocurilor sau toleranțelor de prelucrare. Raportul între cele două accelerații prezentate este coeficientul dinamic și pentru diagramele care nu prezintă salturi bruște de accelerație este egal cu 1.

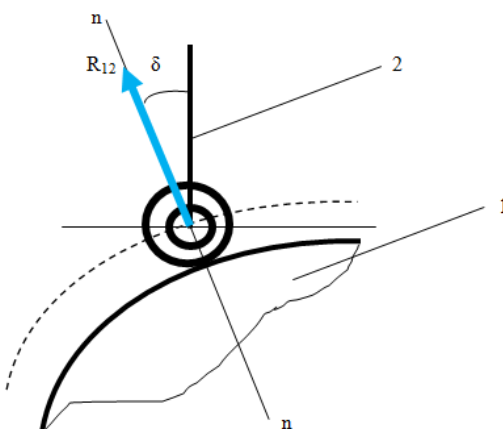


Fig.17. Unghiul de presiune $\delta_a= 35^0$

3.6.4.2. Studiul cinematic și cinetostatic al mecanismului cu camă de translație și tchet de translație cu rolă

Conform figurii 18., cama 1 transmite direct tchetului, prin intermediul cuplei superioare, o lege de mișcare care este imprimată de profilul camei. Se consideră legea de deplasare liniară a tchetului și profilul camei care este liniar.

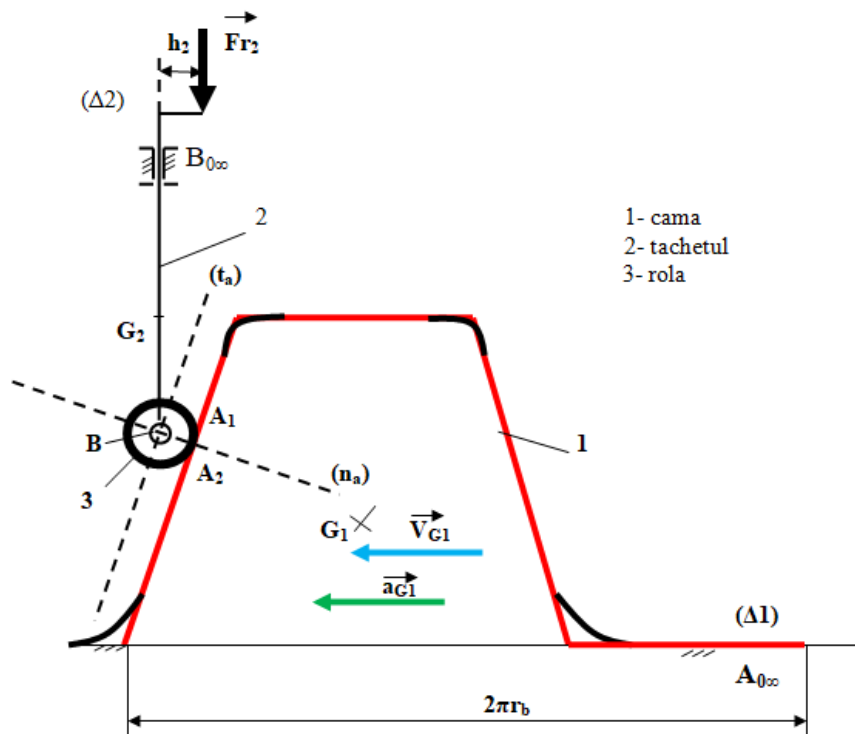


Fig. 18. Schema cinematică a mecanismului cu camă de translație și tchet de translație cu rolă

3.6.5. Stabilirea legii de deplasare a tachelului

În cazul mecanismului cu camă tema de proiectare se dă sub forma ciclogramei mișcării. De exemplu, pentru mecanismul cu camă de translație și tachel de translație cu rolă prezentat inițial (pentru deplasarea până la primul etaj de înălțime $h= 3\text{m}$ a elevatorului auxiliar), această se ia în considerare ciclograma prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1. Ciclograma mișcării în cazul mecanismului cu camă de translație și tachel de translație cu rolă utilizat la elevatorul auxiliar

Mișcarea tachelului	urcă $h= 3\text{m}$ (corespunzătoare pentru 1 etaj)	staționează	coboară $h= 3\text{m}$ (corespunzătoare pentru 1 etaj)	staționează
Legea de mișcare a tachelului	liniară			
Deplasarea camei (corespunzătoare unghiului)	$\varphi_1= 60^0$	$\varphi_2= 120^0$	$\varphi_3= 60^0$	$\varphi_4= 120^0$
Unghiul de presiune admisibil	$\delta_a= 35^0$			

Pentru a putea adopta o anumită lege de mișcare a tachelului trebuie realizată o anumită analiză comparativă între anumite legi de deplasare.

Astfel, se împarte fiecare unghi de deplasare al camei într-un anumit număr de poziții x . Cu cât numărul pozițiilor crește, cu atât graficele trasate vor fi mai apropiate de realitate.

În continuare se va ține seama de fiecare lege de mișcare a tachelului pentru determinarea funcțiilor de transmitere s , s' , s'' (deplasările, vitezele reduse și accelerațiile reduse) pentru fiecare fază.

Se analizează mai multe legi de deplasare ale tachelului, trăgând anumite concluzii. Se utilizează în final legea de deplasare liniară care prezintă următoarele caracteristici:

Tachelul are în acest caz o mișcare uniformă și este preferată legea pentru mecanismele care funcționează cu turații sau viteze reduse, în conformitate cu cazul cercetat.

În punctele de racordare ale profilelor de ridicare și coborâre ale tachelului, la schimbarea fazei de mișcare a acestuia, vitezele fac un salt finit iar accelerațiile fac salturi teoretic infinite (în realitate sunt valori foarte mari) care generează șocuri dure în mecanism. Pentru evitarea acestor șocuri, profilele se racordează prin curbe de racordare parabolice sau sinusoidale.

4 CERCETĂRI REFERITOARE LA VERIFICAREA FLAMBAJULUI ELEMENTELOR ELEVATORULUI. DIMENSIONAREA BIELELOR ȘI LAGĂRELOR

4.1. Flambajul tijeii tachelului de translație cu rolă în cazul elevatorului auxiliar

Inițial a fost încercată posibilitatea utilizării unei singure tije pentru tachelul elevatorului auxiliar. În această situație, masa autoturismului și masa tijeii acționează asupra tijeii, solicitând-o la compresiune și la flambaj. Pentru a realiza verificarea la flambaj a tijeii tachelului a fost elaborat un program de calcul în Visual Basic cu ajutorul căruia au fost obținute rezultatele prezentate.[84] ,[85](pag.340).

Datele luate în considerare sunt în acest caz forța de acționare asupra tijeii (greutatea unui autoturism mare), lungimea tijeii, modulul de elasticitate al oțelului, coeficientul de zveltețe caracteristic pentru oțel de îmbunătățire, coeficientul de siguranță , caracteristicile de material E , σ_c , σ_p , λ_0 , λ_1 și a , b (din formula Tetmajer-Iasinski).

Au fost obținute rezultatele cu ajutorul unui program în Visual Basic din care se trag următoarele concluzii:

Nu se poate utiliza materialul ales pentru cotele prezentate în figură deoarece coeficientul de zveltețe rezultat din calcul ($\lambda = 40,02$) este mai redus decât cel caracteristic materialului ales ($\lambda = 100$). Dacă se utilizează un material foarte scump (un oțel aliat Cr- Mo) rezultă aceeași problemă (coeficientul de zveltețe calculat $\lambda = 40,02$ este mai redus decât al materialului $\lambda = 55$). Aceeași problemă se manifestă și dacă se utilizează o tijă cu diametru foarte mare care conduce la îngreunarea mecanismului.

Soluția nu se poate adopta și deci trebuie utilizat în mod obligatoriu un model de calcul cu mai multe tije.

Pentru diminuarea forței axiale verticale care acționează tijeii tachelului de translație se adoptă în acest caz un sistem format din mai multe tije verticale paralele echidistante (2 sau 4), fiecare acționând asupra camei de translație.(fig.19).

Platforma (1) este solidarizată cu tijele tachelului (2) cu ajutorul unor elemente triunghiulare pentru a evita o deformare sau o rupere a acestora în timpul funcționării. În zona rotelor tachelului se va introduce o osie (3) care va solidariza ansamblul. (fig.19). Osia (3) este introdusă în ansamblu pentru a evita o deplasare diferită a tijelor în timpul urcării sau coborârii tachelului pe planul înclinat al camei și este fixată lateral prin intermediul unor flanșe fixate cu șuruburi care constituie un ansamblu. Dimensiunea acestui ansamblu va fi luată în considerare la calculul lățimii totale a camei.

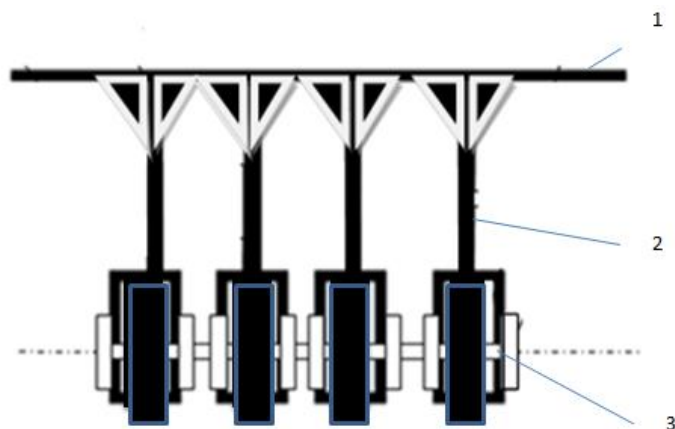


Fig. 19. Sistemul de tije paralele care acționează asupra camei de translație

Utilizând acest sistem din figura 19 obținem rezultatele realizate cu ajutorul programului de calcul și care reprezintă varianta optimă pentru utilizare.

4.2. Stabilirea lățimii de contact între rolele tachelului și cama de translație

Lățimea camei se alege ca fiind mai mare decât lățimea de contact minimă determinată prin calcul înmulțită cu numărul roletelor tachelului aflate în contact cu cama și va fi obligatoriu mai mare decât suma diametrelor tijelor tachelului care acționează asupra camei. [79] (pag .346). Ținând cont de dimensiunile tijelor ($d=150$ mm), de placarea cu bronz a zonei de contact dintre rolele tachelului și camă pentru a obține rezultatele prezentate și de cotele laterale necesare pentru flanșele existente prezentate, în acest caz se adoptă lățimea $B= 1000$ mm.

În acest caz a fost elaborat un program de calcul în Visual Basic cu ajutorul căruia au fost obținute rezultatele prezentate.

Calculul lățimii de contact se realizează ținând cont de condiția de rezistență a camei la solicitarea hertziană de contact. Acest calcul se realizează pentru varianta unui sistem cu 4 tije.

Datele și rezultatele sunt prezentate în program.

4.3. Calculul la flambaj a tijeii elevatorului principal

În acest caz tija elevatorului are o dimensiune mai mare (echivalentă cu două etaje ale parcurii). Analizând modelul tijeii elevatorului auxiliar se poate adopta și în acest caz un model de elevator cu o singură tijă sau un model cu mai multe tije.

Analog modelului de calcul pentru tija tachelului elevatorului auxiliar, în acest caz diferă doar lungimea tijeii. Rezultă valorile prezentate în programul realizat.

În această situație, diametrul care rezultă din calcul $d_b = 104,8 < 200$ mm, iar coeficientul de zveltețe $\lambda = \frac{hn}{d_b} = 57,2 > 55$ pentru oțelul ales, deci acest material se poate folosi. Ținând cont de faptul că materialul pentru care a fost realizat calculul este un oțel aliat și deci scump, se are în vedere realizarea unui sistem format din 2 tije, analog cu cel din cazul elevatorului auxiliar.

4.4. Determinarea masei camei

Se determină centrul de greutate a camei de translație, împărțind această piesă în două elemente componente. [87]. Cotele centrului de greutate se obțin cu ajutorul unei aplicații realizate cu ajutorul programului Visual Basic.

Pentru determinarea masei camei de translație se utilizează un model care include o platformă superioară de lungime l_1 , o platformă inferioară de lungime l_2 , un plan înclinat sub unghiul α pe care urcă și coboară rola tachelului de translație și stâlpi de susținere plasați între platformele orizontale. Lățimea plăcilor este l_3 , iar grosimea acestora este a . Calculul este realizat cu ajutorul unei aplicații în Visual Basic.

4.5. Dimensionarea elementelor mecanismului parcării.

4.5.1. Manivela, pistonul și culisorul

În cazul manivelei se determină viteza unghiulară a acesteia și constanta elastică a acesteia, iar în cazul culisorului și pistonului se adoptă masele acestora.

4.5.2. Dimensionarea bielelor ținând cont de condițiile de rezistență și rigiditate

Cele două biele se dimensionează în două variante, ținând cont atât de condiția de rezistență, cât și de cea de rigiditate. Pentru dimensionare se utilizează o valoare a forței axiale care acționează asupra bielei compusă din greutatea pistonului și greutatea maximă a unui autoturism care se află pe platformă. Bielele sunt identice, au secțiuni circulare și sunt construite din oțel OLC 50 tratat termic [84] (pag 26) .

Datele și rezultatele dimensionării bielelor sunt prezentate în programul Visual Basic.

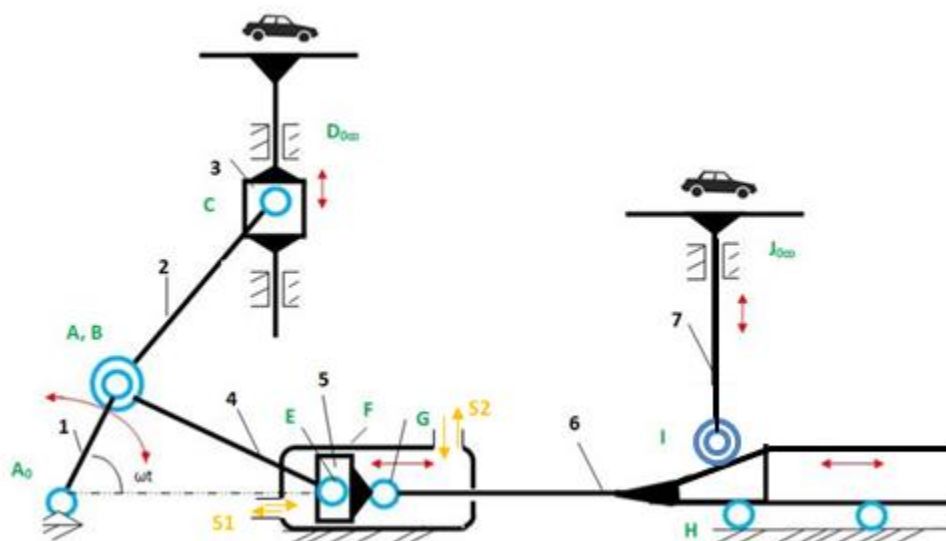


Fig.20. Mecanismul parcurii prevăzut cu două elevatoare

4.5.3. Flambajul bielor. Verificarea bielor la flambaj

Referitor la mecanismul din figura 20 se analizează comportamentul la flambaj al bielor [85] luând în considerare următoarele ipoteze de verificare la flambaj:

- Biелеle sunt bare drepte solicitate la compresiune
- Biелеle sunt bare zvelte (biелеle sunt bare de lungime mare în comparație cu dimensiunile secțiunii transversale)
- Forma de echilibru a barelor comprimate poate fi stabilă sau instabilă, utilizând relații de calcul diferite pentru fiecare situație în parte

Mecanismul prezentat în figura 20 include două biеле. Se consideră că acestea sunt bare drepte care satisfac modelul barei articulate la ambele capete (în articulațiile A și C pentru biela 2, respectiv în articulațiile B și E pentru biela 4). În acest caz lungimea de flambaj $l_f = L$. (L este lungimea bielei).

Sub acțiunea forțelor de compresiune aplicate în cazul bielor acestea se deformează, iar la o anumită valoare a acestor forțe biелеle trec din starea de echilibru stabil în cea de echilibru nestabil, mărimile acestor forțe reprezentând forțele critice de flambaj.

Datele și rezultatele dimensionării bielor la flambaj sunt prezentate în program Visual Basic.

4.6. Lagărul radial de alunecare al rolei tchetului de translație

Se consideră ansamblul format din cama de translație și tchetul de translație cu rolă [88], prezentat în figura 21.

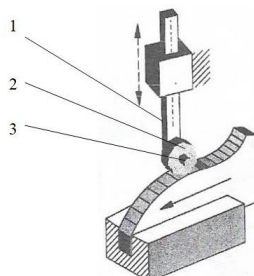


Fig.21. Ansamblul format din cama de translație și tchetul de translație cu rolă

Între tija tchetului (1) și rola tchetului de translație (2) se găsește osia (3) care este supusă la încovoiere. Împreună cu rola (2) această osie formează un lagăr radial de alunecare, osia reprezentând fusul, iar la interiorul rolei existând cuzinetul lagărului. Acesta este o cuplă cinematică unde trebuie luat în considerare procesul tribologic (care include frecare, uzură, ungere și răcire). [108] (pag 26).

Pentru a putea calcula lagărul cu alunecare trebuie avute în vedere tipul mașinii de lucru, materialul fusului (osia de legătură între rolă și tijă), diametrul osiei, viteza periferică a rolei, forța aplicată lagărului și felul ungerii lagărului (lichidă, mixtă sau uscată). [89] (pag. 108).

Pentru a putea evalua posibilitatea utilizării unui anumit material în situația realizării lagărului se are în vedere utilizarea unui grafic- abaca ARO 10 prezentat în lucrare.

Se au în vedere prescripțiile de gabarit ale fusului (coeficientul de gabarit), prescripțiile mașinii utilizate (lagărul este utilizat la mașină de ridicat) și restricțiile cuzinetului (restricția cinematică pentru evitarea uzurii excesive a materialelor pieselor, restricția dinamică în vederea asigurării presiunii de contact optime și evitarea expulzării lubrifianului și restricția energetică referitoare la limitarea puterii specifice și evitarea încălzirii excesive a materialului.). Se ia în considerare ungerea lagărului (uscată, mixtă sau fluidă).

Dintre toate materialele prezentate în tabloul materialelor din abaca ARO 10 se va reține în urma calculelor, având în vedere toate restricțiile enumerate, doar cel care îndeplinește toate condițiile necesare pentru a fi folosit.

Datele și rezultatele obținerii unui material pentru lagărul cu alunecare sunt prezentate în program.

În situația în care nu se poate utiliza un lagăr cu alunecare din cauza problemelor care pot apărea datorită materialelor cuzinetului sau ungerii se va utiliza un ansamblu de lagăre cu rostogolire (rulmenți).

5 STUDIUL VIBRAȚIILOR MECANISMULUI PARCĂRII

5.1. Cauzele vibrațiilor camei de translație și tachelului de translație cu rolă

Vibrațiile sunt mișcări alternative efectuate de sistemul mecanic în raport cu starea de referință, fiind provocate de forțe perturbatoare ale căror mărimi, direcții sau puncte de aplicație variază în timp. [89], [90]

Mecanismul elevatorului auxiliar este un sistem complex care efectuează o serie de mișcări alternative, în jurul poziției de echilibru. La pornire și oprire, acesta trece prin regimuri tranzitorii de funcționare, apărând astfel vibrații în funcționare.

Deplasarea totală de mișcare a mecanismului elevatorului secundar (t_t) cuprinde o fază de pornire, o fază de regim și o fază de oprire. În faza de pornire (t_p), crește viteza elementului conducător de la zero la o valoare caracteristică fazei de regim. În faza de regim (t_r), viteza elementului conducător oscilează în jurul unei valori medii constante (v_m) caracteristice valorii acestei faze. În faza de oprire (t_o), viteza elementului conducător scade de la valoarea medie a fazei de regim la zero. Graficul variației vitezei elementului conducător funcție de timp reprezintă tahograma mișcării. [91].

Cauzele vibrațiilor întâlnite la mașini și utilaje sunt foarte diverse [92]. Acestea sunt legate de:

- forțele de inerție care apar în timpul funcționării mecanismelor
- forțe variabile la pornire- oprire și șocuri
- inexactități în execuție sau montaj
- uzuri sau defecțiuni de funcționare

Un sistem elastic este determinat atunci când sunt cunoscute:

1. masa sistemului
2. proprietățile elastice ale sistemului care sunt date de caracteristicile elastice ale elementelor deformabile din sistem. Dacă relația între deformația elementului elastic și efortul care o provoacă este de proporționalitate, atunci elementul elastic este liniar și poate fi caracterizat printr-o constantă elastică

Elevatorul auxiliar este un sistem complex care execută, în mod alternativ, o serie de mișcări în jurul unei poziții de echilibru. La pornirea și la oprirea sistemului, acesta trece prin regimuri tranzitorii de funcționare, apărând astfel vibrații în funcționare.

5.2. Modelele utilizate pentru determinarea pulsațiilor proprii în cazul vibrațiilor libere și forțate ale tachelului de translație al parcării robotizate

5.2.1. Calculul primei pulsații proprii a tachelului de translație pentru modelul sistem masă- arc

Cel mai simplu sistem vibrator constă dintr-o masă atașată unui arc liniar, conform figurii 22. Când mișcarea poate fi descrisă de o singură coordonată, sistemul are un singur grad de

libertate. Utilizând acest model simplu, se pot introduce concepte de bază ca frecvența proprie și rezonanța. În timpul vibrațiilor, energia mecanică se disipează prin amortizare. Aceasta limitează amplitudinea mișcării la rezonanță, descrește amplitudinea vibrațiilor libere, și introduce defazaje între răspuns și excitație. Măsurarea amortizării este importantă deoarece ea nu poate fi calculată ca celelalte două proprietăți, masa și rigiditatea. [102] [103].

Pentru calculul pulsației proprii a sistemului format din tija tachelului și masa totală a sistemului cu ajutorul acestui model trebuie cunoscute secțiunea tijei, modulul de elasticitate a tijei, lungimea tijei tachelului și masa totală a sistemului (tijele, platforma de staționare a autovehiculului și masa autovehiculului).

Rezultă constanta elastică a tijelor și pulsația proprie a sistemului, conform modelului din figura 22.

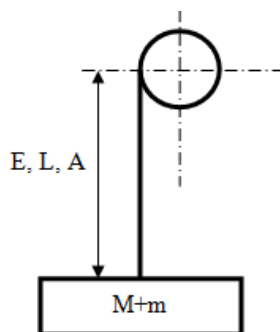


Fig. 22 Modelul elevatorului ca sistem cu un grad de libertate

5.2.2. Calculul primei pulsații proprii a tachelului de translație cu ajutorul metodei Dunkerley

Spre deosebire de metoda anterioară, cu ajutorul metodei Dunkerley [105] (pag.194) sistemul este descompus în două elemente diferite, fiind mai aproape de cazul real conform figurii 23 [104] (pag 139).

Rezultă pulsația proprie a sistemului.

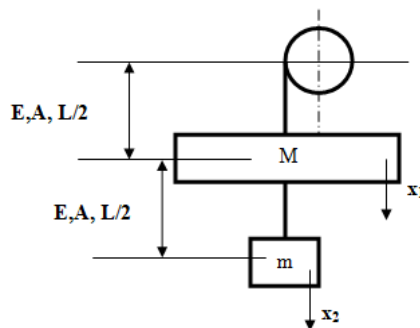


Fig 23 Modelul elevatorului utilizat în calculul cu metoda Dunkerley

5.2.3. Calculul primei pulsații proprii a tachelului de translație cu ajutorul metodei Vereșceaghin

Vibrațiile produse de un elevator în timpul funcționării se transmit sub formă de unde elastice.

Pentru determinarea pulsației proprii se poate utiliza metoda forțelor de inerție cu ajutorul matricei de flexibilitate.

Se consideră elevatorul ca fiind o bară încadrată la partea inferioară, modelată ca în figura 24. Diagrama unitară este prezentată în partea dreaptă a figurii. [106] (pag 84) .

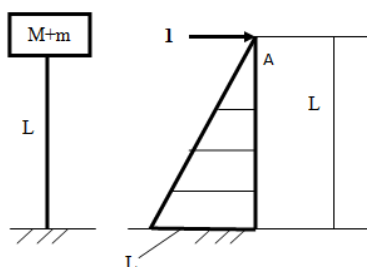


Fig.24. Modelul utilizat în calculul primei pulsații proprii cu ajutorul metodei lui Vereșceaghin

Se iau în calcul modulul de elasticitate, lungimea tijei, masa tijelor și rolelor, masa autoturismului, diametrul exterior al tijei, diametrul interior al tijei, raportul între diametrul diametrul interior și cel exterior, aria secțiunii unei tije .

Pentru cele 4 tije de secțiune inelară secțiunea formată din 4 tije este prezentată în figura 25. Pentru calculul momentului de inerție al sistemului față de verticala OY din figura 25 se consideră cele 4 tije ca fiind tangente.

Rezultă pulsația proprie a sistemului.

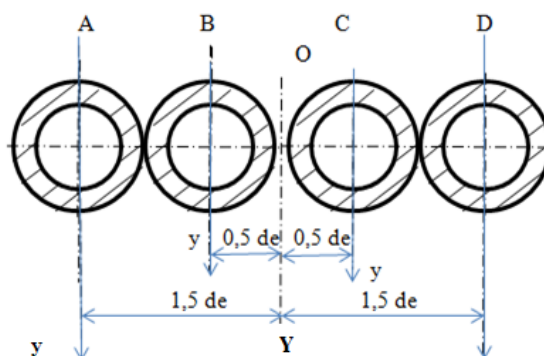


Fig.25. Secțiunea celor 4 tije care acționează tachelul în vederea calculului momentului de inerție

5.2.4. Modelul sistemului continuu în cazul tachelului de translație

Spre deosebire de modelele anterioare care identifică sistemul ca fiind format din mase concentrate, acest model este aproximat ca fiind un sistem continuu, forțele de inerție fiind distribuite în tot volumul și nu doar în punctele unde există mase concentrate. Se realizează un model pentru mecanismul de ridicare al parcurii Multiparker, considerat ca fiind compus dintr-o bară continuă și omogenă de lungime L , modul de elasticitate E , secțiune S și densitate d încastrată la bază. Pe aceasta se deplasează elevatorul pe direcție verticală, ridicând respectiv coborând autoturismul de masă m , considerat ca fiind masă concentrată aflată la extremitatea superioară a barei (fig.26). Avantajul acestei metode este acela că se pot determina mai multe pulsații proprii în cazul vibrațiilor libere pentru această bară. [104].

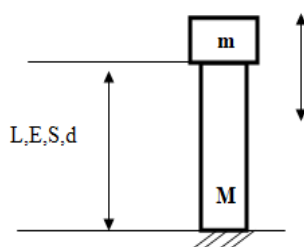


Fig. 26. Modelul sistemului continuu pentru determinarea pulsației proprii a elevatorului principal

Se mai utilizează ca posibilități de determinare a primei pulsații proprii a sistemului tachel de translație și modelul utilizat la Codul de Proiectare Seismică sau modelul atașării unui vibrator.

Pulsațiile proprii determinate cu ajutorul modelului sistemului continuu sunt obținute cu ajutorul unui program în Visual Basic.

5.2.5. Comportarea tachelului de translație sub acțiunea unei sarcini de natura unei explozii sau cutremur

Se consideră o forță exercitată de explozie sau cutremur de forma celei prezentate în fig. 27. Pentru a ușura modul de calcul, se consideră că elevatorul auxiliar de masă m_{tot} , este supus unei forțe determinate de o explozie de forță inițială care variază liniar, de la valoarea maximă F_0 la momentul $t = 0$ la valoarea $F = 0$ la momentul t_0 , astfel încât ariile definite de cele două curbe să fie egale. [105] (pag 83).

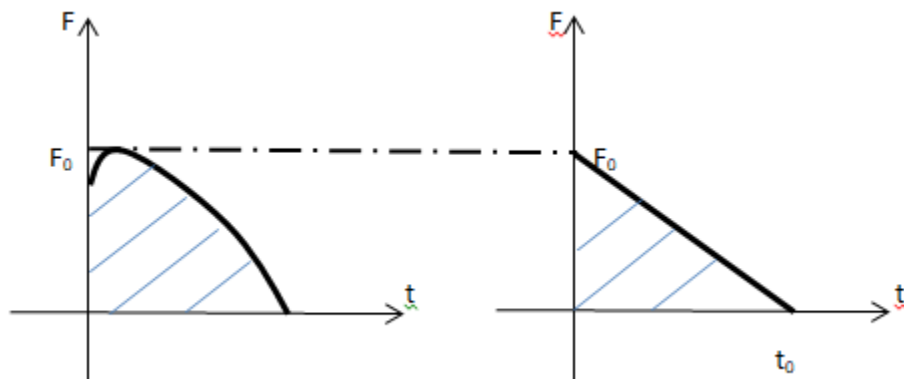


Fig. 27. Echivalarea forței de acțiune a unei explozii cu un model liniar

Rezultă o funcție de răspuns la impuls, adică o deplasare a masei de forma $x(t)$, funcție de masa m_{tot} , pusația proprie ω_0 , t_0 , care este de forma celei din figura 28. Din grafic rezultă când are loc deplasarea maximă a elevatorului în timpul acțiunii forței perturbatoare față de poziția de echilibru în raport cu explozia, care este amplitudinea acestei deplasări, faptul că semnalul este periodic și cum variază acesta în timp.

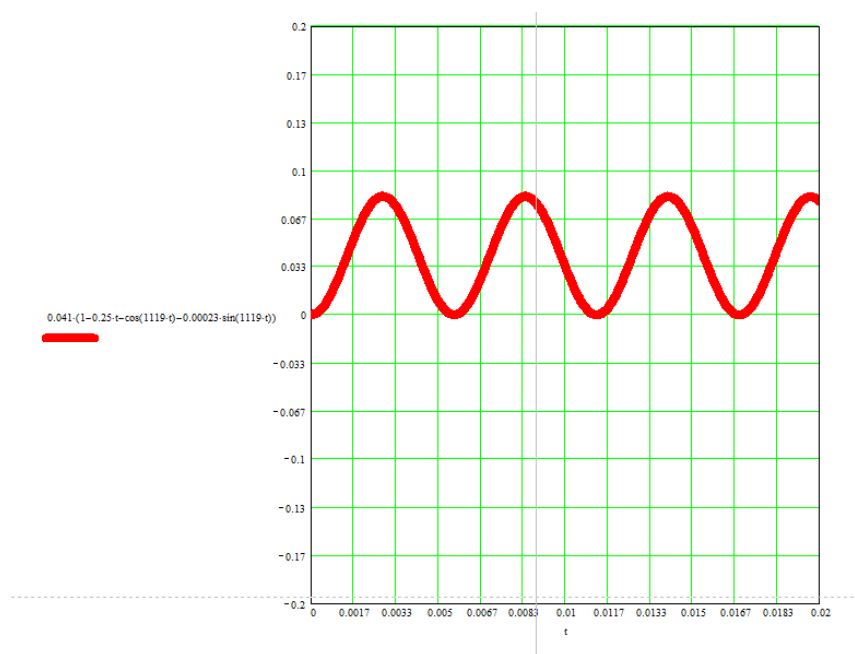


Fig. 28. Graficul funcției de răspuns la impuls

În mod analog se determină și valorile pentru elevatorul principal.

5.2.6. Concluziile legate de vibrația unui sistem. Analiză comparativă

Concluziile referitoare la utilizarea mai multor modele pentru determinarea pulsațiilor proprii sunt următoarele:

- Pulsațiile proprii determinate sunt influențate mult de modelul adoptat pentru sistem. Nicio pulsație proprie nu poate fi considerată exactă pentru sistem deoarece modelul nu include toate elementele existente în realitate.
- Modelul Versceaghin și modelul analizei seismice fac referire la formule empirice și rezultatele obținute sunt cele mai reduse și pot fi luate în calcul în cazul unei cercetări experimentale pentru evitarea rezonanței
- Modelul sistemului continuu este cel mai apropiat de realitatea constructivă pentru o structură omogenă și oferă cel mai mare număr de pulsații proprii. Acesta este cel mai apropiat de realitate în calcul pentru evitarea rezonanțelor.
- Se poate considera că valorile cele mai apropiate de realitate sunt cele care rezultă din calculul cu ajutorul modelului masă-arc, Dunkerley, sistemului continuu.
- Trecerea prin rezonanță trebuie să se facă rapid. Parcarea va fi astfel realizată și exploatată astfel încât în funcționarea normală să nu genereze zgomote sau vibrații susceptibile de a afecta sănătatea sau liniștea utilizatorilor clădirilor învecinate (peste limitele admise în reglementările tehnice).

5.3. Vibrațiile de încovoiere a bielor

Toate elementele incluse în mecanismul parcării reprezintă sisteme elastice. Bielele execută diverse mișcări de ridicare sau coborâre, trecând din pozițiile de echilibru în cele de mișcare plan- paralelă. Datorită acestor mișcări plan- paralele, sub acțiunea forțelor perturbatoare, la pornire și la oprire, apar mișcări oscilatorii în afara zonei de echilibru denumite vibrații de încovoiere. Toate aceste elemente ale mecanismului sunt supuse vibrațiilor, inclusiv lichidul hidraulic existent în cilindru.

Pentru secțiunea circulară a bielor adoptată, se iau în considerare următoarele mărimi de calcul:

- Diametrul bieiei
- Lungimea bieiei
- Densitatea oțelului
- Modulul de elasticitate longitudinal al oțelului utilizat
- Constanta de amortizare

Rezultă astfel :

- masa bieiei pentru secțiune circulară
- momentul de inerție polar
- constanta elastică pentru secțiune circulară
- pulsația proprie a bieiei

Datele și rezultatele calculului în absența amortizării ($c=0$) sunt prezentate în program Visual Basic.

5.4. Vibrația camei de translație

Cama de translație execută mișcări alternative de du-te vino, la pornire sau la oprire trecând astfel din poziția de staționare în cea de deplasare cu accelerații sau decelerații diferite.

Forțele de inerție și cele de frecare constituie în aceste situații factori perturbatori care conduc la apariția vibrațiilor sistemului format din camă și tchet de translație cu rolă.

Pentru a putea reduce uzura și influența negativă a vibrațiilor datorate forțelor de frecare se apelează la utilizarea roților între camă și batiul pe care aceasta se deplasează, micșorând astfel coeficientul de frecare prin trecerea de la frecarea de alunecare la frecarea de rostogolire.

Datele și rezultatele calculului sunt prezentate în program Visual Basic.

5.4.1. Vibrația camei de translație și a pistonului orizontal în timpul funcționării

În timpul funcționării întregului mecanism, la deplasările alternative rectilinii participă atât cama de translație, cât și pistonul care se găsește în cilindrul cu lichid. Devine astfel necesară determinarea unei pulsații proprii a sistemului format din cele două elemente, considerând următoarele ipoteze de lucru:

- Cele două platforme pe care se află automobile nu funcționează totdeauna simultan
- Vitezele de ridicare sau de coborâre ale platformelor (pistonul vertical și tchetul de translație cu rolă) sunt foarte reduse (5 cm/s)
- Masele sistemelor sunt mari (peste 1 tonă)

Pentru a putea determina pulsația proprie cea mai redusă a sistemului se utilizează metoda lui Dunkerley. [105] (pag.194).Se consideră modelul prezentat în figura 29.

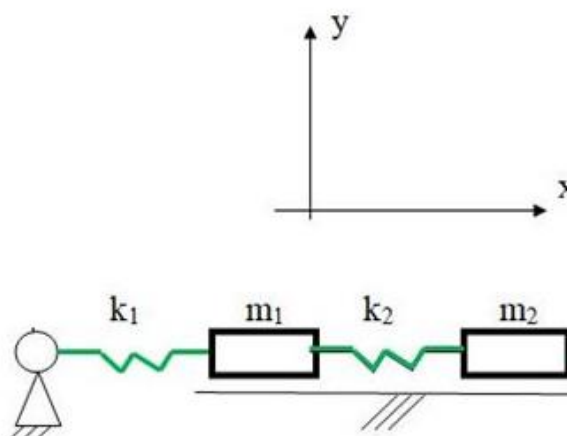


Fig.29. Modelul adoptat pentru determinarea pulsației proprii a sistemului care se deplasează orizontal

Luând în considerare masa pistonului, masa camei de translație împreună cu masa tijei de cuplare, constanta elastică a arcului echivalent și coeficientul de amortizare vâscoasă rezultă, în cazul adoptării unui sistem orizontal identic cu cel prezentat în figura 29, pulsația proprie a mișcării relative a sistemului și valoarea critică a coeficientului de amortizare. Cu cât coeficientul de amortizare vâscoasă crește, cu atât scade pulsația oscilației amortizate a sistemului. [112].

5.4.2. Acțiunea unei vibrații aleatoare asupra unei tije a elevatorului principal

Se ia în considerare acțiunea unei unde verticale sub acțiunea unui seism care produce o perturbație de forma celei prezentate în figura 30.

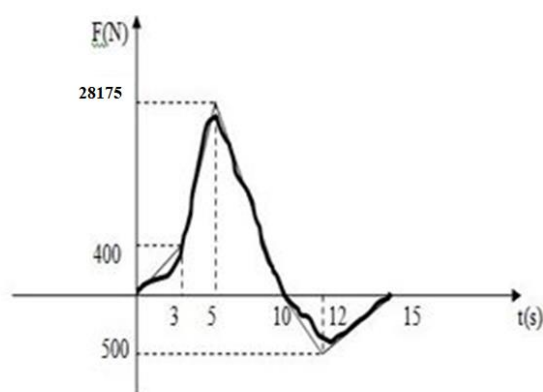


Fig.30. Acțiunea unei forțe de natura unui seism asupra unui elevator- forma reală

Având în vedere forma complicată a perturbației, de forma unei vibrații aleatoare, se ia în considerare, pentru simplificare, aproximarea acesteia cu o sumă de funcții liniare de forma celei prezentate în figura 31.

Impulsul produs de forță asupra elevatorului (valoarea numerică a funcției de răspuns la impuls) se calculează pe baza aproximării integralelor cu ajutorul metodei trapezelor.

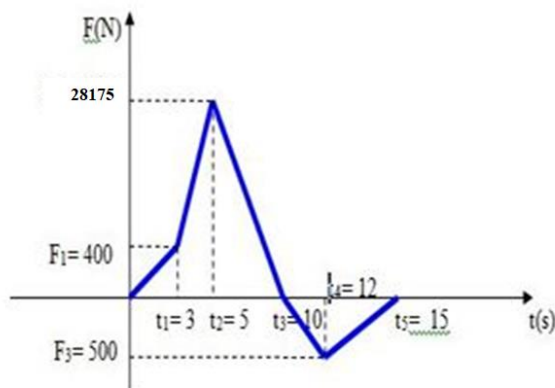


Fig.31. Acțiunea unei forțe de natura unui seism asupra unui elevator- model liniarizat

Pentru simplificare, variația forței seismului poate fi echivalată cu o dreaptă având forma celei din figura 32, timpul t_0 fiind determinat astfel încât ariile definite de cele două semnale să fie egale, modulul amplitudinii (valoarea vârf- vârf) F_0 , fiind aceeași în ambele situații. [105] (pag. 83).

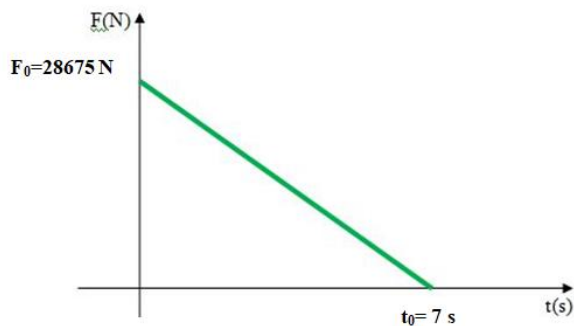


Fig.32. Variația forței seismului pentru simplificare. Determinarea timpului de acțiune a seismului

Rezultă funcție de răspuns la impuls de forma celei din fig. 33.

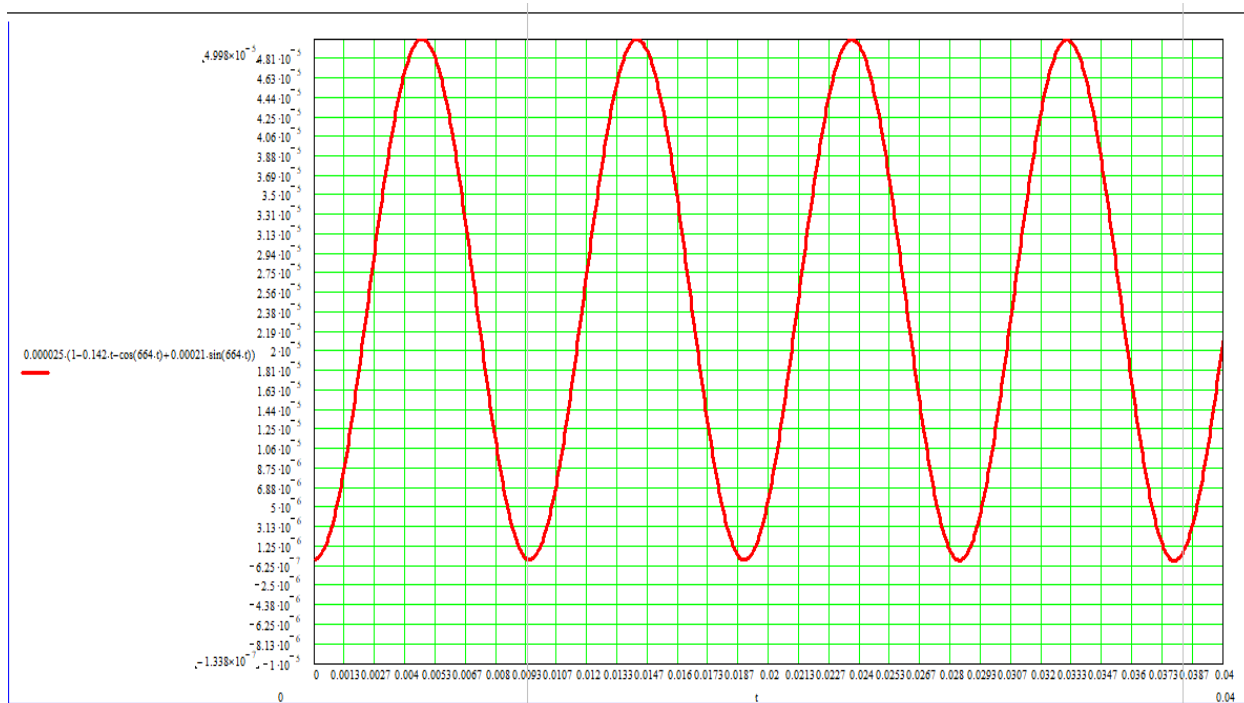


Fig.33. Deplasarea în cazul elevatorului principal considerând forța ca semnal de intrare

6 CONCLUZII, CONTRIBUȚII ORIGINALE, PERSPECTIVE DE DEZVOLTARE ULTERIOARĂ ȘI DISEMINAREA REZULTATELOR

6.1. Concluzii generale. Beneficiarii cercetării.

Obiectivul principal al cercetărilor dezvoltate în cadrul acestei teze de doctorat, este realizarea unor parcări pe teritoriul orașului București, dotate cu sisteme mecatronice, pentru deplasarea și poziționarea vehiculelor în parcare, în condiții de deplină siguranță.

În urma studiilor și documentării efectuate, au rezultat o serie de concluzii, din care redăm următoarele:

- Creșterea continuă a numărului de autovehicule aflate în proprietatea locuitorului orașului București, la care se adaugă acelea care staționează temporar pe teritoriu, impune ca o primă necesitate, construirea unor parcări moderne, care să asigure eliberarea carosabilului de unele autovehicule parcate ilegal.
- Parcărilor trebuie să îndeplinească următoarele condiții [114];
 - siguranța și fiabilitatea construcției acesteia;
 - amplasarea într-o zonă accesibilă;
 - să aibă o capacitate cât mai mare;
 - să fie posibilă ventilarea parcării;
 - nivelurile de zgomot și vibrații să nu perturbe activitatea din zonă;
 - asigurarea alimentării cu energie electrică în orice situație;
 - amprentă redusă la sol, ținând cont de spațiile disponibile.
- Ținând cont de de aceste considerente, se consideră că amplasarea unor parcări deasupra și în lungul râului Dâmbovița, se încadrează în dezvoltarea urbanistică a orașului București.
- Pentru asigurarea parcării unui număr cât mai mare de autovehicule, este recomandată construcția unor parcări supraetajate.
- Ținând cont de cerințele manifestate pe plan mondial, aceste parcări trebuie dotate cu echipamente mecatronice, un rol important în cadrul acestora, prezentându-l elevatoarele multifuncționale.

Beneficiarii realizării unor astfel de parcări, sunt:

- Posesorii de autoturisme;
- Firmele de proiectare;
- Autoritățile publice;
- Institutele de cercetare în domeniul construcțiilor;
 - Institutele cu profilul în domeniul arhitecturii;
 - Universitățile cu profil mecanică, construcții și arhitectură;
 - Companiile producătoare de materiale de construcții;
 - Firmele de comercializare a materialelor de construcții.

6.2. Contribuții originale

Dintre contribuțiile originale aduse prin tema de doctorat se pot enumera:

- Analiza critică a tipurilor de parcare existente în București și selectarea unei soluții moderne, care să corespundă numărului mare de autovehicule, aflat în continuă creștere;
- Realizarea în premieră, a unui sondaj de opinie bazat pe interviuarea unui număr de 107 respondenți, referitor la necesitatea dezvoltării parcului de autoturisme din Municipiul București, locul de amplasare a unor noi parcări și dotarea acestora cu sisteme moderne de telemonitorizare și telecontrol;
- Efectuarea unei analize comparative privind posibilitățile de realizare a unor tipuri diverse de parcare, în zonele neutilizate până în momentul actual, evaluând avantajele și dezavantajele fiecărui model în parte;
- Pe baza studiului diverselor variante constructive ale mecanismelor care pot intra în dotarea parcarilor moderne, s-a propus soluția originală a unui elevator dublu, numit în continuare mecanismul parcării, format din două sisteme: elevatorul principal și elevatorul secundar, care pot fi cuplate sau decuplate, în funcție de situațiile care pot apare;
- S-a studiat posibilitatea realizării acestui sistem în zone diverse, de exemplu pe o platformă de beton, construită deasupra râului Dâmbovița, sau la o zonă etajată care permite acest lucru.
- Propunerea de modernizare a unor parcări existente prin utilizarea elevatorului principal în acest scop;
- Calculul de dimensionarea a elementelor celor două elevatoare, pentru asigurarea rolului funcțional;
- Realizarea unui studiu al vibrațiilor elementelor elevatoarelor, ținând cont de fenomenul de rezonanță, care poate apare datorită mișcării periodice a sistemului;
- Luare în considerare a solicitărilor suplimentare ale sistemului, ca urmare a unor unde seismice, sau provocate de explozii;
- Elaborarea unor programe cu ajutorul limbajului Visual Basic, pentru rezolvarea problemelor de dimensionare și varificare a elementelor mecanismului parcării;
- Realizarea unei machete funcționale a mecanismului parcării format din cele două elevatoare cuplate, care dovedește fezabilitatea modelului propus (Anexa 1)

6.3. Perspective de dezvoltare ulterioară

Rezultatele studiilor efectuate în cadrul tezei de doctorat pot fi extinse în continuare, în următoarele direcții:

- Cercetare

- Dezvoltarea de concepte de realizare a unei parcuri supraetajate dotate cu elevator și cu robot pentru deplasarea vehiculelor;
 - Folosirea energiei obținute prin cogenerare pentru alimentarea motoarelor elevatorului, aceasta fiind o soluție modernă, pentru a respecta indicațiile UE de emisii zero. Cogenerarea definește producerea concomitentă de energie termică și electrică, cu aceeași instalație (grup motor termic-generator electric, turbină, etc)
Prin sistemele de cogenerare se obține reducerea emisiilor poluante, protejând mediul, precum și reducerea costurilor de producere a energiei electrice.[115]
 - Studii privind creșterea performanțelor unui astfel de model de sistem, cu recuperare de energie.
 - Prelucrarea și îmbunătățirea unor variante constructive existente.
- Educație**
- Formarea tehnică și tehnologică a inginerilor în vederea concepției și execuției parcurilor moderne;
 - Bază de practică pentru studenții facultăților cu profil de arhitectură, construcții, mecatronică, masteranzi și doctoranzi din Institute de Cercetare / Universități de profil.

6.4. Diseminarea rezultatelor

Pe parcursul elaborării prezentei lucrări de doctorat, cercetările efectuate au fost valorificate printr-un număr de 29 articole publicate în reviste și buletine, 8 comunicări în simpozioane naționale și internaționale. Acestea sunt prezentate în Anexa 2. Totodată, în cadrul lucrării au fost folosite articolele prezentate în lucrările [1], [3], [16], [48], [50], [65], [70], [74], [80], [93], [104], [106], [115].

7 Bibliografie

1. [1] Rășchitor, E., Radu, C.,E.(2017) Parcări supraetajate deasupra râului Dâmbovița, SMART START- UP EDIȚIA II, Polytechnic University of Bucharest, December 5
2. [2] <https://egea.ro/constructii/parcari-supraetajate>
3. [3] **Radu, C., E.**, Rășchitor, E., Tempea, I., The Need of Developing the parking system in the Bucharest Municipality, Fiabilitate și Durabilitate , No. 1/2018, Editura ”Academia Brâncuși”, Tîrgu Jiu, p. 316 -319
4. [5] indrumari-juridice.eu- cate locuri de parcare trebuie sa asigure dezvoltatorul imobiliar
5. [6] <https://evmarket.ro/utile/foto-este-gata-parcarea-supraetajata-din-pantelimon-a-durat-11-ani-26196/> 18 mai 2022
6. [8] (<http://www.starelevators.ro/produse/multiplicator-auto-model-a3/>)
7. [11] (gabaritul+unui+elevator+model+ptj+201-27&qpv)
8. [16] **Radu, C.,E.**, Rășchitor, E., Tempea, I, (2018), *Elevator-Type Parking Lots*, 11th Symposium, Durability and Reliability of Mechanical Systems ,SYMECH 2018,Tg-Jiu, Gorj,11-12 may 2018, - Fiability & Durability No 1-/ 2018 Editura “Academica Brâncuși” , Târgu Jiu, pp. 80-86, ISSN 1844 – 640X
9. [23] Legendi, A., Pavel, Cr.- Mecanisme cu destinație restrânsă Editura MATRIX ROM, București 2014
10. [31] Moise, V, Analiza si simularea mecanismelor, Editura. Printech .-pag. 41
11. [36] Gheorghe, Gh. Contribuții originale și științifice la dezvoltarea sistemelor cyber-mecatronice pentru medii industriale, economice și societale - Revista TechnoMarket - februarie - martie - aprilie - mai 2017
12. [37] <http://www.sistemedeparcare.ro/html-parcari/multiparker-710-720.htm>
13. [41] Ziarul Gândul din 20.06.2022
14. [42] Dimitrescu, A.- Marketing industrial- Note de curs-2020
15. [48]. **Radu, C., E.**, Rășchitor, E., Tempea, I, *Calculation of the Collapsing Critical Load of a Translating Cam Mechanism and Roller Translating Follower Actuating an Elevator*, Advanced Engineering Forum Vol. 42, pp 99-106 Revised: 2021-03-19, © 2021 Trans Tech Publications Ltd, Switzerland
16. [49] Tempea, I., Martineac, A., Mecanică și mecanisme, Editura Printech, 2000
17. [50] **Radu, C.,E.**, Rășchitor, E., Popescu, V., Tempea, I., *Vision And Strategy Regarding The Parking Lots With Elevators*, Fiability & Durability No 1/ 2022, Editura “Academica Brâncuși” , Târgu Jiu, pp. 141- 146, ISSN 1844 – 640X
18. [51] Adîr, G., Adîr, A., Adîr, V., Ungureanu, L., Dudici, L., *Mecanisme. Teorie și aplicații*, Ed. Printech, ISBN 978-606-23-0096-8, cod CNC SIS 54, 2013
19. [52] Manolescu, N., I., Tempea, I., Analiza și sinteza numerică și structurală a lanțurilor cinematice și mecanismelor, Litografia I.P.B., 1967

20. [53] Tempea, I., Antonescu, P., IFToMM-SYROM Symposia on TMM: an Historical Overview, International Symposium on History of Machines and Mechanisms, Proceedings HMM-2000, Kluwer Academic Publisher, p.223-239, 2000.
21. [54] Tempea, I., Popa, Gh., - Mecanisme plane articulate, Lito IPB, București, 1978.
22. [55] Voinea, R., Voiculescu , D., Ceașu, V., Mecanică, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983
23. [56] Voinea, R., Atanasiu, M., Metode analitice noi în teoria mecanismelor, Editura Tehnică, București, 1964
24. [58] Ocnarescu, C., Bogdan, R., Roboți industriali , editura printech , Bucuresti, 1997
25. [59] Buzdugan , Ghe, Izolarea antivibratorie a mașinilor- Editura Academiei 1980- pag.143, 368
26. [65] Rășchitor, E., **Radu, C., E.**, Tempea, I., *Anti-Vibration Insulation Possibilities Of The Overground Parking Over The Dambovita River. Antiseismic Protection Systems*, Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series , No. 2/2019
27. [68] Adîr, G., M., Adîr, A., Adîr, A., Mecanisme.Teorie și Aplicații.Editura Printech, 2013
28. [69] Luca, L., Popescu, I., Rădulescu, Ct.- Structure and kinematics of a mechanism with stop- Journal volume&issue Vol 1 , no.15, pp.21-28, May 2015 , Fiability &Durability,ISSN 1844-640X, Academia Brancusi , Tg.JIU
29. [70] **Radu, C.,E.**, Rășchitor, E.,Tempea, I., Auxiliary elevator activated with a translating cam mechanism used for serving an overground smart parking lot above the Dambovița river.calculation of the buckling critical load of a rod pertaining to a roller traslating follower, Publishing House ”Academica Brancusi” ISSN 1842-4856 , Engineering series no. 2/2019, ISSUE 2/2019, pg. 42-46
30. [75] Popovici, M.,M. , Staicu ,Șt., Mecanica tehnică- Cinematica și aplicațiile ei tehnice-Editura tehnică București 1982
31. [78] Legendi , A.,Pavel, C. - Dinamica mecanismelor – Editura MATRIX 2007 pag.158-159)
32. [79] Popovici , M.,M., Sinteze mecanice- Editura AndorTipo- București 2006
33. [80] **Radu, C., E.**, Rășchitor, E., Tempea, I , System Made Up Of An Elevator Actuated By A Translating Cam And An Auxiliary Robot For Being Used In Overground Or Underground Parking , 12th Symposium Durability and Reliability of Mechanical Systems , SYMECH 2019,Tg-Jiu, Gorj,11-12 may 2019, Fiabilitate si Durabilitate No 1/ 2019- Editura “Academica Brâncuși” , Târgu Jiu, pp. 50-55, ISSN 1844 – 640X
34. [84] <http://www.mec.legacy.tuiasi.ro/RM2/capitole/Cap1.html>
35. [85] Buzdugan, Gh., Rezistența materialelor, Editura Academiei-București 1986
36. [87] Popovici, M.,M., Mecanica tehnică- Statica și aplicațiile ei tehnice, Ed. Tehnică 1980- pag.170
37. [88] Alaci,S., Mecanisme cu came, Matrix Rom București 2016- pag.8
38. [89] Rădulescu, O., Sinteze optimale în construcția de mașini, Editura tehnică 1984
39. [90] <https://mec.tuiasi.ro/wp-content/uploads/2023/05/curs-vibratii.pdf>
40. [91] Legendi, A. - Mecanisme- Editura COMPRESS 2002].
41. [92] Deutsch, I., Rezistența materialelor, Editura Didactică și Pedagogică- București 1979- pag.412
42. [93] **Radu, C., E.**, Rășchitor, E., Tempea, I . , Identifying The Inherent Pulsation Of The Follower And Critical Resonance Speed For The Translating Cam Mechanism And Roller Translating Follower ,12th Symposium Durability and Reliability of Mechanical Systems , SYMECH 2019,Tg-Jiu, Gorj,11-12 may 2019, Fiabilitate si Durabilitate No 1/ 2019- Editura “Academica Brâncuși”, Târgu Jiu, pp. 44-49, ISSN 1844 – 64

43. [102] Benaroya,H., - Mechanical Vibration, Prentice Hall, 2001
44. [103] Meirovitch, I., - Elements of Vibration Analysis, McGraw-Hill Book Company, Inc.19
45. [104] **Radu, C., E.**, Rășchitor, E., Tempea, I , Evaluation of Own Pulses in the Event of FreeVibrations of a Multiparker Type Parking Machine Lifting Machine- ADEM 2018, Drobeta Turnu Severin 2018 «5th Conference of ADVANCES IN ENGINEERING & MANAGEMENT» November 1 th November 2 st , Management And Industrial Engineering pp. 57 „Advanced Engineering Forum - ISSN: 2234-991X, Vol.34, pp.137-142 <https://www.scientific.net>
46. [105] Magheți, I , Savu, M., Teoria și practica vibrațiilor mecanice- Editura didactică și pedagogică- 2007-
47. [106] **Radu, C., E.**, Rășchitor, E., Tempea, I, Studies On Optimizing Lifting Mechanisms. Evaluating The Behavior Of A Lifting Mechanism At An Elevator During An Earthquake, National Scientific Conference With International Participation “CONFERENG 2018” ,November 23th – 24th 2018, Târgu Jiu ,ROMANIA, Analele Universității „Constantin Brâncuși” din Târgu Jiu Annals of „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu Seria Inginerie Engineering Series NR.2/2018 ISSUE 2/2018- Editura „Academica Brâncuși” PUBLISHER, pp. 82 - 88, ISSN 1842-4856
48. [108] https://ftp.utcluj.ro/pub/users/chisalita/StudiiAprofundate/Structuri/Determinarea_pulsatiilor_proprii_si_a_formelor_proprii_de_vibratie-2012.pdf
49. [112] Vescan, S., D., Fodor, R., Șt.,Arghir, M., A XIII-a Conferință Națională Multidisciplinară de participare -Prof. Dorin Pavel- SEBEȘ 2013
50. [114] Normativ pentru proiectarea și execuția parcajelor pentru autoturisme, indicativ NP 24-97, din 28.11.1997. Publicat în Broșură nr. 1 din 28 noiembrie 1997. Formă aplicabilă la 01 octombrie 2019
51. [115] **Radu, C., E.**, Rășchitor, E., Tempea, I., *The Adaptability Of Using A Cogeneration Installation When Actuating An Elevator*, Annals of „Constantin Brâncuși” University of Târgu Jiu Seria Inginerie Engineering Series NR.3/2018 ISSUE 3/2018 - Editura „Academica Brâncuși” PUBLISHER, pp. 48- 54, ISSN 1842-4856