

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Примена рачунара у развоју производа

Број индекса: 371/2015

Ненад Т. Коларевић

Конструисање платформе за подизање терета

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Ненад Марјановић ред. проф.- ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада потребно је извршити конструисање платформе за подизање терета што обухвата:

- 1) Детаљни приказ свих склопова и подсклопова
- 2) Комплетно израђену техничку документацију са свим саставним елементима
- 3) Прорачун кинематске анализе
- 4) Прорачунати одговорне делове конструкције
- 5) Упоредну техно-економску анализу хидрауличне платформе и платформе са електричним погонским системом

Препоручена литература:

[1] Николић, В.: Машински елементи, Машински факултет, Крагујевац, 2004.

[2] www.grob-antriebsstechnik.de

[3] <http://www.serapid.com>

Крагујевац, 2017.

Ментор:

Др Ненад Марјановић, редовни професор

Резиме

Тема овог Мастер рада односи се на платформе за подизање и спуштање терета, које поред конвенционалних хидрауличних цилиндара могу преносити терет и другим начинима манипулације. Један од начина манипулације терета који је анализиран овим радом јесте систем линеаних ланаца. Дакле, сам задатак јесте да се упоредном анализом са хидрауличним системима, утврди које предности се постижу применом овог система. Поред основних предности ових система у односу на друге, приказане су упоредне анализе деформација конструкције саме платформе, као и могућности уштеде материјала и других елемената применом овог система подизања терета.

Кључне речи: Линеарни ланци, платофме за подизање терета, хидрулични системи, основне предности.

Abstract

The subject of this master work refers to platforms for elevation and lowering the cargo, which, beside conventional hydraulic cylinders can also transmit the cargo in other ways of manipulations. One of the methods of cargo manipulation which, is analyzed in this work is push and pull chain system. Therefore, this paper will show a comparative analysis of push and pull chain system and hydraulic system in order to determine the advantages which are achieved by applying the push and pull chain system. Along with basic advantages of this system in relation to others this paper will show the comparative analysis of the deformity of platform construction, as well as possibilities of saving materials and other elements by applying this system of cargo elevation.

Key words: Push and pull chain, scissor lift platform, hydraulics system, basic advantages

Садржај:

Резиме	4
1. Увод.....	6
2. Врсте и подела платформи	10
2.1 Хидрауличне платформе	10
2.1.1 Димензионисање хидрауличног цилиндра	12
2.2 Пнеуматске платформе	13
2.3 Платформе на електрични погон	16
2.3.1 „Screw Jack“ системи	16
2.3.2 Линеарни ланци.....	18
3. Статичка анализа маказа подизне платформе.....	24
4. Прорачун ланца.....	28
4.1 Брзина ланца	28
4.2 Ход ланца	28
4.3 Потребни обртни момент	28
4.4 Потребна снага који преноси ланац	29
4.5 Дужина ланца.....	29
4.6 Избор ланца.....	30
4.7 Избор електромотора	31
5. Прорачун редуктора	33
5.1 Преносни однос редуктора.....	33
5.2 Број зубаца зупчаника.....	33
5.3 Стварни преносни однос	33
5.4 Грешка преносног односа.....	34
5.5 Прорачун снаге	34
5.6 Прорачун угаоних брзина.....	34
5.7 Прорачун обртних момената.....	34
6. Конструисање подизне платформе	35
6.1 Делови платформе.....	36
6.1.1 Покретни точкићи	37
6.1.1.1 Носивост клизног лежишта	40
6.1.1.2 Материјали за израду делова клизних лежишта	40
6.1.2 Фиксна улежиштења	42
6.1.3 Централно улежиштење	44
6.1.4 Сигурносна полуга	45
7. Предности линеарних ланаца у односу на хидрауличне цилиндри.....	48
Закључак.....	52
Литература	53

1. Увод

Маказасте платформе за подизање и спуштање терета имају широку примену како у прехрамбеној, хемијској, аутомобилској, дрвопрерађивачкој, тако и у другим гранама индустрије.

Платформе за подизање терета израђују се у различитим конструкционим решењима у зависности од тога у којој грани привреде ће се користити. Такође, од зависности где ће бити примењен овакав вид манипулације терета, примењују се различита конструкциона решења у виду броја маказа као и одговарајућег погонског система.

Сама конструкција подизне платформе дефинисана је избором погонског агрегата. У зависности од примене, постоје различите изведбе ових платформи. Најчешће се примењују са хидрауличним погоном, где се применом хидрауличног цилиндра врши подизање, односно спуштање платформе. Цилиндар се прилагођава кинематици полуга, тј. маказама платформе, а хидраулични агрегат цилиндру.

Друге изведбе, које налазе све већу примену у индустрији јесу платформе на електрични погон и то применом „*screw-jack*“ система или применом система линеарних ланаца.

Сам избор система који ће се применити искључиво зависи од пројектних захтева, намене, његове функције, као и од саме примене где ће се платформа користити. Потребне карактеристике за дефинисање радних способности саме платформе јесу:

- 1) Укупна висина „ H “
- 2) Почетна висина „ H_0 “
- 3) Висина подизања „ h “
- 4) Максимална тежина терета „ Q “
- 5) Дужина платформе „ a “
- 6) Ширина платформе „ b “

Сам развој платформи за подизање и спуштање терета проистекао је из потреба да се олакша човеку рад односно да се ергономски прилагоди човеку. Најважнији задаци ергономије су: спречавање повреда и професионалних обољења, смањење замарања руковаоца, квантитативно и квалитативно повећање ефикасности у производњи и повећање ефикасности и сигурности употребе. Због тога је, при конструисању, потребно је задовољити све захтеве који се постављају пред систем „човек – производ – радна средина“, [1].

Од изузетног је значаја да се обезбеди једноставно и логично руковање, а такође да буде израђено једноставно упуство за руковање да би се обезбедило крајњем кориснику што лакше коришћење производа. Једноставним руковањем се спречава и могућност настанка несрећа, или оштећења производа, [1].

Најважнији аспект при конструисању производа на који је потребно посебно обратити пажњу јесте безбедност корисника. Одговарајућим конструкционим захтевима неопходно је спречити могућност настанка несреће, а на местима где то није могуће, неопходно је уградити посебне заштитнике и посебним натписом на самом производу који ће непосредно упозорити корисника на постојећу опасност, [1].

Ти натписи, или ознаке, морају бити постављени на видном месту, на самом производу, а у упуству за експлоатацију, морају бити посебно означени или исписани црвеном бојом.

Током експлоатације производ може бити изложен оштећењима од самог корисника. Тај проблем је неопходно решити и то, пре свега, применом већих димензија елемената, тако да их није могуће руком, без посебних алата, савити и/или сломити. Такође, применом специјалних облика главе завртања, којима се поједини делови везују, тако да их није могуће брзо и лако, без специјалних алата демонтирати, [1].

Све активности при пројектовању и конструисању обављене су посредством рачунара.

Применом рачунара постижу се многоструке предности, и то:

- 1) Обезбеђује се већа тачност израчунатих података, а тиме и бољи квалитет производа.
- 2) Омогућава се спровођење таквих прорачуна који се на класичан начин не могу обавити
- 3) Цртежи који се раде рачунаром (*CAD – Computer Aided Design* – Конструисање применом рачунара) несумњиво су бољег квалитета од класичних,
- 4) Рачунаром је могуће израдити и просторни приказ конструисаног дела или склопа (у тзв. Солид моделу) чиме се већ у фази конструисања може видети тачан изглед производа (који се уз то може и ротирати и померати у простору). Поред тога може се видети да ли ће се дотични склоп моћи монтирати или не и сл.
- 5) Рачунаром је, такође, могуће извршити и разне симулације кретања делова у оквиру склопа тако да се већ у фази конструисања може установити функционалност склопа.
- 6) Рачунаром је могуће симулирати и понашање конструкције при дејству одређеног оптерећења тако да је могуће установити критичне тачке, ако постоје, и извршити реконструкцију производа (повећање дебљине, радијуса и сл.) чиме се знатно брже и без икаквих трошкова обезбеђује квалитетнији производ.
- 7) Применом рачунара, при конструисању, даје могућност да се рачунаром дефинише и технологија и режими обраде, као и да се рачунар ефикасније користи за управљање машинама.

Обзиром, да цена крајњег производа зависи углавном од врсте материјала која се користи, примена скуних материјала се мора свести на што мању меру. Такође, маса машинских делова има изузетно велики утицај на трошкове производње и њихову применљивост, [1].

Да би се трошкови производње свели на што мању меру, неопходно је одговарајућим конструкционим захватима, утрошак материјала свести на минимум. То се постиже „вађењем“ материјала са површина где су оптерећења мања.

Изглед крајњег производа је подједнако значајан. Увек треба водити рачуна о естетском изгледу крајњег производа, симетричности елемената, чиме треба обезбедити складан изглед производа.

Поред тога, потребно је водити рачуна о могућности једноставног транспорта, где се морају омогућити места за прихватање и ослањање, или уколико је потребно додатно причвршћење производа, [1].

У ту сврху, неопходно је поставити специјалне завртњеве са прстенастом главом или посебне ручице, при чему треба водити рачуна на крајњи изглед производа. Прихватне тачке је потребно поставити у тежиште, како би се током транспорта задржао у предвиђеном положају, а ниво његовог љуљања свео на што мању меру.

Наравно, мора се сагледати и и утицај инерцијалних сила, које се јављају при транспорту, како би се делови производа који се налазе на лежајевима, или на оним местима где се могу померати, посебно осигурали, посредством посебних завртњева којима се фиксирају покретни делови, чиме се спречава оштећење током транспорта, [1].

2. Врсте и подела платформи

Подизне платформе су уређаји за подизање или спуштање терета. У зависности од намене, тежине терета, висине дизања, услова рада могуће су различите изведбе подизних платформи.

Главни задатак платформе јесте да одређени терет подигне или спусти на жељену висину. Сама конструкција платформе може варирати у зависности од намене за шта ће се користити. Постоје различите изведбе ових платформи, тако да се оне, у зависности од врсте погона, генерално могу поделити на:

- 1) Хидрауличне – користе хидрауличне цилиндри
- 2) Пнеуматске – користе пнеуматске јастуке
- 3) Електричне – примена „Screw jack“ и система линеарних ланаца.

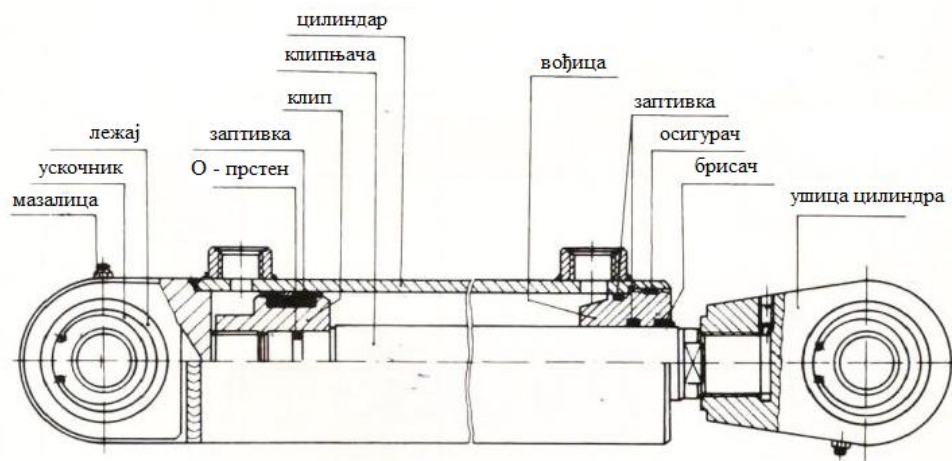
2.1 Хидрауличне платформе

Хидрауличне платформе приказане на слици 1, имају најраспрострањенију примену у индустрији. Код ових платформи погон се остварује помоћу хидрауличног агрегата, који своју потенцијалну енергију претвара у механички рад.



Слика 1 – Хидраулична платформа [3]

Главну улогу у претварању потенцијалне енергије у механички рад врши хидраулични цилиндар који је приказан на слици 2.



Слика 2 - Хидраулични цилиндар [4]

Улазна величина цилиндра јесте хидраулични флуид, који под притиском делује на површину клипа хидрауличног цилиндра. Тим деловањем узрокује праволинијско кретање клипа, а као последице тога и клипњаче која је чврсто везана за клип. На тај начин цилиндар врши механички рад. Хидраулични флуид је углавном минерално уље, а користе се и синтетичка уља и емулзије. Хидраулични цилиндри се не разликују битно од пнеуматских цилиндара који за своје кретање користе ваздух, [4].

Саставни делови хидрауличног цилиндра су цев хидрауличног цилиндра и клип, на који је прикључена клипна осовина. Цев цилиндра је обострано затворена дном цилиндра на једној страни и главом цилиндра на другој страни. Клип, који је заптивен заптивком и вођен обручима за вођење, дели унутрашњост цилиндра на две коморе, доњу комору под притиском и горњу, стезну комору на страни клипне осовине. Хидраулични притисак делује на клип, који линеарно помера клипну осовину, [4].

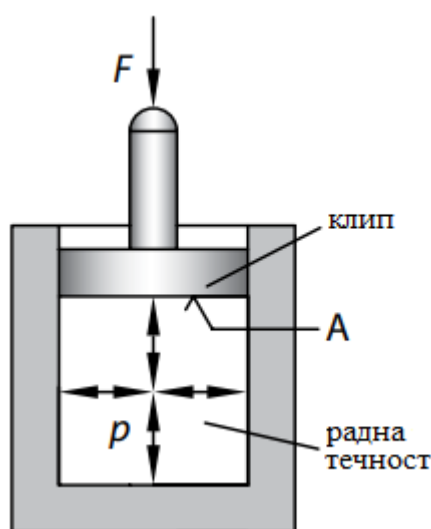
Хидраулични цилиндри могу бити:

- 1) Једнорадни, код којих се флуид под притиском доводи само са једне стране клипа, односно који врши користан рад само у једном смеру. Док се за кретање у другом смеру остварује тежином терета

- 2) Дворадни, код којих флуид под притиском делује са обе стране клипа, односно врши користан рад у оба смера
- 3) Телескопски, користе се када је неопходно остварити већи ход клипне осовине.

2.1.1 Димензионисање хидрауличног цилиндра

Познато је да се поремећај изазван дејством спољне силе на мирну течност у затвореном суду простире на све стране једнако и има исту вредност.



Слика 3 - Стварање притиска у цилиндру [4]

Ако се делује спољном силом F на покретни клип цилиндра, шематски приказано на слици 3, у течности испред клипа ствара се притисак p , [4]. Његову величину одређује сила F која делује на површину покретног клипа A (активна површина клипа која је у директном контакту са течностима):

$$p = \frac{F}{A},$$

где су:

p [Pa] – притисак,

F [N] – сила,

$A [m^2]$ – активна површина клипа.

Мерна јединица за притисак у SI систему је Паскал [Pa]. Међутим, у техничкој пракси се користе и друге јединице (Табела 1), [4].

Табела 1. Мерне јединице за притисак [4]

	Pa N/m ²	bar [daN/mm ²]	MPa [kp/cm ²]	At [kp/cm ²]	M H ₂ O	psi [lb/in ²]
Pa [N/m ²]	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	1,02x10 ⁻⁴	1,02x10 ⁻⁴	1,45x10 ⁻⁴
bar [daN/cm ²]	10 ⁵	1	0,1	1,02	10,2	1,45
MPa [N/mm ²]	10 ⁶	10	1	10,2	102	145
at [kp/cm ²]	9,81x10 ⁵	0,981	9,81x10 ⁻²	1	10	14,2
mH ₂ O	9,81x10 ³	9,81x10 ⁻²	9,81x10 ⁻³	0,1	1	1,42
psi [lb/in ²]	6,9x10 ³	6,9x10 ⁻²	6,9x10 ⁻³	0,07	0,7	1

2.2 Пнеуматске платформе

Пнеуматске платформе се користе тамо где примена других врста погона није дозвољена, односно када радно окружење то не дозвољава. Овакав вид претварања енергије у користан рад се најчешће примењује у прехранбеној индустрији где примена хидрауличних цилиндара није прихватљива.

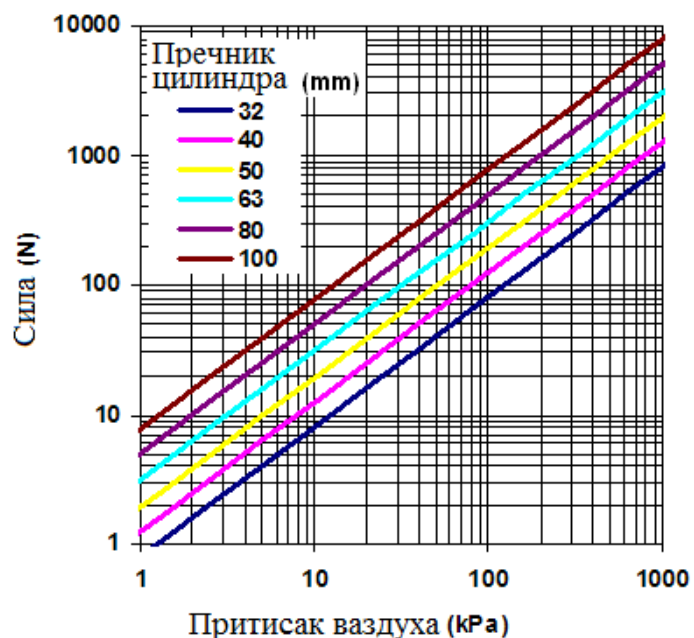
У пракси се могу срести платформе које за своје подизање односно спуштање терета не користи класичне цилиндри, већ пнеуматске јастуке. Примена ових платформи је ограничена, због самих могућности пнеуматског јастука. Највећи недостаци су: нижи ниво подизања, као и мања моћ ношења у односу на хидрауличне. На слици 4 је приказана платформа која за своје кретање користи пнеуматске јастуке.



Слика 4 – Платформа са пнеуматским јастуцима [4]

Поред платформи које користе пнеуматске јастуке, чешће се могу срести оне које за кретање користе пнеуматске цилиндри. Пнеуматски цилиндри могу бити двосмерног дејства, компактнијих габаритиних димензија па се могу применити у различитим конструкцијама, једноставна монтажа.

Захваљујући оваквим карактеристикама, пнеуматски цилиндри имају могућност примене у фармацеутској, прехранбеној и другим индустријама где се захтева висок квалитет, велики број циклуса рада и већа дугорочна стабилност.



Слика 5 – Дијаграм зависности силе од притиска [5]

$$p=p_i+p_a$$
$$T=t+273^{\circ}$$

Пошто се густина ваздуха значајно мења са променама температуре и притиска, вредност густине се даје за одређене услове. Ваздух код притиска $p = 0,1013 \text{ МПа}$ (760 mm Hg) и на температури $T = 293 \text{ K}$ ($t = 20^\circ$) има густину $\rho = 1,207 \text{ kg/m}^3$ (специфична тежина $\gamma = 0,83 \text{ m}^3/\text{kg}$), [4].

Поред ових величина за практичну употребу ваздуха у пнеуматским системима важни сувискозитет, влажност и специфична топлота.

Ако се упоређују хидраулички, пнеуматски, флуидички, електрични и електронски системи онда важи опште правило:

- 1) када се у систему врши пренос великих сила и закретних момента, користе се хидраулички системи,
- 2) за пренос мањих сила и закретних момената уз могућност управљања користе се пнеуматски и електрични системи,
- 3) за пренос информација и функције управљање користе се флуидички и електронички системи.

2.3 Платформе на електрични погон

Све већу примену у индустрију налазе платформе који не користе класичне хидрауличне цилиндри, који су највише распрострањени, већ за подизање и спуштање терете користе електричну енергију. Подизање и спуштање платформе на електрични погон се конструкционо може извести на различите начине.

2.3.1 „Screw Jack“ системи

Под „*screw jack*“ системима подразумевају се платформе које за свој погон користе навојно вретено, помоћу кога се обртни момент електромотора претвара у линеарно кретање, [6].

„Screw Jack“ системи су идеални за различите примене, без обзира да ли се врши подизање и спуштање терета или неки од других видова кретања. У сваком случају, у зависности од захтева индустрије и потребне снаге за вршење неког рада, дефинише се и навојно вретено које је неопходно за рад оваквог система.

Навојна вретена су поуздани елементи за пренос снаге. Користе се за трансформацију обртног кретања у праволинијско. У суштини, кинематика навојних вретена је веома једноставна, састоји је од навоја помоћу којих се спречава слободно кретање матице, тако да се она не може померати ни у једном смеру, све док се не покрене само навојно вретено, [6].



Слика – Различите врсте навојних вретена [6]

Постоје два основна принципа рада навојних вретена и то помоћу клизања и помоћу котрљања. Код клизања, која су најједноставнија за израду, контакт између навојног вретена и матице остварује се помоћу клизних површина. Оваква навојна вретена се називају једноставним навојним вретенима.

Код вретена која остварује рад помоћу котрљања називају се куглична навојна вретена. Овакав тип навојних вретена захтева много прецизнију израду него што је то случај код навојних вретена, па се користе где је потребно обезбедити високу ефикасност и прецизност, [6].

Screw jack системи за подизање платформе укључује кочнице, вијчане прикључке, електромотор. У поређењу са системом који користи хидрауличне агрегате великих брзина или пнеуматским системима, *screw jack* систем се може користити за малу носивост, а исто тако могу пренети терет и до неколико тона, [7].

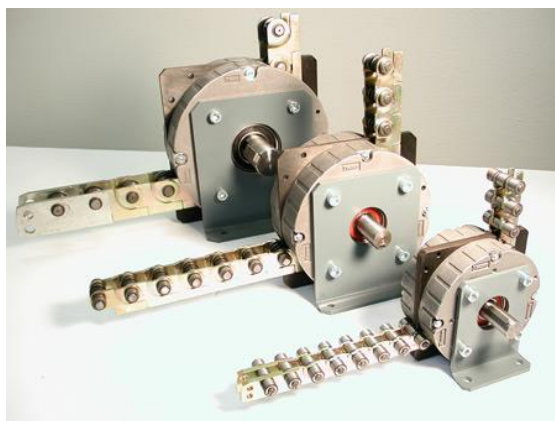
Једна од основних предности ових система у односу на друге јесте велика прецизност позиционирања, могућност синхоризације кретања, једноставна инсталација и рад. Ови системи налазе примену у различитим гранама индустрије. Примењују се у производним линијама, линијама за пражњење, опреме за склапање у аутомобилској и авио индустрији, тексилним индустријама и слично, [7].



Слика – Платформа са „Screw Jack“ системом [6]

2.3.2 Линеарни ланци

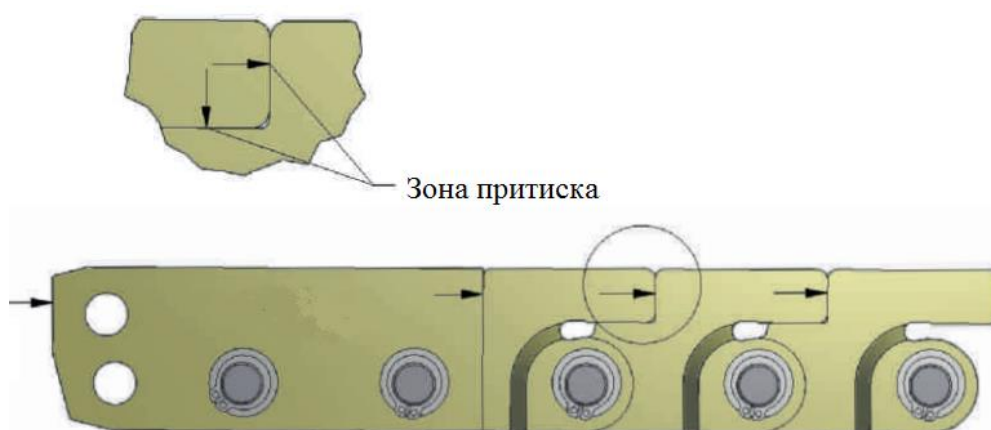
Један од најкомпактнијих система који се користе у индустрији за подизање, спуштање, померање терета јесу линеарни ланци. Линеарни ланци налазе све већу примену. Линеарни ланци могу бити различитих величина и типова. На слици приказани су различити типови ових ланаца, [8].



Слика 7 – *Различити типови линеарних ланаца [8]*

Сама идеја линеарних ланаца јесте да се омогући да се у једном смеру ланци крећу праволинијски и да при том кретању врше рад, а у другом правцу да се омогући флексибилно кретање. На тај начин омогућава се смањење простора самог погонског система. Ланчане везе су специјално дизајниране за ове задатке, где се један чланак ослања на други и самим тим смањује ризик пукотине, као што је приказано на слици 8, [8].

Основни принцип и главна предност линеарних ланаца је минимализација простора, што омогућава већу могућност манипулације терета. Линеарни ланци се лако могу синхронизовати међусобно користећи вратила и осовине. Ланци имају посебно дизајниран профил који се при оптерећењу преклапају и формирају круту везу.



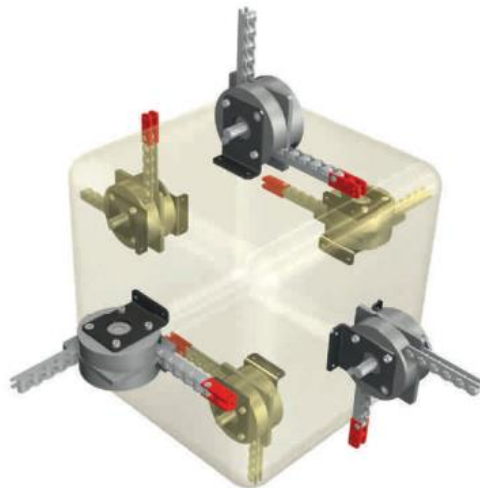
Слика 8 – *Линеарни ланац са чланцима [8]*

Могуће су различите верзије линераног ланца који може бити једноструки, двоструки и са ојачаним чланцима. Такође постоји разлика у самој конструкцији ланца који може бити вођен или слободан, [8].

Сама конструкција ланца зависи од саме примене где ће се користити као и од услова рада. Потребно је размотрити следеће карактеристике:

1. Сила затезања и сила удара
2. Дужина хода
3. Брзина кретања
4. Температура
5. Радни циклус

Линеарни ланац има могућност постављања тако да се рад може вршити у различитим правцима као што је шематски приказано на слици 9. Та могућност значајно смањује проблеме при конструисању, јер ланац може вршити кретање у жељеним правцима.



Слика 9 – Могућност постављања ланца у различитим правцима [8]

Линеарне ланце је могуће упарити на различите начине. Могуће је правити разне комбинације упаривања. На слици 10 је приказана шема упаривања два ланца, међусобно повезаних вратилима.



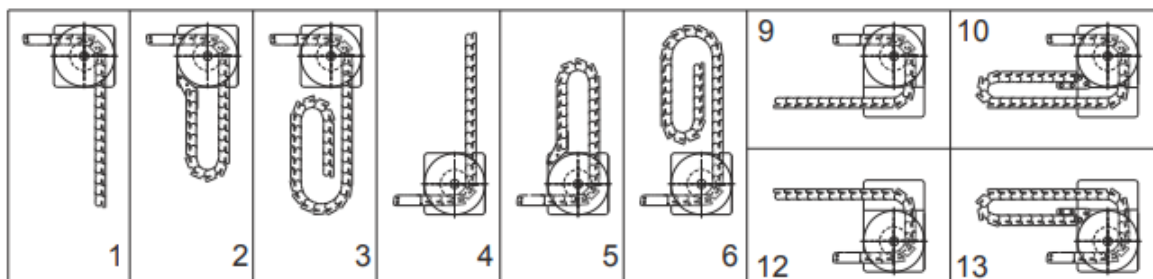
Слика 10 – Шема упаривања линеарног ланца са редуктором [8]

Уколико се ради о нешто захтевнијим конструкцијама, где је потребно остварити већу силу подизања, могуће је упарити више линеарних ланаца као што је приказано на слици 11. Дакле, линеарне ланце је могуће упарити на различите начине у зависности шта жели да се постигне, односно које оптерећење је потребно савладати, [8].



Слика 11 – Шема упаривања више линеарних ланаца [8]

Једна од главних карактеристика линеарних ланаца јесу њихови мали габарити, односно различите могућност паковања, која овај ланац чине компактним. На слици 12 су приказани различити начини паковања линеарног ланца.

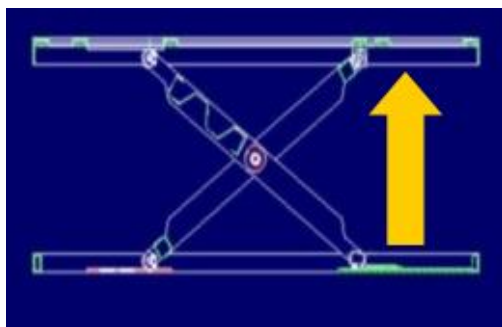


Слика 12 – Начин паковања ланца [9]

Као последица високо-квалитених материјала и читаве конструкције, потребно је да само одржавање буде редовно, тј. да све покретне површине буде редовно подмазиване. Од интервала подмазивања зависиће радни критеријуми, а поготову радна фреквенција и радна температура. Препоручљиво је да се сви покретни делови редовно прегледају да би се на време уочили знакови хабања, а самим тим и избегла могућност хаварије.

Приликом подизања платформе са најнижег доњег положаја, потребна је седам пута већа сила од самог терета који делује на платформу да би се остварило померање лифта у горњи положај. Ово доводи до употребе великих осовина, полуга и других елемената. Често платформа мора да буде предимензионисана да би се омогућило преношење великих сила.

Код платформи које за своје кретање користе линеарне ланце, сила је директна на платформу односно, она је самим тим еквивалентна терету који преноси.



Слика 13 – Деловање силе на платформу [9]

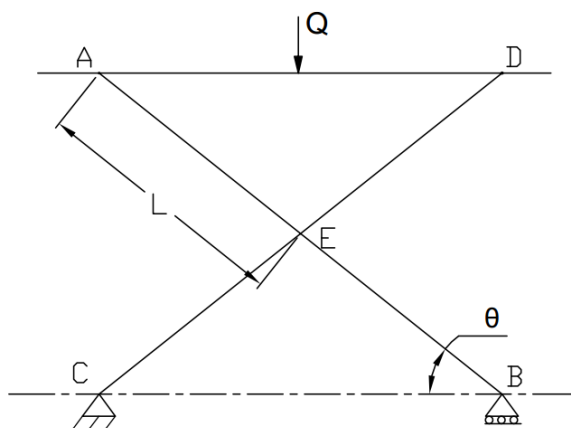
Потребна снага за остваривање кретања је знатно нижа, јер је оптерећење потиснуто у размери 1 према 1. Маказе и лежајеви су ослобођени јер нису више изложени високим оптерећењима. Сходно томе, лифт може бити изграђен на компактнији и лакши начин.

Ланац носи терет само на површинама везе, на тим површинама ланац формира круту везу чланака. У односу на други тип ланаца, где оптерећење носи осовиница, захтева се редовно подмазивање. Уље за подмазивање може се равномерно наносити дуж целог дела ланца, помоћу четке или аутоматски. За подмазивање користи се синтетичко уље.

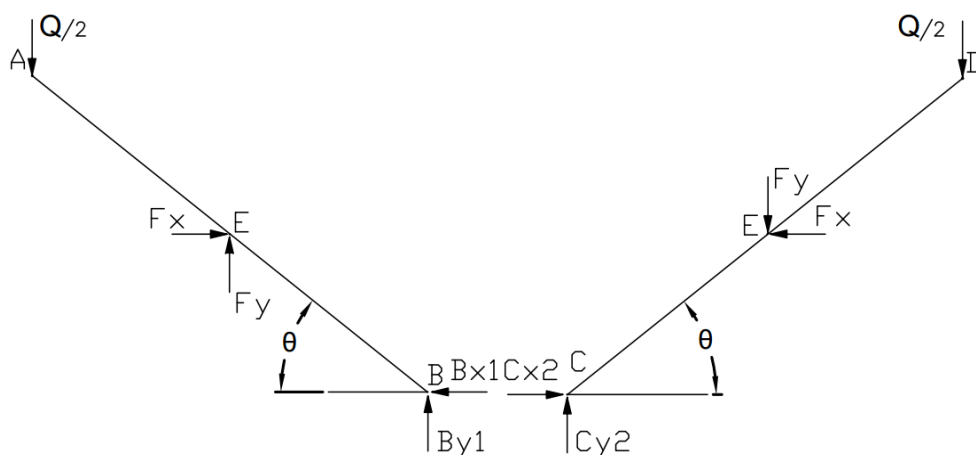
Систем линеарних ланаца ради практично без одржавања, без уља и масти и готово без хабања. Сервисирање је једноставно, сви делови су доступни и лако се могу заменити ако је икада потребно.

Линеарни ланац је у потпуности механички, самим тим и издржљив и захтевају мало одржавање. То је омогућило примену у ауто компанијама за манипулацију најчешће коршћених, тешких маказастих платформи.

Конвенционалне маказасте платформе су знатно непоуздане и захтевају константно одржавање. Поред тога, недостаје им и прецизност и поновљивост. Имајући у виду да неуспешно подизање платформи може довести до гашења читаве фабрике. Тако да су сада маказасте платформе са линеарним ланцима постале све чешће у аутомобилским постројењима, [9].



Слика 14 – Шематски приказ деловања оптерећења на платформу



Слика 15 – Расподела сила на маказе платформе

Статичке једначина за маказе (полугу) A-B

$$(1) \sum M_B = 0 \rightarrow \frac{Q}{2} \cdot 2L \cdot \cos(\theta) - F_y \cdot L \cdot \cos(\theta) - F_x \cdot L \cdot \sin(\theta)$$

$$(2) \sum F_x = 0 \rightarrow F_x - B_{x1}$$

$$(3) \sum F_y = -\frac{Q}{2} + F_y + B_{y1} \quad (3)$$

Статичке једначина за маказе (полугу) C-D

$$(4) \sum M_a = 0 \rightarrow \frac{Q}{2} \cdot 2L \cdot \cos(\theta) - F_y \cdot L \cdot \cos(\theta) + F_x \cdot L \cdot \sin(\theta)$$

$$(5) F_y = 0 \rightarrow -F_x + C_{x2}$$

$$(6) \sum F_x = 0 \rightarrow -\frac{Q}{2} - F_y + C_{y2}$$

Из статичких једначина равнотеже добијају се шест једначина са шест непознатих. Из једначине (1) следи:

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{Q}{2} \cdot 2L \cdot \cos(\theta) - F_y \cdot L \cdot \cos(\theta) \\ F_y &= \frac{-\frac{Q}{2} \cdot 2L \cdot \cos(\theta)}{L \cdot \cos(\theta)} + \frac{F_x \cdot L \cdot \sin(\theta)}{L \cdot \cos(\theta)} \\ F_y &= -Q + F_x \cdot \tan(\theta) \end{aligned}$$

Из једначине (5) следи:

$$\begin{aligned} 0 &= -\frac{Q}{2} \cdot 2L \cdot \cos(\theta) - F_y \cdot L \cdot \cos(\theta) + F_x \cdot L \cdot \sin(\theta) \\ F_x &= \frac{\frac{Q}{2} \cdot 2L \cdot \cos(\theta)}{L \cdot \sin(\theta)} - \frac{F_y \cdot L \cdot \cos(\theta)}{L \cdot \sin(\theta)} \end{aligned}$$

$$F_x = \frac{Q}{\tan(\theta)} - \frac{F_y}{\tan(\theta)}$$

Замењивањем једначина (1) и (2) следи:

$$F_x = \frac{Q}{\tan(\theta)} - \left(-\frac{Q}{\tan(\theta)} - \frac{F_x \cdot \tan(\theta)}{\tan(\theta)} \right)$$

$$F_x = \frac{2Q}{\tan(\theta)} + F_x$$

$$F_x = \frac{Q}{\tan(\theta)}$$

Стога, ако је:

$$-B_{x_1} + F_x = 0$$

$$B_{x_1} = F_x$$

$$B_{x_2} - F_x = 0$$

$$B_{x_2} = F_x$$

Следи да је:

$$F_x = R_{x_1} = R_{x_2} = \frac{Q}{\tan(\theta)}$$

$$-Q + F_x \cdot \tan(\theta) = F_y$$

Заменом израза за F_x у једначини (5), добија се следеће:

$$F_y = -Q + \left(\frac{Q}{\tan(\theta)} - \frac{F_y}{\tan(\theta)} \right) \cdot \tan(\theta)$$

$$F_y = -Q + (Q - F_y)$$

$$F_y = -F_y$$

$$F_y = 0$$

Из једначине (6) и (2) следи:

$$-\frac{Q}{2} - F_y + C_{y_2} = 0$$

$$\frac{Q}{2} = C_{y_2}$$

$$-\frac{Q}{2} + F_y + B_{y_1} = 0$$

$$\frac{Q}{2} = B_{y_1}$$

Дакле:

$$C_{x_1} = B_{x_2} = \frac{Q}{\tan(\theta)}$$

$$C_{y_1} = B_{y_2} = \frac{Q}{2}$$

$$F_x = \frac{Q}{\tan(\theta)}$$

$$F_y = 0$$

4. Прорачун ланца

4.1 Брзина ланца

Брзина ланца је:

$$v = \frac{z \cdot \omega \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{z \cdot n \cdot h}{60 \cdot 1000}$$

Где је:

z – број зуба ланчаника

n – број обртаја [min^{-1}]

ω – угаона брзина [rad/s]

h – корак ланца [mm]

$$v = \frac{z \cdot n \cdot h}{60 \cdot 1000} = \frac{6 \cdot 14 \cdot 40}{60 \cdot 1000} = 0,056 \text{ m/s}$$

Дакле брзина ланца је $v=56 \text{ mm/s}$, а самим тим дефинисана је и брзина подизања и спуштања саме платформе.

4.2 Ход ланца

$$H = z \cdot h = 6 \cdot 40 = 240 \text{ mm}$$

4.3 Потребни обртни момент

$$M_t = \frac{F \cdot d_2}{2 \cdot \eta}$$

Где су:

F – акцијална сила која делује на платформу [kN],

d_2 - пречник ланчаника (према препоруци из каталога произвођача за корак $P=40\text{mm}$ пречник $d_2=80\text{mm}$)

η – степен искоришћења 0,65-0,8

$$M_t = \frac{2,5 \cdot 80}{2 \cdot 0,8} = 125 Nm$$

4.4 Потребна снага који преноси ланац

$$P = \frac{M_t \cdot n}{9550}$$

Где су:

M_t – обртни момент [Nm]

n – број обртаја ланчаника [min^{-1}]

$$P = \frac{M_t \cdot n}{9550} = \frac{125 \cdot 14}{9550} = 0,18 kW$$

4.5 Дужина ланца

$$l = p \cdot z$$

где је:

l – дужина ланца

p – корак ланца

z – број чланака ланца

$$l = p \cdot z = 40 \cdot 24 = 96 mm$$

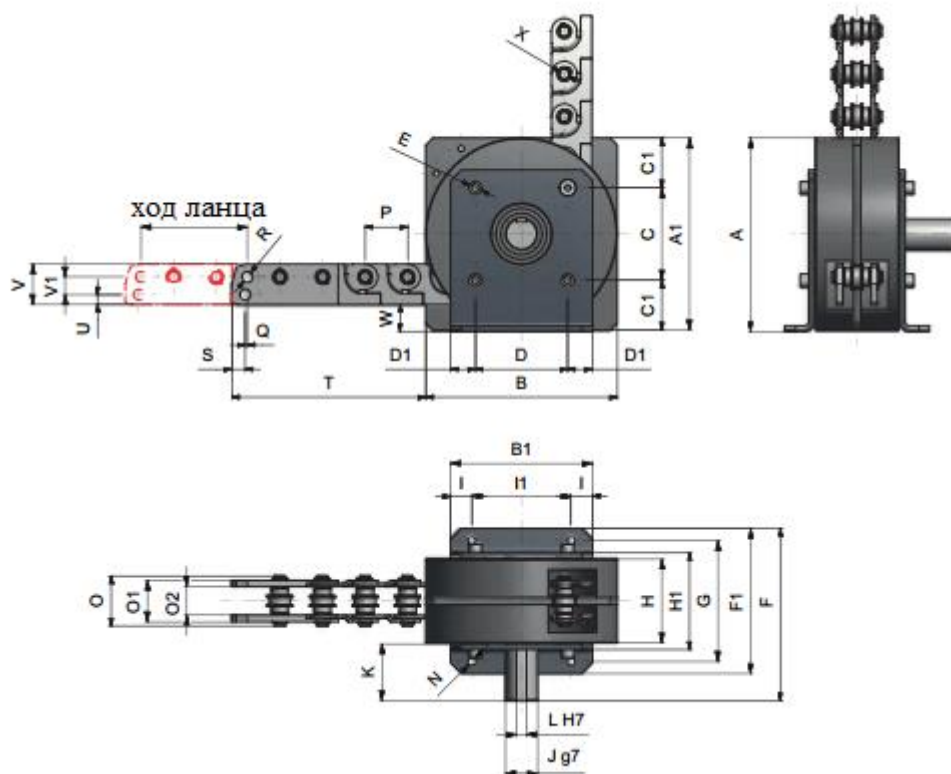
4.6 Избор ланца

Имајући у виду да је сила ланца која делује на платформу једнака самом оптерећењу које платформа преноси. Сходно томе, захтевани пренос оптерећења саме платформе јесте 2000kg, односно 20kN.

Дакле потребна минимална сила линеарног ланца за подизања платформе јесте 20kN. У табели произвођача, бира се ланац који задовољава ове услове. Изабран је ланац „SK12“ који има моћ ношења 12kN. У овом случају користиће се два ова ланца који су међусобно повезани крутим везама.

Табела 2 – Карактеристике изабраног ланца из каталога произвођача „Grob-antriebstechnik“ [8]

[kN]	12	Максимална сила
[mm]	40	Корак по броју обртаја
[mm/s]	250	Брзина ланца
[1/m]	25	Број чланака по метру
[kg/m]	6,7	Тежина ланца по метру
[kg]	8,8	Тежина ушице ланца
[mm/U]	240	Корак по броју обртаја
	6	Број зуба ланчаника
[Nm]	630	Максимални обртни момент вратила
[Nm]	1077	Момент увијања



Слика 18 – Изабрани линеарни ланац „SK12“ [8]

4.7 Избор електромотора

$$P = \frac{Q \cdot v}{\eta}$$

Где су:

Q – оптерећење које делује на ланац

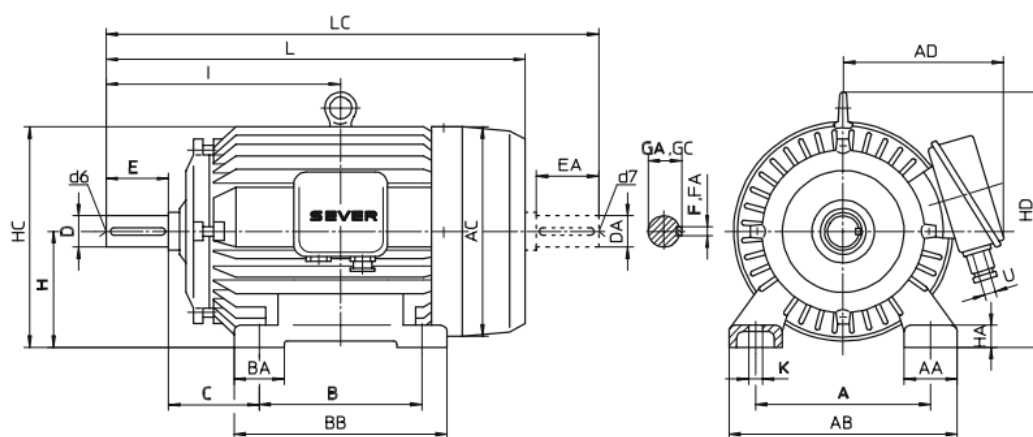
v - брзина ланца [m/s]

η – степен искоришћења

$$P = \frac{30 \cdot 0,056}{0,97} = 1,73kW$$

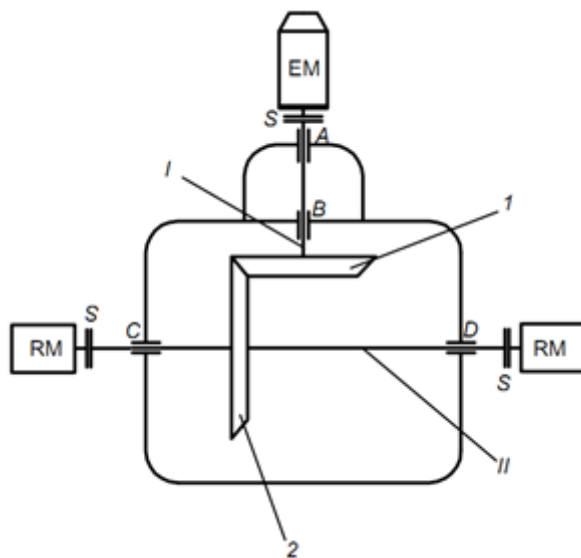
Табела 3 – Карактеристике изабраног електромотора произвођача „ESC Sever“ [10]

P (kW)	Tip	n (min ⁻¹)	cos φ	I _n (A)	$\frac{I_k}{I_n}$	M_n (Nm)	$\frac{M_k}{M_n}$	$\frac{M_{max}}{M_n}$	J(kgm ²)	m(kg)
2.2	5AZ 90L-4	1435	0.7	5.35	6	15	3.4	3.7	0.00607	21



Слика 19 – Изабрани електроmotor произвођача „ESC Sever“ [10]

5. Прорачун редуктора



Слика 20 – Шема редуктора

5.1 Преносни однос редуктора

$$u_r = \frac{n_{em}}{n_{iz}} = \frac{35}{14} = 2,5$$

5.2 Број зубаца зупчаника

$$z_1 = 20 \div 25$$

$$z_1 = 22$$

$$z_2 = z_1 \cdot u_r = 2,5 \cdot 22 = 55$$

$$z_2 = 55$$

5.3 Стварни преносни однос

$$u_{stv} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{55}{22} = 2,5$$

5.4 Грешка преносног односа

$$\Delta u = \frac{(u_r - u_{stv}) \cdot 100\%}{u_r} = 0\%$$

5.5 Прорачун снаге

$$\begin{aligned}P_1 &= P_I = P_{em} \cdot \eta_s = 0,18 \cdot 0,98 = 0,176 \text{ kW} \\P_2 &= P_1 \cdot \eta_{12} = 0,176 \cdot 0,97 = 0,171 \text{ kW} = P_{II} \\P_{rm} &= P_2 \cdot \eta_s = 0,171 \cdot 0,98 = 0,167 \text{ kW}\end{aligned}$$

5.6 Прорачун угаоних брзина

$$\begin{aligned}\omega_1 &= \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{\pi \cdot 35}{30} = 3,663 \text{ s}^{-1} = \omega_I \\ \omega_2 &= \frac{\pi \cdot 14}{30} = 1,465 \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

5.7 Прорачун обртних момената

$$\begin{aligned}T_{em} &= \frac{P_{em}}{\omega_{em}} = \frac{2,2 \cdot 10^{-3}}{1,465} = 1501,706 \text{ Nm} \\T_1 &= \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{0,176}{3,663} = 0,048 \text{ Nm} \\T_2 &= \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{0,171}{1,465} = 0,117 \text{ Nm} \\T_{rm} &= \frac{P_{RM}}{\omega_{RM}} = \frac{0,0835 \cdot 10^3}{1,465} = 56,9 \text{ Nm}\end{aligned}$$

6. Конструисање подизне платформе

Платформа за подизање терета предвиђена је за подизање стандардне дрвене палете. Сходно томе платформа је прилагођена управо тим габаритима. Имајући у виду да је велики број циклуса у току рада платформе, најбоље решење јесте управо примена линерних ланаца који ће обезбедити велики број понављања. Техничке карактеристике платформе приказане су у табели 4.

Табела 4. – Радне карактеристике платформе

Максимална носивост [kg]	2000
Висина дизања [mm]	950
Време подизања [s]	17
Почетна висина [mm]	280

Платформа је предвиђена да ради у оквиру производне линије, где радник са покретне траке преузима радне комада и слаже их на саму платформу. У циљу повећања ефикасности рада потребно је обезбедити раднику лако управљање, тј. да се омогући да лако може контролисати кретање платформе.

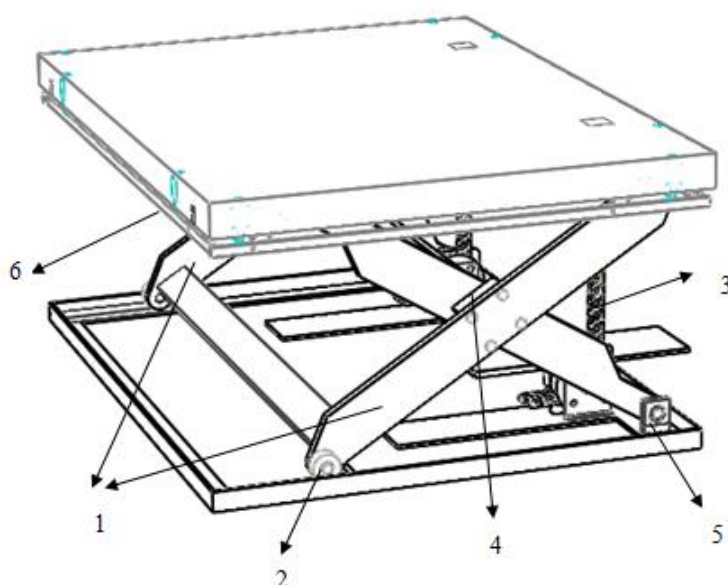
То се решава тако да се поред платформе поставља тастер која има јасно назначене стрелице (горе и доле), тако да радник може из стојећег положаја одређивати положај саме платформе. Тиме се повећава продуктивност, а самим тим спречавају се професионална обољења корисника који управља платформом.

Такође, у циљу повећања аутоматизације рада могуће је применити програмабилни логички контролер или *PLC*, помоћу кога се може постићи већа функционалност. Решавањем алгоритама логичких променљивих могуће је омогућити да се лифт при постављању радних комада аутоматски спусти за одређену величину. Тако би се управљање од самог корисника свело на минимум. Помоћу енкодера потављног на конструкцију ланца, врши се читавање тачне позиције платформе.

6.1 Делови платформе

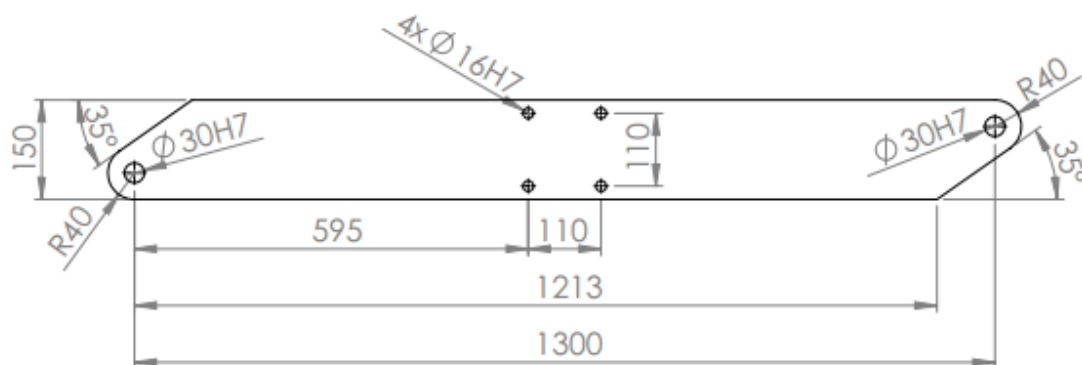
Саставни делови платформе приказани на слици 21 су:

1. Пар маказастих полука
2. Покретни точкићи
3. Линеарни ланац
4. Централно улежиштење
5. Фиксна улежиштења
6. Сигурносна полука



Слика 21 – Саставни делови платформе

Маказасте полуге су једноставне конструкције приказане на слици 22, чија је једна страна фиксна док се друга страна ослања на покретне точкиће који јој омогућавају померање.

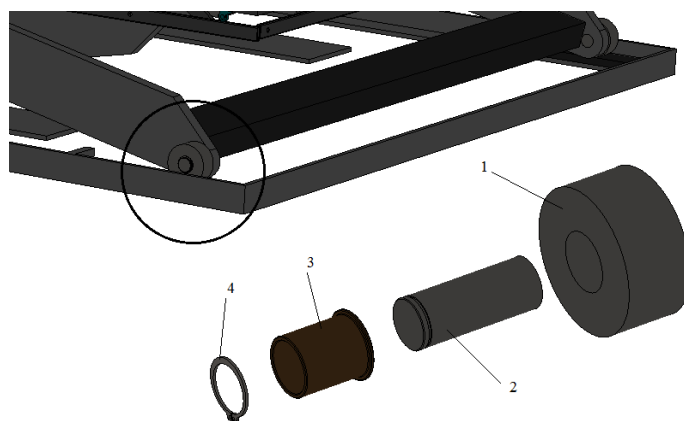


Слика 22 – Маказаста полука платформе

Маказасте полуге су укупне дужине 1300mm, чија дебљина плочевине износи 30mm. На самим полугама се налазе рупе за осовине пречника $\varnothing 30\text{mm}$. На средини полуга налазе се четири рупе пречника $\varnothing 16\text{mm}$, које омогућавају причвршћење централног улежиштења.

6.1.1 Покретни точкићи

Основна улога точкића јесте да пренесу оптерећење, односно да један крај маказа при деловању оптерећења учине слободном. На слици 23 је приказан тродимензионални модел точкича који ће се користити.



Слика 23 – Покретни точкићи

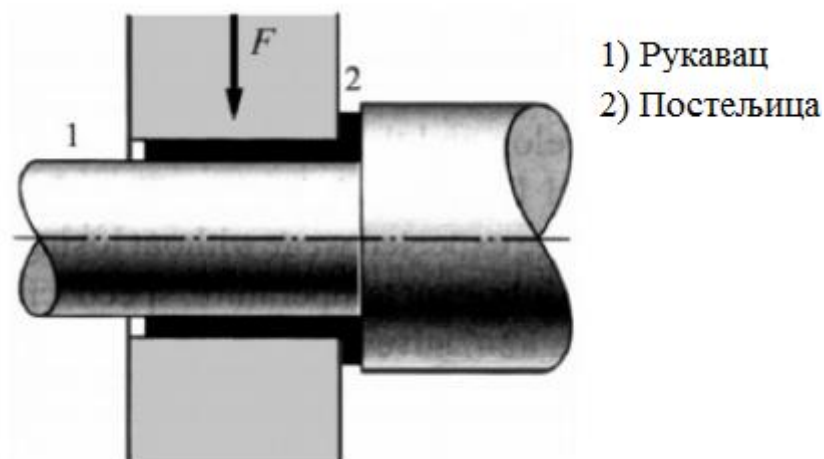
Саставни делови покретног точкића су:

1. Точкић
2. Осовина
3. Бронзана чаура
4. Осигурач

Бронзана чаура спољашњег пречника $\varnothing 30\text{ mm}$, упресована је у точкић са којим формира чврсто налегање. Материјал чауре је CuSn12, а дебљина чауре износи 2,5mm. Чаура (3) и осовина (2) формирају лабаво налегање, а њихове површине раздвојене су уљним филмом тако да је трење минимално.

За постизање дужег века трајања саме чауре непоходно је обезбедити редовно подмазивање саме чауре као и спречити продирање прашине и нечистоћа између додирних површина. Точкић са бронзаном чауром формира клизни лежај.

Клизна лежишта имају исту улогу као и котрљајни лежаји само се разликује принцип рада. Код клизних лежајева међусобна покретљивост делова у додиру и преношење оптерећења остварије се посредством клизања, када покретна површина клиза по непокретној површини (постељици) лежишта.



Слика 24 – Радијално лежиште [2]

Суво механичко трење се посредством флуида (средства за подмазивање) трансформише у вискозно трење флуида. Тиме се постиже раздвајање металних делова (рукавца и постељице), односно спречава њихов непосредни додир, смањује разарање металних површина и др.



Слика 25 – Покретни точкићи

Предности клизних лежишта су:

- могу бити једноделна, дводелна и вишеделна; примењују се тамо где није могуће уградити котрљајне лежаје,
- примењују се за пречнике фретила од 15 mm до 300 mm јер се котрљајни лежаји ретко израђују за те пречнике,
- у склоповима где би котрљајни лежаји изазивали велику буку, уграђују се клизна лежишта; клизна лежишта због великих површина клизања, између рукавца и постељице раздвојених слојем мазива, амортизују ударе и ударна оптерећења, односно имају могућност пригушења буке и вибрација,
- имају релативно дуг век; када се код клизних лежишта оствари хидродинамичко подмазивање постиже се скоро неограничени радни век,
- погодна су и за највеће брзине, где котрљајни лежаји не могу да се примене због ограниченог радног века и носивости,
- једноставне су конструкције и при истој носивости, у поређењу са котрљајним лежајима, клизна лежишта су мањих димензија.

Недостаци клизних лежишта су:

- велики губици енергије због трења,

- хабање додирних површина; хабање се своди на минимум савршеним подмазивањем што је не могуће остварити.

И поред низа добрих особина, клизна лежишта се примењују само у одређеним подручјима. Зато су извршена и одређена усавршавања клизних лежишта у смислу примене нових материјала, повећања носивости, примене нових система подмазивања и др.

Клизна лежишта се примењују и код праволинијског кретања, на пример као вођица различитих уређаја и алата.

6.1.1.1 Носивост клизног лежишта

Носивост клизних лежишта представља максималну вредност силе која се преноси при датом радном веку, без различитих видова оштећења или других неспособности.

При прорачуну клизних лежишта битне су следеће величине:

- **Кинематичке величине**

Важна кинематичка величина је брзина клизања v , m/s . При познатом пречнику рукавца d , и броју обртаја n , min^{-1} , брзина је:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

6.1.1.2 Материјали за израду делова клизних лежишта

Основни делови клизних лежишта су постељица и кућиште. Постељица лежишта са рукавцем вратила чини клизни пар. Исправност рада (режим) клизног лежишта зависи од материјала постељице и рукавца и средства за подмазивање. Општа препорука је да је материјал рукавца 3 до 5 пута веће тврдоће од материјала постељице.

Материјал рукавца се дефинише при прорачуну вратила. Обично је то челик високог квалитета површинске обраде и довољно велике тврдоће (64 HRC и више). Клизна површина је брушена и глачана. Знатно бољи услови у клизном споју се постижу када је рукавац хромиран. Материјал кућишта није битан за функцију клизног лежишта.

Материјал постељице, треба да поседује особине које омогућава преношење оптерећења (задовољавајуће чврстоће и издржљивости и добра антифрикциона својства). Да би се остварио повољан клизни спој са материјалном рукавца, од материјала за израду постељице захтева се:

- способност еластичног и пластичног прилагођавања под оптерећењем,
- неосетљивост на заривање; отпорност на високим температурама (спречавање заваривање материјала постељице и рукавца),
- компатабилност (одношљивост) са материјалом рукавца,
- способност уходавања; прилагођавања одступањима геометријског облика насталим под оптерећењем,
- отпорност на хабање,
- отпорност на корозију,
- добра топлотна проводљивост,
- висока контактна чврстоћа,
- способност клизања при недовољном подмазивању,
- мали коефицијент трења и др.

За израду постељице, најчешће, се користи сиви лив, бронза, синтеровани материјали и пластичне масе. Бронзе су погодне за радне температуре до 200 °C, апсорбују делиће настале хабањем и др. Услови клизања, при недовољном подмазивању, су лошији у односу на бели метал и црвени лив.

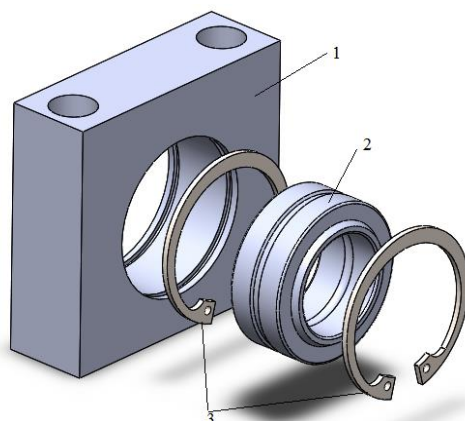
Materijal		Oznaka veličine						Klizanje poluokv. površina – nedovoljno podmazivanje				Hidrod. plivanje	Oblast primene
		$R_{P0,2}$ N/mm ²	E N/mm ² $\times 10^3$	HB 20°C (100°C)	α °C ⁻¹ $\times 10^{-6}$	v m/s	ϑ °C	Mast (ručno podmazivanje mašću i uljem)		Ulje (podmazivanje kapanjem)			
								v_{doz} m/s	p_{doz} N/mm ²	v_{doz} m/s	p_{doz} N/mm ²		
Sivi liv	SL200 SL250	500–700 800+900	105 115	HB 30 $\approx$ 2000	10	1.0...4 0,1...3	300	1	0,4	3	0,8		zglobne veze, ručne dizalice, mlinovi, vagoni
Pb-legure ISO 4381	L.PbSn 10 PbSb15Sn10	(70) 43	31	23 (9) 21 (15)	24,5 24	1...4	150	3	0,1	3	0,3	5 (15)	alatne mašine, vagoni, sporohodne klipne mašine
Sn- legure ISO 4381	L.Sn80 SnSb12Cu6Pb L.Sn89 SnSb8Cu4	(60) 61 (45) 47	57	27(10) 25(15) 23(10) 23(14)	22 22,7 23 23,9	60	110	3	0,1	3	0,3	5 (15)	motori SUS, alatne mašine, klipne mašine, pumpe, parne turbine, turbogeneratori
Sn-Pb bronz DIN1705	P.CuSn12Pb C.CuSn12Pb	140 150	105	≥ 80 ≥ 90	18	3	250	2	0,6	2	1,2	7(20)	ventilatori, EM, kompresori, centrif. pumpe, dizalice, prese, pren. snage,
Crveni liv ISO 4382	P.CuSn10Zn P.CuSn7ZnPb C.CuSn7ZnPb	150 120 130	150 95 95	≥ 75 ≥ 65 ≥ 75	17,5	4 -	250	2	0,6	2	1,2	7 (20)	kovacke mašine, manipulatori, valjaonički stanovi, teške alatne mašine, drobilice, mlinovi
Al-bronz DIN1714	P.CuAl11Ni	320	110	≥ 170	23	15	250	2	0,3	2	0,4	7(18)	valjaonički stanovi, alatne mašine, ventilatori, EM
Pb- bronz ISO 4382	P.CuPb10Sn C.CuPb10Sn P.CuPb15Sn C.CuPb15Sn P.CuPb20Sn	80 110 90 110 90	83 90 86 86 87	≥ 65 ≥ 70 ≥ 60 65 50	18	12	230	2	0,6	2	1,2	-	klipne mašine, alatne mašine, kovacke mašine, valjaonički stanovi, motor SUS, prenos. snage
Zn-legure DIN 17660	CuZn13Si	250	105	110	18	12	230	2	-	-	-	7(20)	umerena opterećenja bez većih udara
Sinterov. materijal								1	1	3	1,8	-	mehanizmi sa oscilatornim kretanjem ($v < 1$ m/s)

Слика 26 – Карактеристике материјала за постелице клизних лежаја у зависности од мазива и услова подмазивања [2]

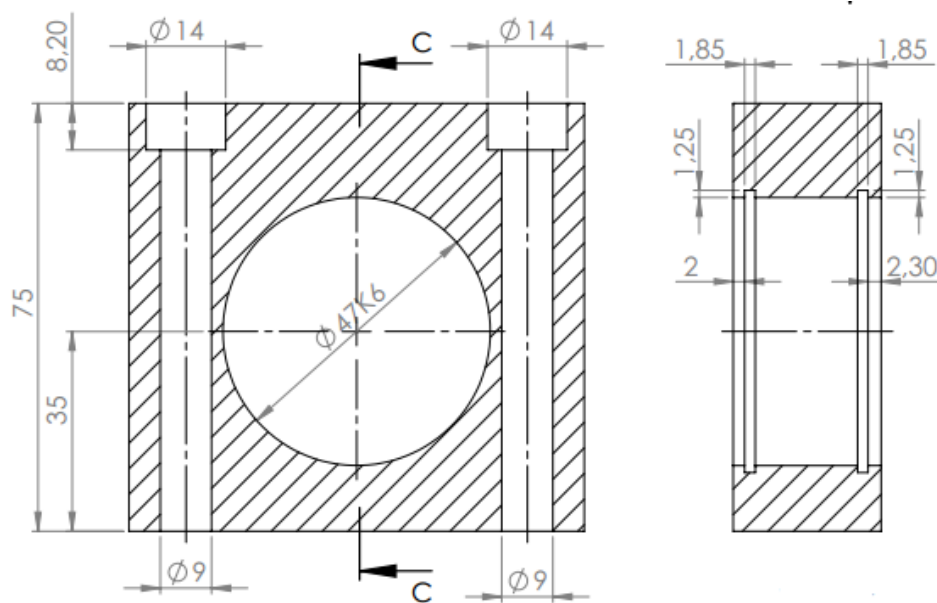
6.1.2 Фиксна улежиштења

Саставни делови фиксног улежиштења приказаног на слици 27 су:

1. Кућиште
2. Сферни лежај GE-30-ES-2RS
3. Прстенасти ускочник

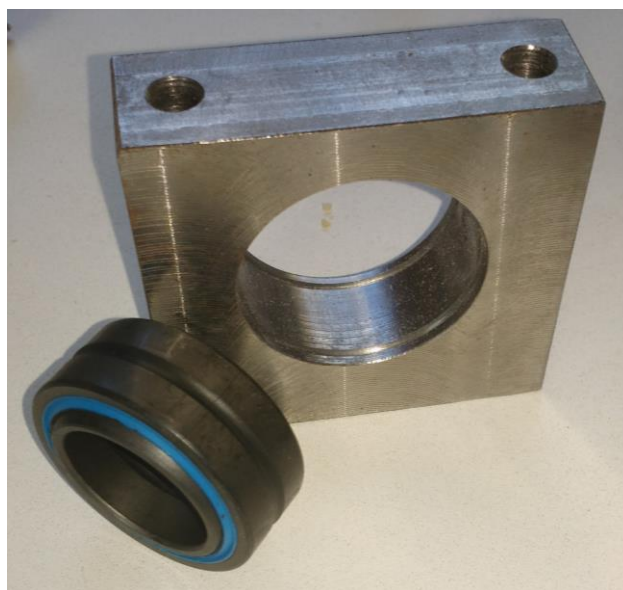


Слика 27 – Фиксно улежиштење



Слика 28 – Технички цртеж фиксног улежиштења

Дакле, сферни лежај (2) упресован је у кућиште улежиштења (1), а са обе стране осигуран је прстенастим ускочницима (3). На самој платформи налазе се четири оваква улежиштења. Фиксна улежиштења се налазе на горњој и доњој страни платформе, на самом улежиштењу се налазе отвори за причвршћење улежиштења за саму конструкцију.



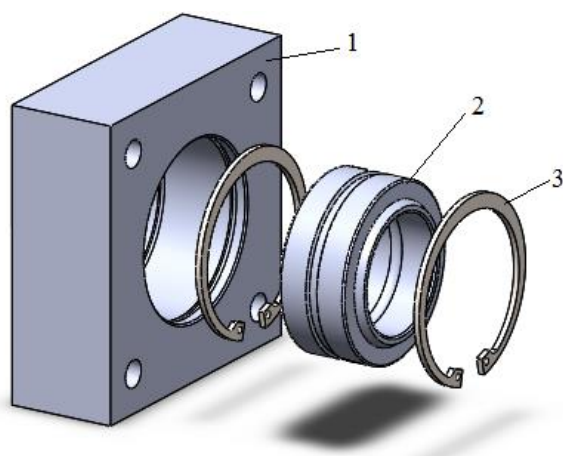
Слика 29 - Фиксни лежај у пракси

6.1.3 Централно улежиштење

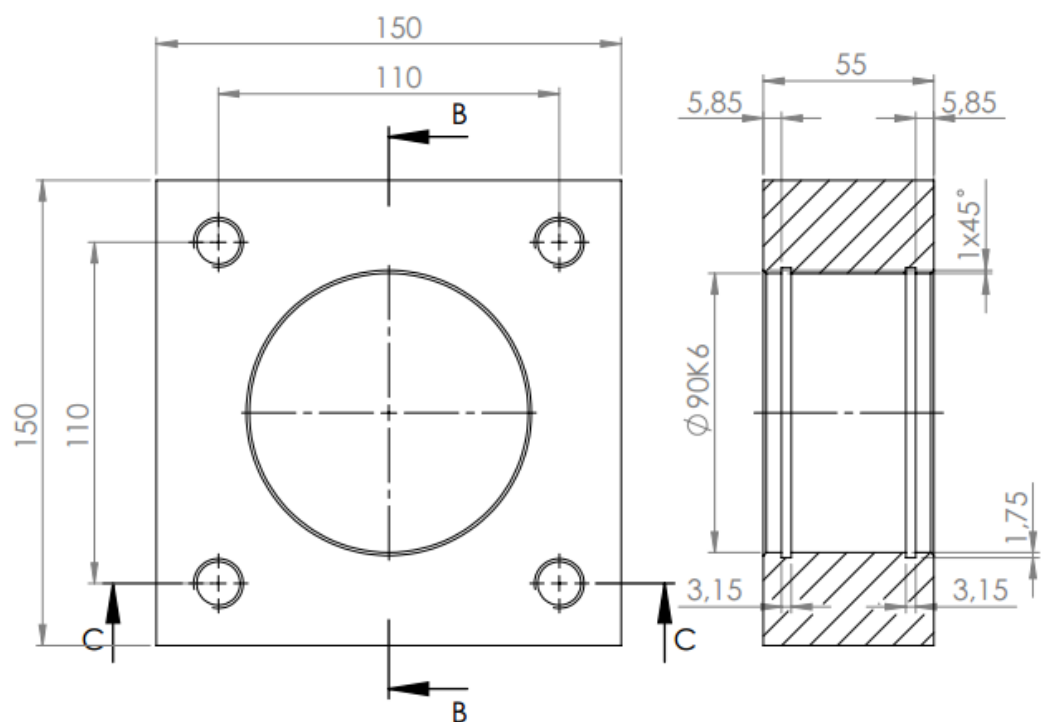
На сличан начин као и фиксна улежиштења, решена су и централна улежиштења.

Саставни делови централног улежиштења приказани су на слици 29, и чине га:

1. Кућиште улежиштења
2. Сферни лежај GE-60-ES-2RS
3. Прстенасти ускочник



Слика 29 – Централно улежиштење



Слика 30 – Технички цртеж улежиштења

Централно улежиштење фиксирано је за маказе помоћу вијака M16x80, док са друге стране осовина пречника $\varnothing 60$ mm која је заварена за унутрашње маказе платформе, ослања се на сферни лежај, чиме остварује покретну везу.



Слика 31 – Централно улежиштење

6.1.4 Сигурносна полуга

Да би се смањила могућност повређивања лица које управља самом платформом, а самим тим да би се обезбедио сигуран у поуздан рад, да приликом спуштања платформе у доњи положај не би дошло до додира покретних повшина постављена је сигурносна полуга са доње стране лифта која је приказана на слици 32.

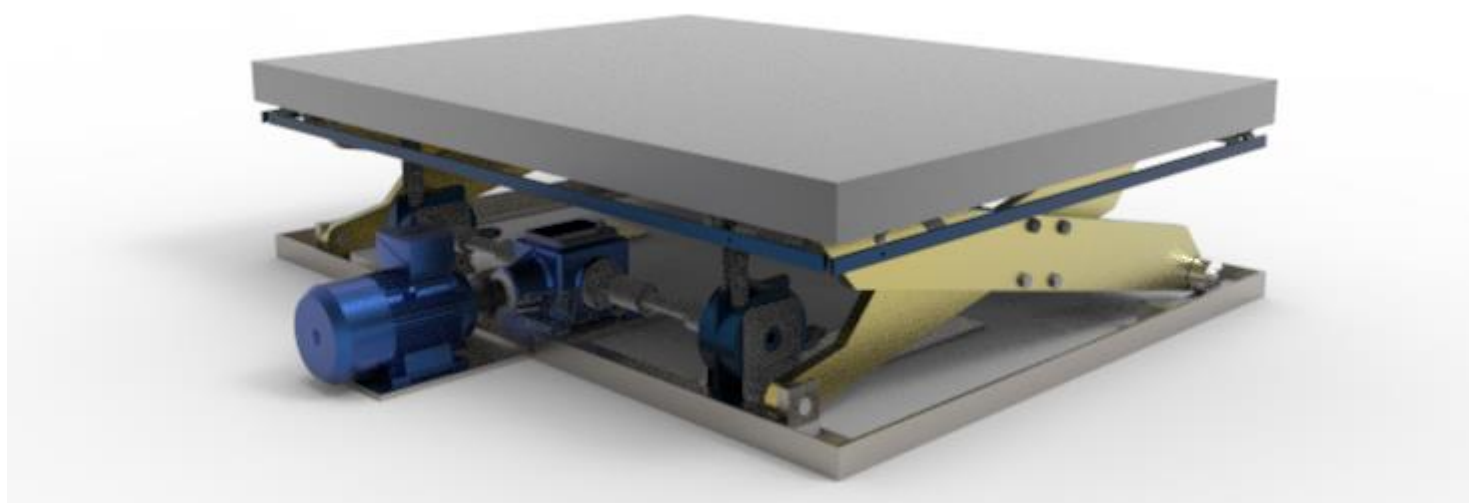
Полуга је постављена са све четири стране платформе, тако да при било којем супростављању кретања платформе, односно уколико се при кретању платформе јави отпор или платформа удари у неку површину, аутоматски удар ће активирати микро прекидаче постављене са доње стране. Укупан број микро прекидача коришћених на платформи јесте 8 (по два на свакој сигурносној полузи).

Микро прекидачи одају сигнал систему управљања, што аутоматски зауставља даља кретања платформе све док се дати отпор кретању не уклони.

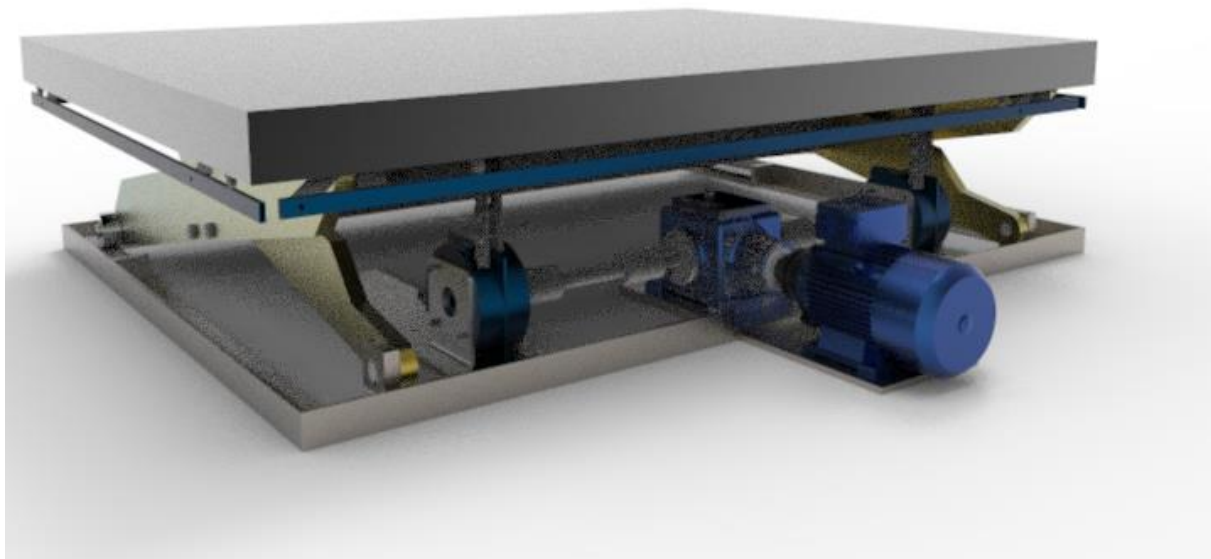


Слика 32 – Сигурносна полуга

Платформа за подизање терета предвиђена је за подизање терета масе до 2000kg. За подизање терета коришћени су линеарни ланци „SK12“ чија носивост према каталогу произвођача износи 12kN. Обзиром да су коришћена два оваква ланца укупна носивост износи 24kN, што је приближно једнако маси од 2,5t.



Слика 33 - Склопни 3D цртеж атформе



Слика 34 – 3D Приказ платформе за подизање терета

Сама платформа има могућност подизања терета на висину од 950mm, што испуњава потребне услове за рад. Доњи положај лифта, односно максимална могућност спуштања терета износи 290mm. Брзина подизања и спуштања терета условљена је брзином кретања ланца и износи 56mm/s.

7. Предности линеарних ланаца у односу на хидрауличне цилиндри

Линеарни ланац односно „*Push and pull chain*“ је нови производ који, како и сам његов назив гласи, може гурати и привлачити терет. Састоји се од чланака тако повезаних да када на њега делује оптерећење, чланци се међусобно блокирају и на тај начин формирају јединствену, круту везу.

Овај тип ланца у већини случајева се користи као механизам за подизање и спуштање терета, а његова најважнија карактеристика јесте високофреквентни рад који се не може постићи конвенционалном опремом за подизање. Поред тога овај механизам карактеришу мали габарити и компактност конструкције.

Основне предности лифтова који користе овај механизам за подизање и спуштање терета у односу на конвенционалне лифтове на хидраулични погон јесу:

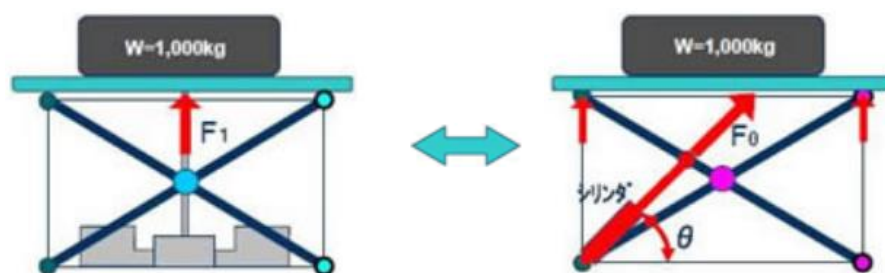
- Висока брзина подизања: операција је три до десет пута бржа од хидрауличне опреме за подизање,
- Висока фреквенција рада: континуирано подизање и спуштање,
- Висока издржљивост: у експерименталним тестовима издржљивости је извршено преко милион циклуса подизања и спуштања,
- Висока ефикасност: више од 20% енергетски ефикаснији вид манипулације терета у односу на хидрауличне системе подизања терета.

Једна од веома битних карактеристика при поређењу линеарних ланаца и хидрауличних цилиндара јесте сама позиција деловања силе. Као што је приказано на слици 32, сила која преноси оптерећење код линеарних ланаца делује директно на платформу, а самим тим је и оптерећење на маказе платформе као и на лежаче знатно мање.

Код хидрауличних платформи, сила делује под одређеним углом, који је често веома мали, тада цилиндар мора да оствари силу седам пута већу од самог оптерећења да би подигао платформу из почетног положаја и остварио кретање лифта.

Деловањем силе цилиндра под углом значајно утиче на оптерећење у маказама платформе, као и на њене димензије. Дакле, при подизању терета исте масе потребна је знатно већа сила хидрауличног цилиндра у односу на линеарни ланац, [11].

Такође, и значајан је утрошак материјала непходног за димензионисање маказа хидрауличне платформе, за разлику од платформе која користи линеарни механизам подизања.



Слика 32 – Упоредни приказ деловања силе при подизању терета [11]

Брз и високо фреквентни рад главна су одлика платформе која користи ланац. Линеарни ланац омогућава брзину подизања преко 50 m/min. Поређење брзина подизања платформе на линеарни механизам у односу на хидрауличне системе приказано је у табели 3, [11].

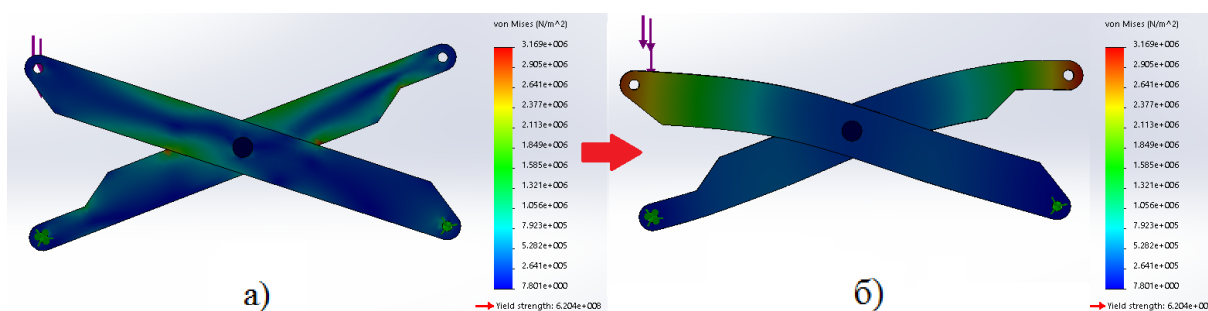
Табела 4 – Поређење линеарних ланаца и хидрауличних цилиндара [11]

Карактеристика	Линеарни ланац	Хидраулични цилиндар
Брзина подизања [m/min]	0 - 50	0 – 12
Учесталост	Могући учестали рад	Отежано због повећања температуре уља у систему
Радни циклус	1.000.000 -1.500.000	50.000-300.000

Експерименталном анализом приказаној на слици , утврђено је да деформације маказа платформе које преносе главна оптерећења различито делују на различите системе подизања терета.

Дакле, при истим габаритним димензијама маказа платформе на које делује исто оптерећење, коришћени су исти материјали за конструкцију маказа, а разликују се системи подизања терета. На првој слици 33а), платформа која користи линеарни ланац за подизање терета, сила делује управно на оптерећење, у том случају деформације маказа су минимална.

За разлику од платформе које користе линеарни систем, на слици 33б) приказане су маказе платформе која за подизање терета користи хидраулични систем, односно хидраулични цилиндар. Иако је оптерећење једнако на обе платформе, деформације полуа је значајно за разлику од полуа приказаних на слици 33а).



Слика 33 – Упоредни приказ деформација при истом оптерећењу

Овом анализом може се утврдити да су деформације значајно различите. Дакле, да би се пренело исто оптерећење маказе које користе хидраулични систем за подизање је потребно значајно ојачати, применом квалитетних материјала или нешто габаритнијом конструкцијом. Тиме се може закључити да примена линеарних ланаца значајно утиче на нешто економски исплатљивију инвестицију.

Сама разлика у трошку материјала, за два система подизања терета, је са економске стране веома значајна. Применом линеарних ланаца, смањују се габарити конструкције, самим тим и у трошак материјала за израду исте. Оптерећења у лежајевима су значано мања, па се при димензионисању могу бирати и мање захтевни и јефтинији лежајеви.

У поређењу са конвекционалним уређајима за подизање и спуштањ терета, платформе на које користе линеарни ланац су до 20% енергетски ефикаснији у односу на друге.

Штавише, ова ефикасност остаје непромењена и при брзинама од 1 до 50 m/min, или чак и ако је време циклуса смањено. Хидрауличне платформе имају малу ефикасност, а могу постати и неоперабилне због повећане температуре флуида у систему.

Неки линеарни ланци поседују регенерациону јединицу која враћа утрошену енергију на примарни систем електричне енергије када се платформа спусти, односно када се силом гравитације платформа враћа у почетни положај. На тај начин, читав систем има могућност да поврати до 30% утрошене енергије за подизање платформе, [11].

Закључак

Маказасте платформе за подизање и спуштање терета имају широку примену у свим гранама индустрије. Израђују се у различитим конструкционим решењима, што првенствено зависи од гране привреде где ће се користити.

Конструкција платформе дефинисана је избором погонског агрегата. У зависности где ће се примењивати постоје различите изведбе ових платформи.

До сада најчешћи вид подизања терета оствариван је применом хидрауличног система и то хидрауличним цилиндрима, где је често било неопходно да се читава конструкција предимензионише да би платформа успешно вршила своју функцију.

Применом новог система подизања терета то није неопходно, јер сила која врши подизање терета делује управно на платформу, чиме се значајно смањују деформације конструкције. За разлику од хидрауличних цилиндара који за исту масу терета, морају деловати 5-7 пута већом силом од линеарних ланаца да би извршили своју основну функцију.

У погледу управљања предност имају линеарни ланци, имају већу могућност регулације брзина, применом ових система могуће је постићи већи степен аутоматизације. Једна од основних предности линеарних ланаца у односу на хидрауличне системе јесте учесталост операције. За разлику од хидрауличних система учесталост је ограничена због загревања радног флуида који је веома запаљив, док линеарни ланци имају неограничен број радних циклуса при чему не може доћи до прекомерног загревања.

Систем линеарних ланаца ради практично без одржавања, без уља и масти и готово без хабања. Сервисирање је једноставно, сви делови су доступни и лако се могу заменити када је то потребно, за разлику од хидрауличног система, где је одржавање и сервисирање учесталије.

Литература

- [1] Ивановић, Л., Кузмановић, С., Вереш, М., Марковић, Б.: Индустијски дизајн, Машински факултет, Крагујевац, 2015.
- [2] Николић, В.: Машински елементи, Машински факултет, Крагујевац, 2004.
- [3] <http://www.dataengineering.com/downloads/industrial-scissor-lift.pdf> - приступљено сајту 27.09.2017
- [4] http://www.mikroknjiga.rs/Knjige/HIDR/01_HIDR.pdf - приступљено сајту 02.10.2017
- [5] http://www.engineeringtoolbox.com/pneumatic-cylinder-force-d_1273.html - приступљено сајту 05.10.2017
- [6] <http://enkon.pro/blog/ball-screw-acme-screw-scissor-lift-table-manufacturer-for-industrial-automation/> - Приступљено сајту 15.11.2017
- [7] <http://screwjackliftingsystem.blogspot.rs/2013/07/screw-jack-scissor-lift-table-screw.html> - Приступљено сајту 20.11.2017
- [8] https://www.grob-antriebstechnik.de/kataloge/lineare_antriebstechnik/#1 - Приступљено сајту 5.10.2017
- [9] http://www.serapid.com/sites/default/files/public/pdfs/serapid_gb_linklift_techinc.pdf - Приступљено сајту 5.10.2017
- [10] http://emp.etf.rs/radovi/Pomocna_literatura/sever.pdf - Приступљено сајту 29.10.2017
- [11] <http://tsubakimoto.com/materials-handling/high-speed-lifter/zip-chain-lifter/> - Приступљено сајту 20.10.2017