

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи транспортних машина

Број индекса: 163/2013

Радован П. Живановић

**Примена навојног вретена код покретних
подизних платформи
завршни рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Родољуб Вујанац, доцент - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Опише улогу и област покретних подизних платформи
- Детаљно опише примену навојног вретена код покретних подизних платформи
- Изврши прорачун и избор елемената покретне подизне платформе са навојним вретеном на конкретном примеру

Препоручена литература:

[1] Индустијски транспорт I део, , издање, Сарајево, 2014;

[2] Zimmscrewjacks;

[3] Проф. Др. Вера Николић, Машински елементи, издање, Крагујевас; 2004.

Крагујевац, октобар 2016

Ментор:

Др Родољуб Вујанац, ред. Проф.

Изјављујем да је овај завршни рад моје ауторско дело и да сам га написао самостално, служећи се стеченим знањем и наведеном литературом.

Срдачно се захваљујем свом ментору, проф. Др Родољубу Вујанцу, на избору теме и помоћи приликом реализације завршног рада, који ме је на прави начин упутио и надзирао кроз цели поступак израде.

САДРЖАЈ

1.0 Увод.....	1
2.0 Подела транспортних машина	1
3.0 Подизне платформе са навојним вретеном	3
3.1 Врсте и намена подизних платформи са навојним вретеном	3
4.0 Покретна подизна платформа са навојним вретеном	5
4.1 Опште напомене.....	5
4.2 Принцип рада механизма за подизање терета	6
4.3 Делови покретне подизне платформе	6
4.3.1 Електромотор	7
4.3.2 Редуктор.....	8
4.3.2.1 Кућиште редуктора	9
4.3.2.2 Пуж и пужни зупчаник	10
4.4 Навојно вретено.....	11
4.5 Рачваста глава.....	15
4.6 Заштитна гума	16
5.0 Прорачун и избор елемената механизма покретне подизне платформе.....	17
5.1 Полазни подаци	17
5.2 Избор редуктора.....	18
5.3 Избор навојног вретена	18
5.3.1 Избор дужине заштитне цеви навојног вретена.....	19
5.4 Избор електромотора.....	22
5.5 Брзина дизања	24
5.5.1 Прорачун брзине дизања.....	25
6.0 Употреба и одржавање механизма за подизање терета.....	26
6.1 Захтеви за заштиту здравља и безбедност	26
6.1.2 Опште напомене.....	26
6.1.3 Заустављање у случају опасности	27
6.4.1 Ризик од лома у току рада	27
6.2. Одржавање система	28
6.2.1 Подмазивање	28
7.0 Закључак	31
8.0 Литература.....	32

РЕЗИМЕ

У овом раду дат је преглед покретних подизних платформи и њихових елемената, који се све више примењују у разним гранама индустрије. Применом навојних вретена за израду механизма за подизање терета, постиже се знатно смањење масе конструкције, мале димензије у зависности од примене и добијање вишеструко веће излазне снаге од уложене. Истакнути су елементи целокупног система покретне подизне платформе, као и њихова израда. Кроз конкретан пример прорачуна објашњен је поступак прорачуна и избора елемената покретне подизне платформе.

Кључне речи: навојно вретено, покретна платформа, редуктор,

ABSTRACT

This essay provides an overview of mobile lifting platforms and their elements., which are increasingly used in various industries. By applying the threaded spindle to create mechanisms for lifting, a considerable reduction of mass construction, small size depending on the application and obtaining several times higher output power than invested. Featured are elements of the overall system of movable lifting platforms, as well as their preparation. Through the example of the calculation procedure is explained in the process of some basic parameters relevant for raising and lowering the load.

Keywords: threaded spindle, mobile platform, reducer

1.0 Увод

Култура и градитељство старих цивилизација поставили су захтеве за транспортом и подизањем тешких камених блокова великих димензија при градњи великих грађевина. Као резултат таквих потреба широко су се примењивале полуге и катураче, што је довело до првих конструкција дизалица.

Као зачетнике претоварне механизације треба поменути:

- Градитеље старог Египта и Рима који су простим средствима обављали послове подизања и премештања терета на велика растојања и висине ;
- Архимеда који се бавио практичним испитивањем и конструкцијом машина ;
- У средњем веку треба поменути име Леонарда Да Винчија који је за собом оставио велики број скица механичких направа, машина и механизма.

Основна карактеристика целокупног раздобља до почетка индустријске револуције јесте да се за реализацију претоварних операција углавном користи људска снага, а механизација се примењује само при руковању теретима за чије манипулисање та снага није била довољна. Индустријска револуција с краја XVIII и почетка XIX века представљала је почетак фабричке производње. То је био и почетак модерне индустрије, онакве какву данас познајемо.

Коришћење техничких средстава за дизање и преношење тешких појединачних терета и великих количина материјала била је нужност и тежња људског друштва још у далекој прошлости. Интензивним развојем индустријске производње са једне стране и повећањем потрошње са друге стране истакнут је у први план проблем транспорта робе, [1].

2.0 Подела транспортних машина

У зависности од растојања на које се премешта терет (материјал) при транспорту он се дели на:

- спољашњи транспорт,
- унутрашњи транспорт.

Средства транспорта роба и разних материјала су специфична свака понаособ, те се они по својим основним карактеристикама, начину рада деле у две групе:

- средства континуалног непрекидног транспорта,
- средства дисконтинуалног или прекидног транспорта и

Битно је напоменути и техничке и техничко економске показатеље којима се може изразити учешће механизације. Капацитетом или учинком се дефинише извршени посао у јединици времена и приликом одређивања капацитета узимају се оптимални услови рада. По начину рада и основним конструкционим карактеристикама можемо их поделити у две, (слика 1.) основне групе и то:

1) **Средства континуалног непрекидног транспорта** у које се материјал на једном крају отвара и у континуитету пребацује на место уградње, потрошње или ускладиштења. Та средства су:

- тракасти транспортери,
- грабуљасти транспортери,
- једноланчани и дволанчани елеватори, брзоходни и спороходни,
- конвејери са виљушкама,
- жичаре са једним или два ужета, за превоз терета и људи.

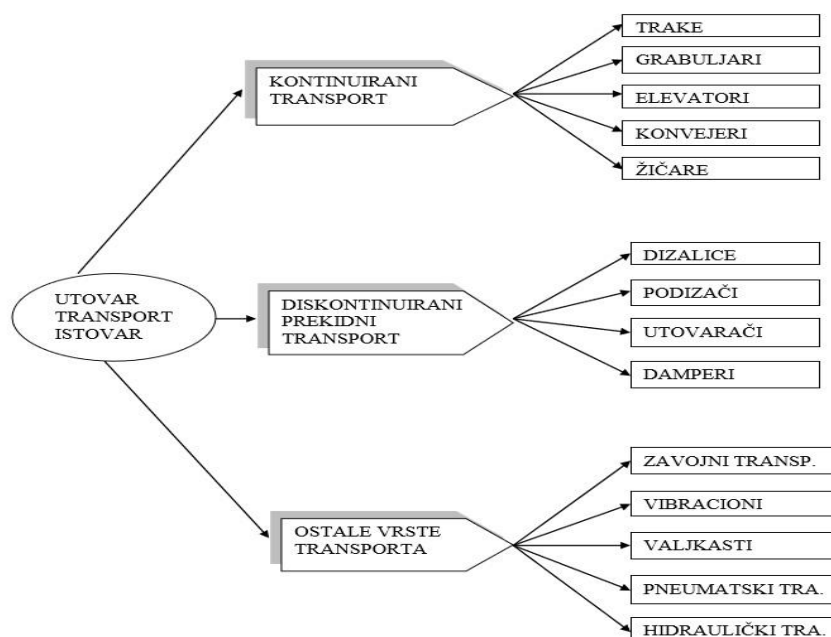
2) **Средства дисконтинуалног или прекидног транспорта** су најбројнија и по конструкционим карактеристикама најразличитија. Нека имају неограничен радијус кретања, а има их и са ограниченим радијусом кретања, на пример машине на електро погон. Сврставамо их у следеће групе:

- дизалице и кранови,
- подизачи,
- лифтови,
- виљушкарни,
- дизалице.

Код машина са прекидним радом радни елемент има свој радни - продуктивни ход (премештање терета) и повратни - празан ход (радни елемент се враћа по нови захват). Премештање терета се врши у циклусима (периодичном сменом). Наведене категорије средстава користе се при реализацији различитих класа задатака у оквиру логистичких система, а као типични задаци могу се издвојити: истовар транспортних средстава, транспорт робе, међуфазно складиштење, ускладиштење, сортирање или сабирање робе, паковање и утовар робе у транспортна средства.

За дизање терета на мале висине (од 300-500 mm) примењују се покретне дизалице са навојним вретеном. Оне имају малу тежину и зато се лако могу преносити. Примењују се најчешће код монтажних и ремонтних радова, складиштима, [1].

Дизалице са навојним вretenом примењују за терете од (0-200 kN), а њихова брзина дизања је (100-1500 mm/min). Угао пењања завојнице мора бити мањи од угла трења да се дизалица не би сама спуштала под притиском терета. Он је обично од 4° - 5° .



Слика 1. Блок шема подела транспорта [1]

3.0 Подизне платформе са навојним вretenом

Са повећањем нивоа технологије, тежи се да напори људства за било какав посао буду што мањи. Напори потребни за постизање жељеног циља могу ефикасно и економично да се смање спровођењем бољег дизајна, па тако дизалице са навојним вretenом имају све већу примену.

Навојна вретена се користе за претварање обртног кретања у транслаторно кретање. То је пример навоја код ког се мала сила примењује у хоризонталној равни за постизање подизања или спуштања великог терета. Предност оваквог механизма јесте то што се са уложеном малом силом на улазу добија много већа излазна сила за обављање неког рада.

3.1 Врсте и намена подизних платформи са навојним вretenом

Велика предност навојног вретена јесте велики дијапазон употребе, како код машина или механизма малих снага, тако до примене великих вретена код машина великих снага и оптерећења.

Примери примене навојног вретена могу бити:

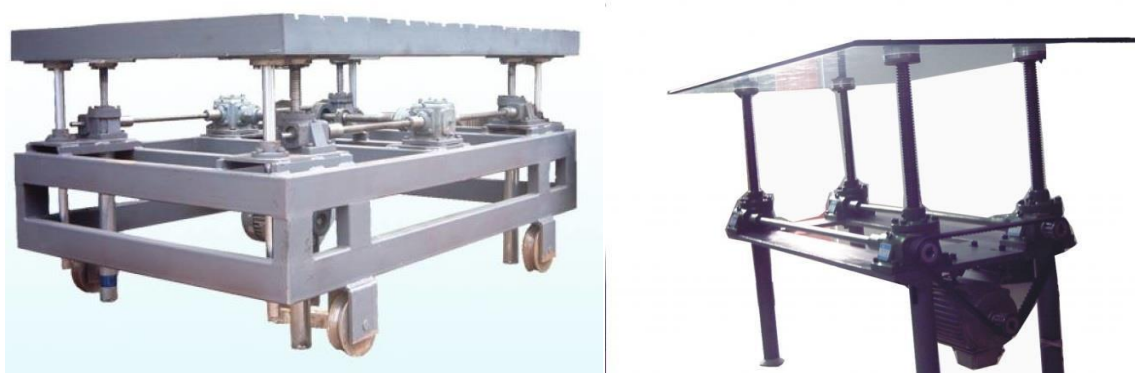
- ручна дизалица, (слика 2.) ,
- мобилне расклопиве подизне платформе, (слика 3.),
- покретни и стационарни подизни столови, (слика 4.)



Слика 2. Ручна дизалица са навојним вретеном и њена примена [2]



Слика 3. Мобилне расклопиве подизне платформе [2]

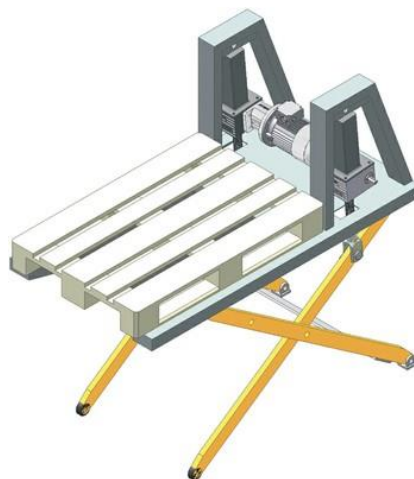


Слика 4. Покретни и стационарни подизни столови [2]

4.0 Покретна подизна платформа са навојним вretenом

4.1 Опште напомене

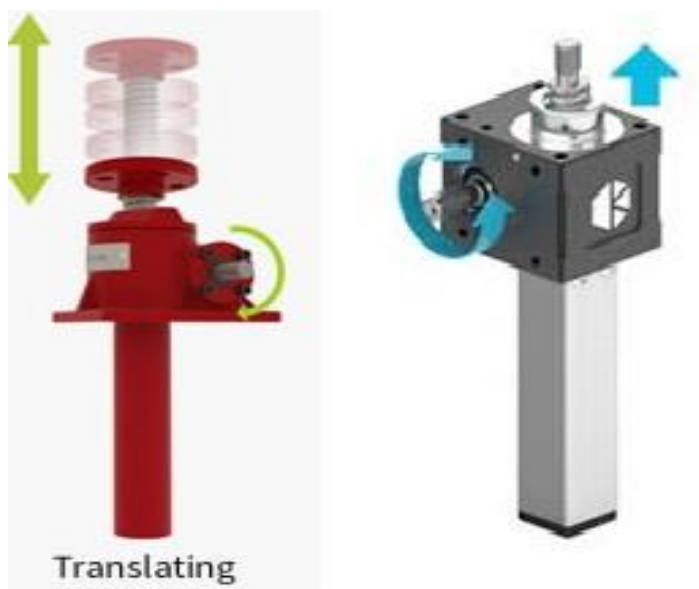
Конструкција ове подизне платформе (слика 5.) је израђена од кутијастих профила. Механизам је погоњен електромотором. Електромотор има два излаза, за два редуктора са којима је спојен вратилима и еластичним спојницама, што значи да се снага дели на два дела. Редуктор у себи садржи пужни пар који смањује број обртаја електромотора на улазу, а повећава обртни момент на излазу. Вретена су једним крајем зглобно везана за покретну маказасту конструкцију подизне платформе, док се други крајеви налазе у херметично затвореним кутијама са мазивом.



Слика 5. Покретна подизна платформа [3]

4.2 Принцип рада механизма за подизање терета

Број обртаја електромотора се вратилима преко елестичних спојница преноси до редуктора. Вретено је преко спољашњег навоја прирубнице у спрези са пужним зупчаником. Крај вретена је рачвастом главом спојен за покретни маказсти механизам. При кретању, врше обртно кретање, будући да су прирубнице редуктора статичне, а вретена на својим крајевима везана рачвастом главом за маказсти механизам, долази до претварања обртног кретања вретена у транслаторно кретање платформе, (слика 6.).

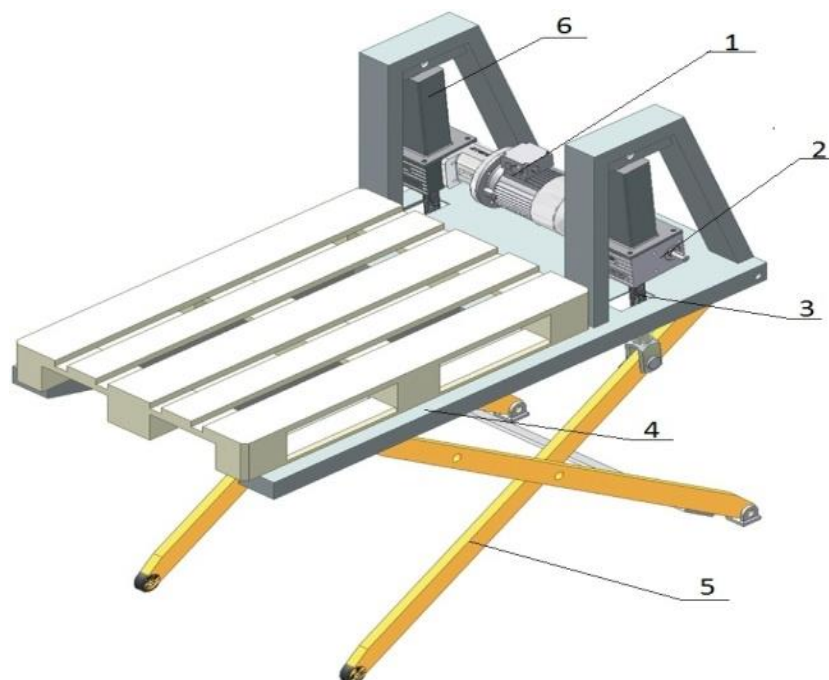


Слика 6. Принцип рада механизма [4]

4.3 Делови покретне подизне платформе

Делови покретне подизне платформе приказани на (слици 7.) су:

1. електромотор,
2. редуктор,
3. навојно вретено са заштитном гумом,
4. платформа на коју се ставља терет,
5. маказсти механизам,
6. заштитна цев навојног вретена.



Слика 7. Покретна подизна платформа са назначеним деловима [3]

4.3.1 Електромотор

Електромотори, (слика 8.) су уређаји који електричну енергију користе за механички рад. Данас се најчешће користе за покретање разних машина јер су лагани, економични, покретљиви, тихо раде, лако се покрећу, не загађују ваздух и при раду су сигурни. Користе се за рад на монофазну или на трофазну струју.

Данас се у индустрији у већини погона користе асинхрони кавезни електромотори, пре свега због своје једноставности у одржавању и ниске цене коштања.

Асинхрони (кавезни) електромотори се користе код дизалица, вентилатора, алатних машина.

Добре особине су:

- једноставне конструкције,
- ретко се квари,
- ради бешумно и
- не варничи при раду.

Према конструкцији могу се сврстати у две групе и то:

- са редном везом и
- моторе са паралелном везом.

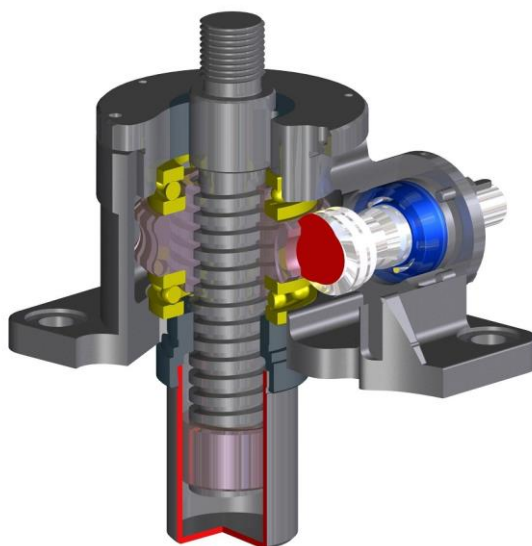
Електромотори једносмерне струје су врло распрострањени. Често се користе за електро-моторне погоне променљиве брзине, због врло једноставне регулације брзине. [5].



Слика 8. Електромотор [6]

4.3.2 Редуктор

Редуктор је механички преносник снаге који служи да пренесе снагу са погонске на радну машину и да при том број обртаја и обртни момент на вратилу погонске машине прилагоди потребном броју обртаја и обртном моменту на вратилу радне машине(слике 9. и 10). Састоји се од једног или више зупчастих парова који су смештени у засебно кућиште. Код овог механизма у питању је једноступени редуктор, то јест само један пар зупчаника, (пужни пар).



Слика 9. Пресек редуктора подизне платформе [7]



Слика 10. Пример изабраног механизма подизне платформе [7]

Пренос обртног момента се врши преко пужног пара који се налази у редуктору. Снагу, жељени обртни момент добијамо са електромотора. Пужни преносник и вратило електромотора су спојени преко спојница, а њихова веза обезбеђена је клином.

Основни делови редуктора су:

- кућиште редуктора, (слика 11.),
- пуж, (слика 12.),
- пужни зупчаник, (слика 13.).

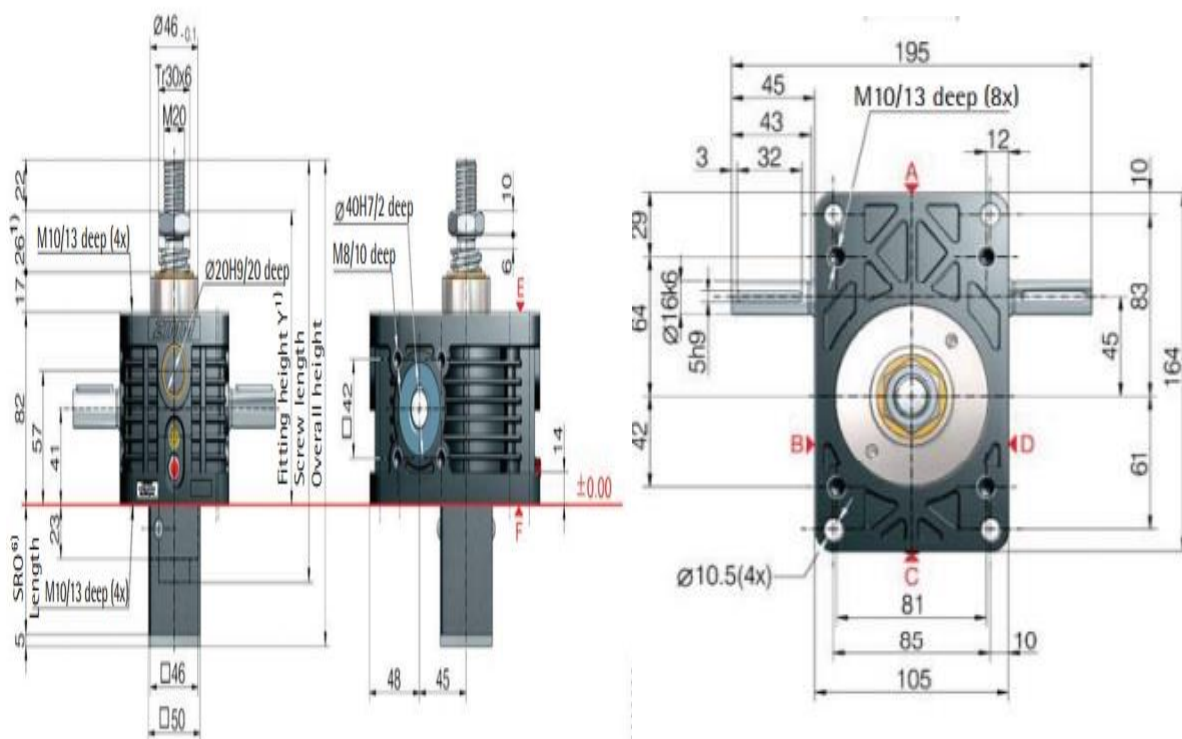
4.3.2.1 Кућиште редуктора

Ливена кућишта, (слика 11.), се израђују од сивог лива. Ливење се користи за серијску производњу редуктора. Могу се израђивати веома сложени облици.

Приликом конструисања ливених кућишта треба водити рачуна о следећим чињеницама:

- Радијусима и нагибима,
- Дебљинама зидова,
- Спајању зидова,

- Нагомилавању маса,
- Напонским стањима (треба избегавати савијање и истезање),
- Конструисању контуре одливка (да би могао да се вади из калупа),
- Додацима за механичку обраду (истицању површина предвиђених за механичку обраду), [8].



Слика 11. Кућиште редуктора са назначеним димензијама. [3]

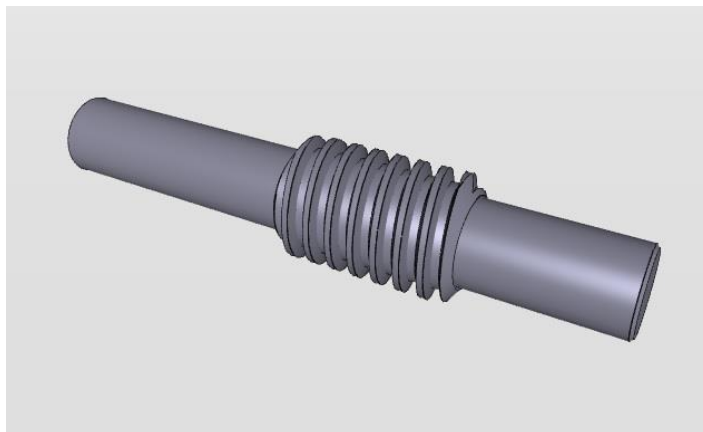
4.3.2.2 Пуж и пужни зупчаник

Пуж је погонски елемент овог редуктора, (слика 12.). Он је мањег пречника од пужног зупчаника и у спреси су. Улазни обртни момент на пужу, добија са електроотора. Пуж и пужни зупчаник имају трапезни навој. Употребом пужних преносника остварује се велики степен искоришћења, као и пренос великих снага. Израђује се од челика који је каљен и брушен, [3].

Предности пужних зупчаника:

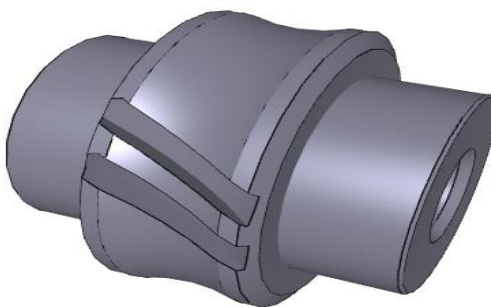
- врло велики пренос снага,
- тих рад,

- велика носивост,
- велики век рајања.



Слика 12. Пуж [3]

Пужни зупчаник, (слика 13.) се израђује од мекшег материјала, па се тако израђују од разних врста бронзе, легуре цинка, легуре алуминијума, сивог лива... [3]

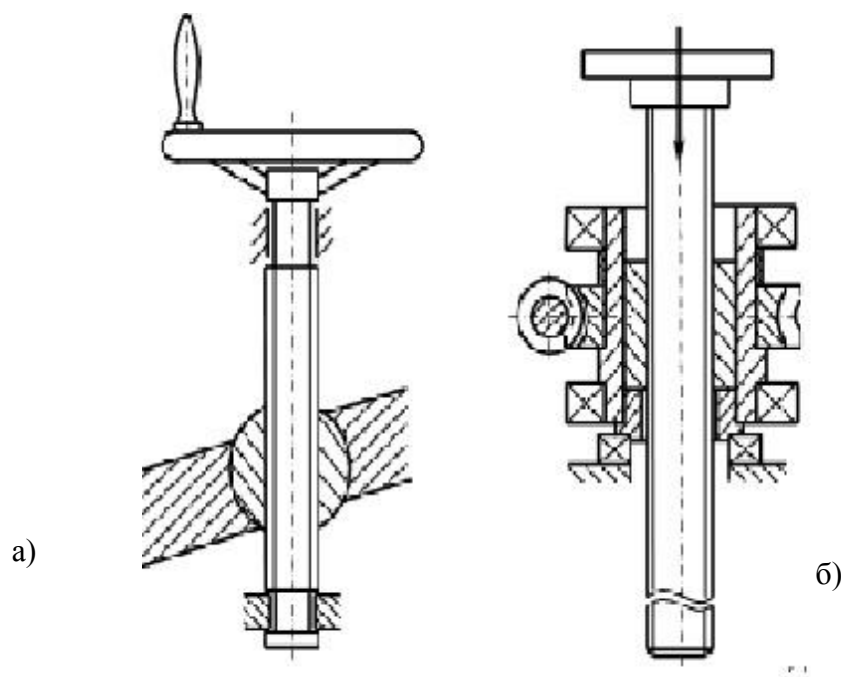


Слика 13. Пужни зупчаник [3]

4.4 Навојно вретено

Покретни навојни спојеви обезбеђују спрегнуто релативно кретање спојених делова, претварање обртног кретања у праволинијско као и претварање обртног момента у аксијалну силу. Основни делови покретног навојног споја су део са спољним навојем (навојно вретено) и део са унутрашњим навојем (навртка) са којима су спојени делови између којих се остварује релативно кретање. Покретање се може остваривати ручно (ручни погон) (слика 14. а), а и помоћу извора механичке енергије (моторни погон), (слика 14.б). Примењују се за дефинисање тачног релативног односа покретних делова код мерних инструмената и мерних машина, за подешавање положаја радних елемената код

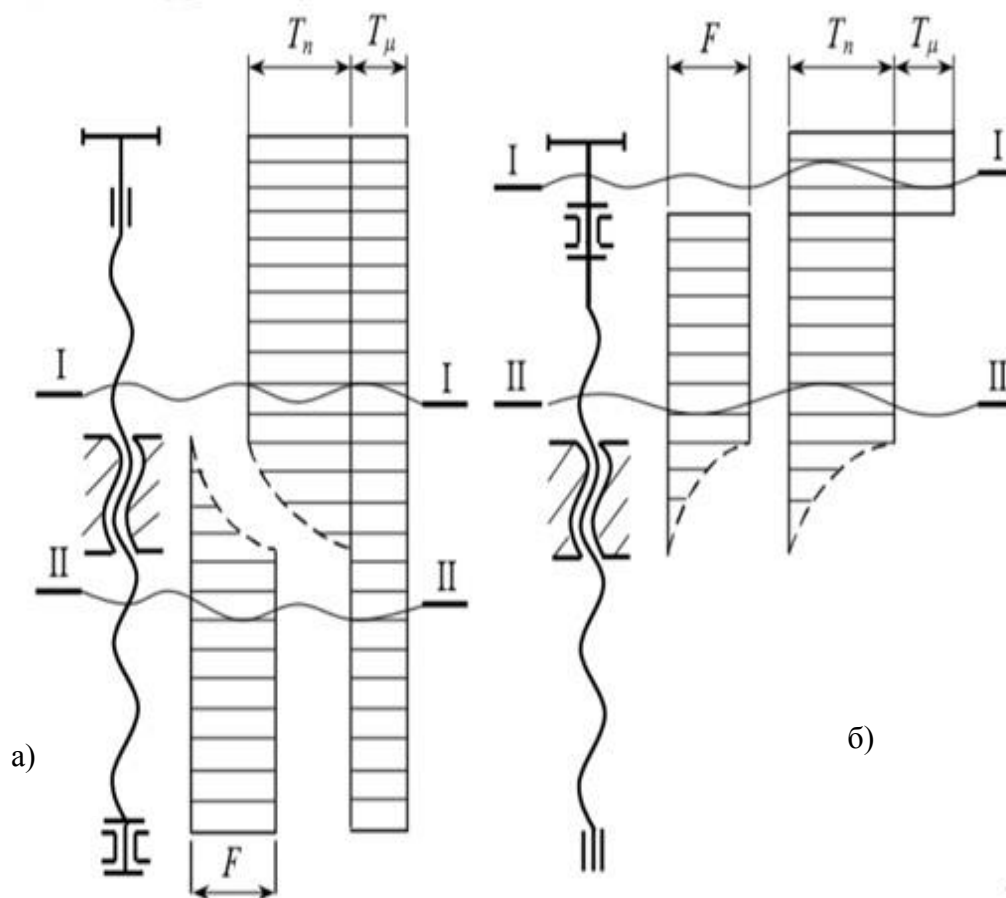
алатних и других машина, за трансформацију обртног момента у уздужну силу код дизалице са навојним вретеном, пресе са навојним вретеном, код ручних алата за остваривање трајних и повремених сила (стеге, свлакачи). На (слици (14)) приказана су два примера покретног навојног споја, један са ручним погоном, а други је са моторним погоном код којег се навртка окреће посредством пужног преносног пара.



Слика 14. Покретни навојни спојеви: а) са ручним погоном, б) са моторним погоном [9]

У правцу средње завојнице у навојном пару остварује се клизање брзином V_k која је пропорционална брзини аксијалног кретања V_a и обимној брзини у правцу тангенте на средњи цилиндар навоја V_t . При сваком од n обрта оствари се аксијални померај од једног хода навоја $P_x = zP$, где је z -број ходова навоја. Услед клизања степен искоришћења η покретног навојног споја није велики.

На смањење степена искоришћења покретног навојног споја утиче и трење у аксијалном ослоњу навојног вретена. Ако је овај ослонац клизни (слика 15.а)) средњи пречник где делује сила трења у овом ослоњу је d_p . Ако је ослонац котрљајни (слика 15.б)) овај пречник једнак је d_p и једнак је 0.

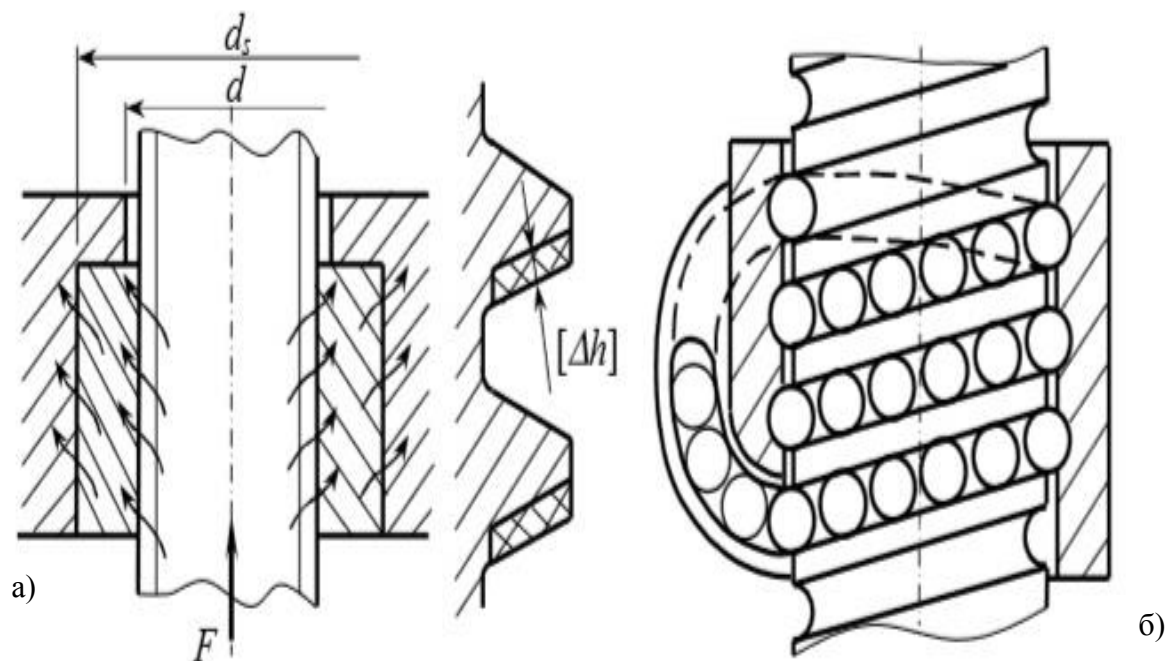


Слика 15 .Оптерећење навојног вретена: а) Момент делује са друге стране аксијалног ослонаца, б) Момент делује на истој страни где и аксијални ослонац [9]

Навојно вретено је изложено дејству уздужне силе F између навртке и аксијалног ослонаца. Момент којим се савладавају отпори у навоју T_n и отпори у аксијалном ослонцу T_μ ($T = T_n + T_\mu$), код неких се вретена уводи са исте стране где се налази аксијални ослонац, а код других са супротне стране, посматрано у односу на навртку. На слици (14 а) обртни момент се уводи са супротне стране од аксијалног ослонаца тако да су момент и сила равномернојераспоређени дуж вретена. У другом случају, код којег се и момент и сила уводе са исте стране (слика 14 б), и аксијално и торзионо оптерећење трпи само један део вретена.

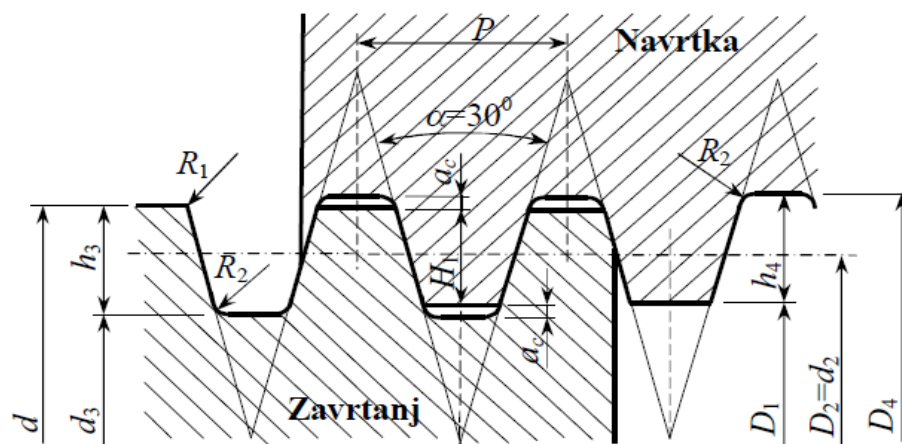
Навојно вретено је у пресеку I-I (слика 15) изложено простом напрезању на увијање моментом $T_t = T = T_n + T_\mu$. Ако је у аксијалном ослонцу котрљајни лежај, $T_\mu = 0$, $T_t = T_n$. Критични напон за навојно вретено, по правилу је статичка чврстоћа.

Услед кретања навртке дуж вретена, мења се положај пресека са највећим напонам што значајно смањује могућност лома услед замора.



Слика 16. Навртка покретног навојног споја а) клизна б) котрљајна [9]

Навртка покретног навојног споја је веома сложено напрегнута. Под дејством силе F навојци су изложени површинском притиску, савијању и смицању. Услед клизања и површинског притисака, навојци навртке се хабају тј. скида се слој материјала који је на слици 16 а) означен са Δh . Због бољих клизних својстава, навртка је од бронзе, најчешће калајне, што додатно смањује носивост. Хабањем се смањује дебљина навојака, повећава се зазор и смањује тачност навојног споја. Величина притиска који се може допустити на додиру навојака зависи од критичне похабаности Δh тј. од брзине клизања, времена рада и потребне тачности споја. За навојне спојеве ручних алата то је око 50 N/mm^2 , а код навојних преносника на моторни погон (слика 15 .б)) N/mm^2 . За повећану тачност рада овај се притисак смањује и до 5 N/mm^2 . Висока тачност положаја спојених делова, смањени отпори кретања и довољна носивост постиже се применом котрљајне навртке и вретена (сл.16 б)). Навојци су замењени завојним жлебовима по којима се котрљају куглице. Када куглица стигне до краја навртке, враћа се на почетак кроз повратни канал за рецикулацију. Осим навртки са куглицама развијене су и навртке са навојним ваљцима, (слика 18.). Трапезно навојно вретено је добило име према свом облику навоја (слика 17). Теоријски профил овог навоја је једнакокраки троугао са углом профила 30° . Стварни профил је добијен тако што је извршено велико скраћење врхова теоријског профила, па је стварни облик добио облик трапеза. Стандардима је предвиђен навој са ситним, нормалним и крупним кораком, [10].



Слика 17. Трапезни метрички навој [9]



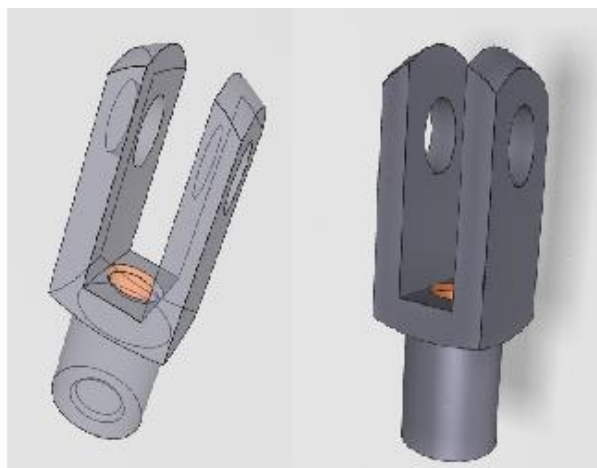
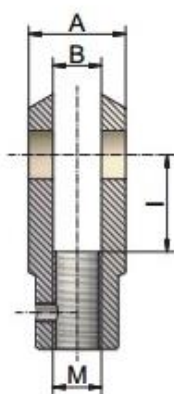
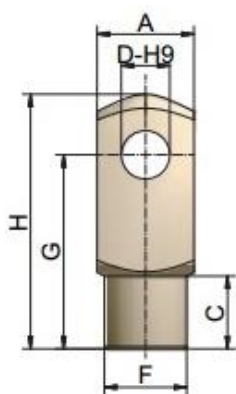
Слика 18. Трапезно и куглично навојно вретено [4]

4.5 Рачваста глава

Рачваста глава, (слике 19 и 20) је зглобно везана за конструкцију вретена. Кретањем вретена она је та која подиже и спушта маказсти механизам, [3].



Слика 19. Механизам за подизање са рачвастом главом [3]



Слика 20. Рачваста глава [3]

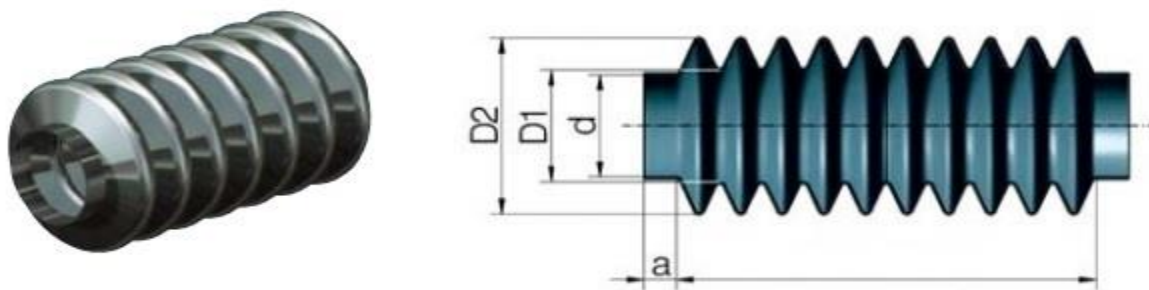
4.6 Заштитна гума

Основни циљ гуме (слика 21.) је заштитити завртња, посебно на местима монтажа, од грађевинског земљишта, прашине, опиљака брусилце, вара. Такође је и термална изолација.

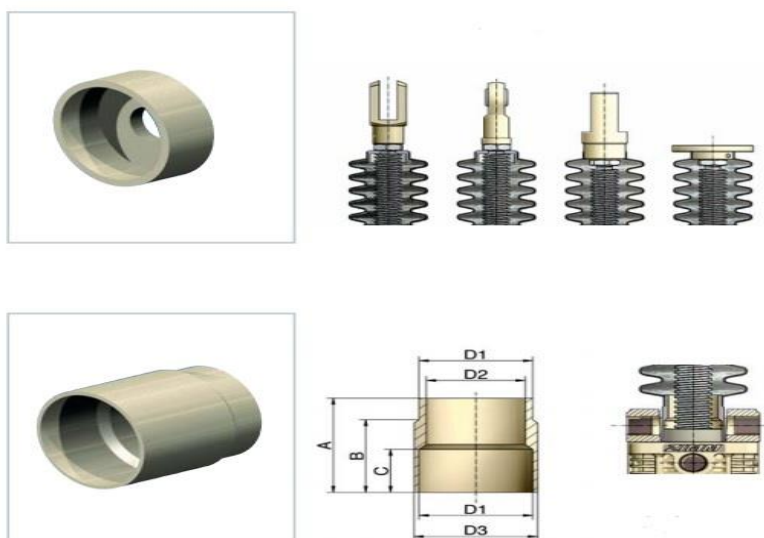
Израђују се од ПВЦ пластике, предвиђене су за радове при тешким условима рада. Оперативна температура је од -20 [°C] до $+75$ [°C].

Гума не сме бити притиснута на дужину мању од препоруке произвођача, нити сме бити развучена ван својих димензија. Мехови не смеју додиривати навој при кретању, зато што

може доћи до озбиљног оштећења. Да не би дошло до штете користе се прстенови (слика 22.) као подршка против оштећења, [3].



Слика 21. Заштитна гума вретена [3]



Слика 22. Прстен заштитне гуме [3]

5.0 Прорачун и избор елемената механизма покретне подизне платформе

5.1 Полазни подаци

Димензионисати елементе покретне подизне платформе, ако је познато максимално оптерећење:

- $F = 25 \text{ [kN]}$
- Висина дизања $l = 475 \text{ [mm]}$

5.2 Избор редуктора

Редуктор се бира на основу максималног оптерећења, према табели 1.

Табела 1. Типови редуктора [3]

5 kN	S	$i=4:1$ $i=16:1$	Aluminium	18x4	16x5 16x10	
	R	$i=4:1$ $i=16:1$	Aluminium	18x4	16x5 16x10	18x4
10 kN	S	$i=4:1$ $i=16:1$	Aluminium	20x4	25x5 25x10 25x25 25x50	20x4
	R	$i=4:1$ $i=16:1$	Aluminium	20x4	25x5 25x10 25x25 25x50	20x4
25 kN	S	$i=6:1$ $i=24:1$	Aluminium	30x6	32x5 32x10 32x20 32x40	30x6
	R	$i=6:1$ $i=24:1$	Aluminium	30x6	32x5 32x10 32x20 32x40	30x6
35 kN	S	$i=7:1$ $i=28:1$	GGG-50	40x7		40x7
	R	$i=7:1$ $i=28:1$	GGG-50	40x7	40x5 40x10 40x20 40x40	40x7
50 kN	S	$i=7:1$ $i=28:1$	GGG-50	40x7 50x8	40x5 40x10 40x20 40x40	40x7
	R	$i=7:1$ $i=28:1$	GGG-50	40x7	40x5 40x10 40x20 40x40	40x7
100 kN	S	$i=9:1$ $i=36:1$	GGG-50	55x9	50x10 50x20 50x40	55x9

Усвојен је редуктор S верзије.

5.3 Избор навојног вретена

Дужина навојног вретена се рачуна према изразу (5.1):

$$L = z + x + t + g = 250 + 180 + 44 + 45 = 519 \text{ [mm]} \quad (5.1)$$

Где су:

- $z = 250 \text{ [mm]}$ - замах [mm], бира се из табеле 2.
- $x = 180 \text{ [mm]}$ - основна дужина [mm], бира се из табеле 2.
- $t = 44 \text{ [mm]}$ – дужина вратила вретена лежаја и рачвасте главе [mm], бира се из табеле 2.
- $g = 45 \text{ [mm]}$ - граничник [mm], бира се из табеле 2.

Табела 2. Вредности дужина параметара навојног вретена [3]

GSZ-2 to Z-150:		GSZ-2	Z-5	Z-10	Z-25	Z-35	Z-50	Z-50/Tr50	Z-100	Z-150
Tr basic length	Tr	118	139	161	180	219	240	263	338	342
KGT basic length	KGT	-	16x05 203	25x05 240	32x05 272	-	40x05 324	-	50x10 ⁹¹ 420	63x10 ⁹² 432
		-	16x10 224	25x10 260	32x10 282	-	40x10 324	-	50x20 ⁹¹ 460	63x20 ⁹² 506
		-	-	25x25 330	32x20 312	-	40x20 354	-	50x10 ⁹¹ 456	63x10 ⁹² 460
		-	-	25x50 460	32x40 382	-	40x40 414	-	50x20 ⁹¹ 496	63x20 ⁹² 500
		-	-	-	-	-	-	-	50x40 ⁹¹ 576	63x40 ⁹² 580
-	-	-	-	-	-	-	-	-	63x60 ⁹² 660	
Tr basic length with safety nut	Tr	-	-	219	239	280	305	-	411	423
Escape/rotation protection AS/VS	Tr/KGT	15	15	20	20	30	30	30	30	30
Limit switch ES ⁹¹	Tr	43	43	45	45	59	55	55	45	45
ES ⁹¹ and pivot bearing plate KAR	Tr	65	64	65	69	85	80	80	90	95
Limit switch ES ⁹¹	KGT	-	16x05 38	25x05 40	32x05 40	-	40x05 50	-	50x10 45	63x10 45
		-	16x10 28	25x10 30	32x10 35	-	40x10 50	-	50x20 30	63x20 30
		-	-	25x25 20	32x20 20	-	40x20 35	-	50x40 30	63x40 30
		-	-	25x50 20	32x40 20	-	40x40 30	-	-	63x60 30
ES ⁹¹ and pivot bearing plate KAR	KGT	-	16x05 59	25x05 60	32x05 64	-	40x05 75	-	50x10 90	63x10 95
		-	16x10 49	25x10 50	32x10 59	-	40x10 75	-	50x20 70	63x20 75
		-	-	25x25 20	32x20 44	-	40x20 60	-	50x40 30	63x40 35
		-	-	25x50 20	32x40 20	-	40x40 30	-	-	63x60 30
Bellows with bellows fixing ring (GK/KGK) ⁹¹	ZD-1	ZD-2	ZD+1	ZD+5	ZD+10	ZD+10	ZD+8	ZD-2	ZD-2	
Bellows without bellows fixing ring (BF/SLK) ⁹¹	ZD-18	ZD-22	ZD-24	ZD-26	ZD-36	ZD-36	ZD-40	ZD-50	ZD-22	
Bellows and KAR with FBR (GK/KGK) ⁹¹	ZD+32	ZD+31	ZD+28	ZD+46	ZD+63	ZD+63	ZD+81	ZD+60	ZD+68	
Bellows and KAR without FBR (BF/SLK) ⁹¹	ZD+15	ZD+11	ZD+3	ZD+15	ZD+17	ZD+17	ZD+33	ZD+12	ZD+48	

Z-250 to Z-1000:		Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
Tr basic length	Tr	370	424	552	619	643
KGT basic length	KGT	80x10 561	100x20 663	125x25 823	140x25 976	160x25 1024
		80x20 601	100x40 743	125x40 883	140x40 1036	160x40 1084
		80x40 681	100x60 823	125x60 963	140x60 1116	160x60 1164
		80x60 761	100x80 943	125x80 1043	140x80 1196	160x80 1244
Tr basic length with safety nut	Tr	507	-	-	-	-
Escape/rotation protection AS/VS	Tr/KGT	30	35	40	40	40
Limit switch ES ⁹¹	Tr	43	46	40	48	48
Limit switch ES ⁹¹	KGT	80x10 43	100x20 35	125x25 40	140x25 40	160x25 40
		80x20 30	100x40 35	125x40 40	140x40 40	160x40 40
		80x40 30	100x60 35	125x60 40	140x60 40	160x60 40
		80x60 30	100x80 35	125x80 40	140x80 40	160x80 40
Bellows with bellows fixing ring (GK/KGK) ⁹¹	ZD-2	ZD-2	ZD-22	ZD-22	ZD-22	ZD-22
Bellows without bellows fixing ring (BF/SLK) ⁹¹	ZD-22	ZD-22	ZD-22	ZD-42	ZD-42	ZD-42

5.3.1 Избор дужине заштитне цеви навојног вретена

Избор дужине заштитне цеви врши се према изразу (5.2), [3].

$$L_c = z_c + x_c + t_c \quad 250 + 53 + 72 = 375 \text{ [mm]} \quad (5.2)$$

Где су:

- $z_c = 250$ [mm]- дужина слободног дела, табела 3.
- $x_c = 53$ [mm] -дужина горњег дела цеви где стоји мазиво, табела 3.



Слика 23 . Заштитна цев механизма [3]

Табела 3. Вредности дужина заштитних цеви навојног вретена [3]

GSZ-2 to Z-150:		GSZ-2	Z-5	Z-10	Z-25	Z-35	Z-50	Z-50/Tr50	Z-100	Z-150
Tr basic length ¹⁾	Tr	47	46	49	53	57	62	62	82	87
KGT basic length ¹⁾	KGT	–	16x05 56	25x05 59	32x05 63	–	40x05 72	–	50x10 82	63x10 87
		–	16x10 76	25x10 79	32x10 73	–	40x10 72	–	50x20 122	63x20 127
		–	–	25x25 149	32x20 103	–	40x20 102	–	50x40 202	63x40 207
		–	–	25x50 279	32x40 173	–	40x40 162	–	–	63x60 287
Escape/rotation protection AS/VS	Tr/KGT	15	15	20	20	30	30	30	30	30
Limit switch ES ²⁾	Tr	70	73	72	72	86	82	82	62	62
ES ²⁾ and pivot bearing plate KAR	Tr	92	94	92	96	112	107	107	107	112
Limit switch ES ²⁾	KGT	–	16x05 63	25x05 62	32x05 62	–	40x05 72	–	50x10 62	63x10 62
		–	16x10 43	25x10 42	32x10 52	–	40x10 72	–	50x20 30	63x20 30
		–	–	25x25 20	32x20 22	–	40x20 42	–	50x40 30	63x40 30
		–	–	25x50 20	32x40 20	–	40x40 30	–	–	63x60 30
ES ²⁾ and pivot bearing plate KAR	KGT	–	16x05 84	25x05 82	32x05 86	–	40x05 97	–	50x10 107	63x10 112
		–	16x10 64	25x10 72	32x10 76	–	40x10 97	–	50x20 70	63x20 75
		–	–	25x25 20	32x20 46	–	40x20 67	–	50x40 30	63x40 35
		–	–	25x50 20	32x40 20	–	40x40 30	–	–	63x60 30

Z-250 to Z-1000 ¹⁾ :		Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
Tr basic length ¹⁾	Tr	92	107	157	157	157
KGT basic length ¹⁾	KGT	80x10 92	100x20 147	125x25 177	140x25 177	160x25 177
		80x20 132	100x40 227	125x40 237	140x40 237	160x40 237
		80x40 212	100x60 307	125x60 317	140x60 317	160x60 317
		80x60 292	100x80 387	125x80 397	140x80 397	160x80 397
Escape/rotation protection AS/VS	Tr/KGT	30	35	40	40	40
Limit switch ES ²⁾	Tr	58	59	40	48	48
Limit switch ES ²⁾	KGT	80x10 58	100x20 35	125x25 40	140x25 40	160x25 40
		80x20 30	100x40 35	125x40 40	140x40 40	160x40 40
		80x40 30	100x60 35	125x60 40	140x60 40	160x60 40
		80x60 30	100x80 35	125x80 40	140x80 40	160x80 40

CAUTION: minimum stroke with limit switch ES²⁾:

GSZ-2 to Z-150:		GSZ-2	Z-5	Z-10	Z-25	Z-35	Z-50	Z-50/Tr50	Z-100	Z-150
minimum stroke with limit switch ES		53	50	51	51	41	42	42	42	42
minimum stroke with ES and lubrication strip SL		123	120	121	121	111	112	112	112	112

Z-250 to Z-1000:		Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
minimum stroke with limit switch ES		47	42	46	46	46
minimum stroke with ES and lubrication strip SL		117	112	116	116	116

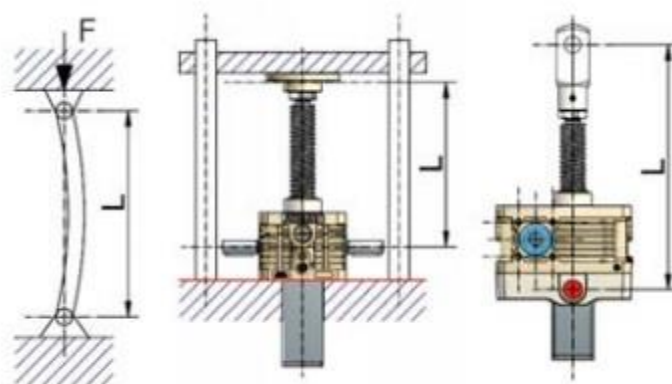
Момент инерције I навојног вретена се рачуна према изразу (5.3) [3] :

$$I = \frac{F \cdot v \cdot (L)^2}{\pi^2 \cdot E} = \frac{25000 \cdot 3 \cdot (519)^2}{\pi^2 \cdot 210000} = 9747,134 [mm^4] \quad (5.3)$$

где су :

- F = 25 [kN]- максимално оптерећење [N]
- L – 51 [mm] - дужина слободног дела вретена [mm]
- E – 210000 [N/mm²] - модул еластичности челика [N/mm²]
- v = 1.3 фактор сигурности (нормално 3), према [12]

Оптерећење навојног вретена је дато на (слици 24.).



Слика 24 . Шема оптерећења [3]

Минимални пречник d навојног вратила се рачуна према изразу (5.4),[3].

$$d = \sqrt[4]{\frac{I \circ 64}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{9747,139 \circ 64}{\pi}} = 21,10[mm] \quad (5.4)$$

Према израчунатим вредностима I и d , бирамо пречник навојног вретена $\phi = 22,1[mm]$ за вретено Tr z 25 према табели 4.

Табела 4. Пречници навојног вретена [3]

	GSZ-2	Z-5	Z-10	Z-25	Z-35/50	Z-50/Tr50	Z-100	Z-150	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750	Z-1000
Трапезни навој Tr	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20
вретено у mm (минимум)	10.9	12.9	14.9	22.1	31.0	39.8	43.6	48.6	59.6	80.6	99.6	115.0	135.0

5.4 Избор електромотора

Одређивање обртног момента навојног вретена M_{vt} врши се према изразу 5.5 [3]

$$M_{vt} = \frac{F \circ P}{2 \circ \pi \circ \eta_{red} \circ \eta_{vt} \circ i} + M_L = \frac{25 \circ 6}{2 \circ \pi \times 0.87 \circ 0.391 \circ 6} + 0.36 = 11,697[Nm] \quad (5.5)$$

Где су:

- $F = 25 [kN]$ максимално оптерећење;
- $\eta_{red} = 0,87$ степен искоришћења редуктора; табела 5.
- $\eta_{vt} = 0,36$ степен искоришћења навојног вретена; табела 6.
- $P=6$ корак навоја; табела 7.
- $i=6$ преносни однос; табела 8.
- $M_L = 0,391$ момент празног хода, бира се према табели 9;

Максимално оптерећење је $F=25000 [N]$, па се за дату вредност из (табеле 4) узима степен искоришћења.

Табела 5. Вредности степена искоришћења редуктора [3]

i	rpm	GSZ-2	Z-5	Z-10	Z-25	Z-35	Z-50	Z-100	Z-150	Z-250	Z-350	Z-500	Z-750
N	3000	0.87	0.81	0.83	0.87	.	.	.	.	.	.	.	.
N	1500	0.87	0.82	0.84	0.87	0.87	0.87	0.88	0.89	0.91	.	.	.
N	1000	0.86	0.82	0.82	0.86	0.87	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.88
N	750	0.86	0.82	0.84	0.85	0.86	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.88
N	500	0.85	0.82	0.84	0.83	0.85	0.84	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.87
N	100	0.74	0.77	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80	0.83	0.86	0.87	0.81

Табела 6. Вредности степена искоришћења навојног вретена [3]

Z	2	5	10	25	35	50	100	150	250	350	500	750
N	0.08	0.10	0.26	0.36	0.56	0.76	1.68	1.90	2.64	3.24	3.96	7.28

Табела 7. Вредности корака навоја вретена [3]

Screw jacks	Pitch P
[TrØxP]	[mm]
Tr16x4, Tr18x4, Tr20x4	4
Tr30x6	6
Tr40x7	7
Tr50x8	8
Tr55x9, Tr60x9	9
Tr80x16, Tr100x16, Tr120x16	16
Tr140x20, Tr160x20	20

Табела 8. Вредности преносног односа [3]

Type	Version	Speed	Standard screw ²⁾	i	Stroke per drive shaft rotation ³⁾
GSZ-25-SN	Translating	Normal	Tr 30x6	6:1	1.00 mm
GSZ-25-SL	screw	Low speed		24:1	0.25 mm
GSZ-25-RN	Rotating	Normal	Tr 30x6	6:1	1.00 mm
GSZ-25-RL	screw	Low speed		24:1	0.25 mm

Табела 9. Вредности момента празног хода [3]

Tr screw, single-pitch	16x4	18x4	20x4	30x6	40x7	50x8	55x9	60x9	80x16	100x16	120x16	140x20	160x20
Efficiency	0.453	0.420	0.391	0.391	0.357	0.335	0.340	0.320	0.391	0.335	0.293	0.308	0.278

Снага електромотора се рачуна према изразу (5.7) табела 10, [3].

$$P = \frac{M_{vrt} \circ n}{9550} = \frac{11,697 \circ 1500}{9550} = 1,837 [kW] \quad (5.6)$$

Препоручује се множење добијене вредности са фактором сигурности од 1.3 до 1.5

$$P_{em} \circ 1,4 = 3,674 \circ 1,4 = 2,754 [kW]$$

Табела 10. Усвојени електромотор [12]

Tip		Snaga kW	n min ⁻¹	η %	cos φ	I _N A	M _N Nm	$\frac{I_P}{I_N}$	$\frac{M_P}{M_N}$	$\frac{M_m}{M_N}$	KR	J kgm ⁴	Masa kg
St 1.ZK 71	A-4	0,25	1345	63	0,76	0,75	1,77	3,2	1,7	1,9	13	0,00038	16
	B-4	0,37	1370	66	0,75	1,07	2,58	3,5	2,0	2,1	13	0,00055	18
St 1.ZK 80	A-4	0,55	1375	69	0,76	1,51	3,8	3,5	1,8	1,9	13	0,0009	23
	B-4	0,75	1375	71	0,75	2,02	5,2	3,7	2,0	2,1	13	0,0011	24
St 1.ZK 90	S-4	1,1	1410	74	0,78	2,76	7,5	4,5	2,0	2,2	16	0,0023	29
	L-4	1,5	1405	76	0,79	3,61	10	4,9	2,3	2,6	16	0,0032	30
St 1.ZK 100	L-4	2,2	1410	78	0,81	5,04	15	5,9	2,4	2,8	16	0,0054	41
	Ld-4	3	1410	76	0,80	7,13	20	6,2	2,7	2,9	16	0,0071	50
St 1.ZK 112	M-4	4	1420	81	0,82	8,65	27	6,5	2,9	3,2	16	0,013	64
St 1.ZK 132	S-4	5,5	1450	85	0,82	11,40	36	6,2	2,0	2,7	16	0,019	83
	M-4	7,5	1450	86	0,80	15,68	49	6,5	2,2	2,9	16	0,025	91
St 1.ZK 160	M-4	11	1440	88	0,82	22	73	6,5	3,0	3,0	16	0,055	89
	L-4	15	1440	88	0,82	30	100	6,8	3,0	3,0	16	0,073	118
St 1.ZK 180	M-4	18,5	1460	89	0,82	36	121	6,5	2,8	2,6	16	0,086	140
	L-4	22	1460	90	0,83	42	144	6,5	2,8	2,6	16	0,102	155
St 1.ZK 200	L-4	30	1470	90	0,83	58	195	7,5	2,9	2,8	16	0,27	230
St 1.ZK 225	S-4	37	1470	92	0,86	68	240	6,5	2,3	2,5	16	0,362	280
	M-4	45	1470	92	0,86	82	292	6,5	2,3	2,5	16	0,442	320
St 1.ZK 250	M-4	55	1480	92,5	0,87	100	355	6,8	2,3	2,7	16	0,64	385
St 1.ZK 280	S-4	75	1480	93	0,87	135	486	7,5	2,6	2,8	16	1,10	525
	M-4	90	1480	93,5	0,87	162	581	7,5	2,6	2,8	16	1,31	610
St 1.ZK 315	S-4	110	1485	94	0,90	190	710	7,5	2,4	3,0	16	2,12	750
	M-4	132	1480	94,3	0,90	226	850	7,5	2,4	3,0	16	2,54	900

5.5 Брзина дизања

Брзина дизања као перформанса

Постоји неколико параметара који утичу на брзину дизања:

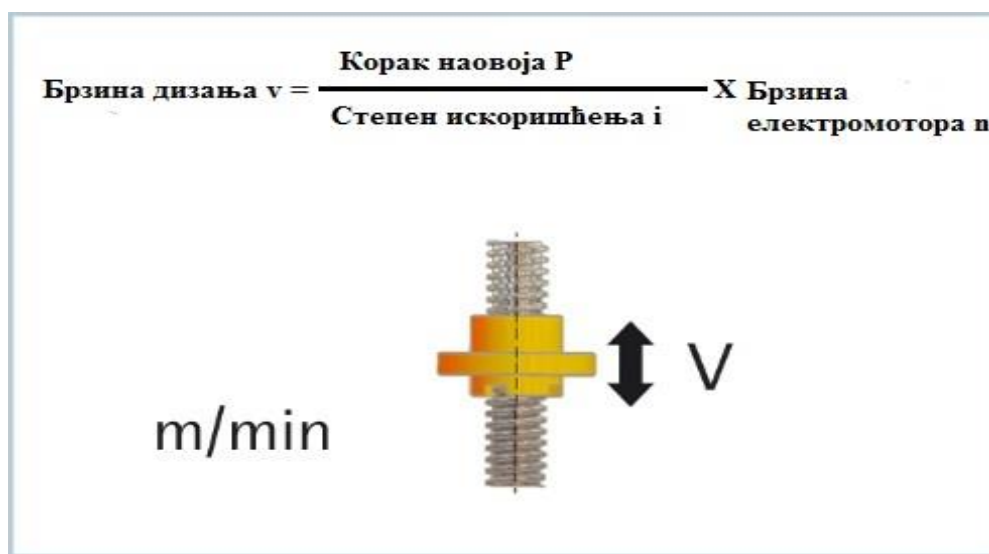
Брже дизање:

- Двоструки корак навоја - ова врста навоја дуплира брзину дизања и при овој врсти је потребна кочница због великог максималног улазног момента
- Унапређени завртањ за Р верзију - (следећи веће величине мењаца) У зависности од величине навојног, то ће дати већи нагиб / брзину дизања

- Куглично навојно вретено: доступни су различити кораци (нагиби), код овог поступка нема аутоматског закључавања, већ су потребне кочнице
- Конвертер фреквенције: служи да увећа снагу мотора више од 1500 o/min, али се мора обратити пажња на максималну брзину редуктора

Спорије дизање:

- Мотори са више полова - мања брзина (6, 8, 10 и 12 полова)
- Конвертер фреквенције - ако се мотор користи дужи временски период на фреквенцији од 25Hz, онда се мора обезбедити и адекватно хлађење нпр. одвојеним вентилатором
- Усмерени мотор - не треба достићи максимални обртни момент [3]



Слика 25. Брзина дизања [3]

5.5.1 Прорачун брзине дизања

Брзина дизања се рачуна на основу израза (5.8)

$$v = \frac{P}{i} \circ n = \frac{6}{6} \circ 1435 = 1,435 \frac{m}{min} \quad (5.7)$$

Где су:

$P = 6$ - корак навоја, табела 7.

$i=6$ - преносни однос редуктора, табела 8.

$n = 1450$ o/min-број обртаја електромотора

6.0 Употреба и одржавање механизма за подизање терета

6.1 Захтеви за заштиту здравља и безбедност

6.1.2 Опште напомене

Обавезе утврђене захтевима за здравље и безбедност примењују се само онда када постоји одговарајућа опасност при употреби машине у условима које је предвидео произвођач за случајеве неправилне употребе те машине, који се могу предвидети.

Поједини изрази који се употребљавају у овом прилогу имају следеће значење:

- опасност јесте потенцијални извор повреда или оштећења здравља;
- зона опасности јесте свако подручје у машини и/или око машине у коме је неко лице изложено ризику по своје здравље или безбедност;
- изложено лице јесте свако лице које се, у целости или делимично, налази у зони опасности;
- руковалац јесте лице или лица која монтирају, управљају, подешавају, прикључују, одржавају, чисте, поправљају или померају машину;
- заштитник јесте део машине који се искључиво користи за заштиту са физичком преградом;
- заштитни уређај јесте уређај који није заштитник који смањује ризик, самостално или заједно са заштитником;
- предвиђена намена јесте употреба машине у складу са информацијама које су наведене у упутствима за употребу;
- неправилна употреба која се може разумно предвидети јесте употреба машине на начин који није наведен у упутствима за употребу, а може да проистекне из предвидивог понашања људи.

6.1.3 Заустављање у случају опасности

Свака машина мора бити опремљена са једним или више уређаја за заустављање у случају опасности да би се омогућило спречавање стварне или могуће опасности, осим:

- машина код којих уређај за заустављање у случају опасности не би смањιο ризик или зато што се не би скратило време заустављања или зато што не би омогућио спровођење посебних мера које су потребне за овладавање ризиком;
- ручно преносиве машине и/или ручно вођене машине.
- да има управљачке уређаје који су јасно препознатљиви и јасно видљиви и којима се може брзо приступити;
- да, што је брже могуће, заустави опасан процес без стварања додатних ризика; - кад је потребно, да покрене или дозволи покретање одређених безбедносних кретања.

Кад је активни рад уређаја за заустављање у случају опасности престао због издате команде за заустављање, уређај за заустављање у случају опасности мора да одржи ту команду све док се изричито не укине. Покретање уређаја за заустављање у случају опасности не сме бити могуће без активирања команде за заустављање. Искључивање уређаја за заустављање у случају опасности мора бити могуће само посебном радњом, при чему радња искључивања не сме поново покренути машину без посебне дозволе за поновно покретање.

Функција заустављања у случају опасности мора бити стално доступна, без обзира на режим рада.

Уређаји за заустављање у случају опасности морају бити подршка другим безбедносним мерама, а не замена за њих.

6.4.1 Ризик од лома у току рада

Различити делови машине и њихови спојеви морају да издрже оптерећења којима су изложени у току употребе.

Трајност употребљених материјала мора да одговара природи радне средине коју је предвидео произвођач или његов заступник посебно у односу на појаву замора, старења, корозије и абразије (трошења).

У упутствима мора бити наведена врста и учесталост потребних прегледа и одржавања због безбедносних разлога. У упутствима, на одговарајућем месту, морају да се наведу и делови који су изложени трошењу, као и критеријуми за њихову замену.

Кад, и поред предузетих мера, постоји ризик од лома или разарања (нпр. у случају брусилица), предметни делови морају бити монтирани, постављени и/или заштићени тако

да сви одломљени или разорени делови (крхотине) буду задржани и тако спрече опасне ситуације.

Круте и флексибилне цеви за преношење флуида, посебно оних који су изложени високом притиску, морају да издрже предвиђена унутрашња и спољашња оптерећења и морају бити чврсто причвршћене и/или заштићене, чиме се обезбеђује да нема ризика у случају пуцања.

Кад се материјал за обраду аутоматски приноси алату, морају се испунити следећи услови како би се избегли ризици за лица (нпр. лом алата):

- кад предмет обраде дође у контакт са алатом, алат мора да задржи своје нормалне радне услове;
- при покретању и заустављању алата (намерно или ненамерно), кретање улазног материјала и кретање алата морају бити усклађени [11]

6.2. Одржавање система

6.2.1 Подмазивање

Дужи век и исправан рад навојног вретена као исваког преносника у многоне зависи од адекватног подмазивања. Начин подмазивања битно утиче на перформансе и брзину дизања.

Услови које мазиво треба испунити су:

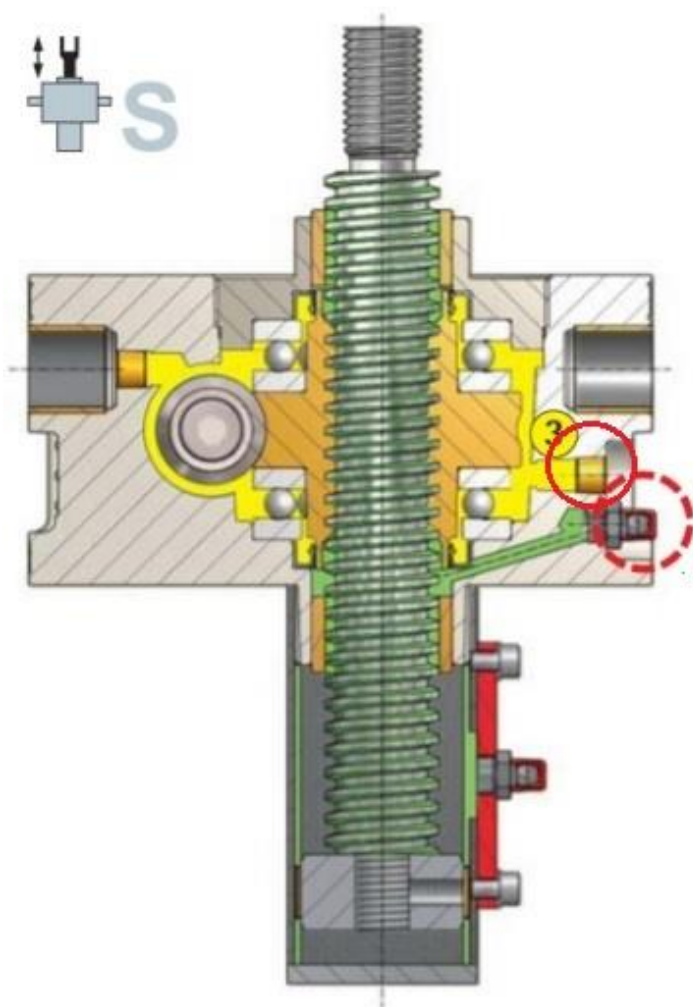
- Хлађење
- Заштита од корозије
- Одржавање чистоће
- Смањење буке

Постоје специјална мазива за специјалне намене које обезбеђују подмазивање у разним условима рада, то укључује:

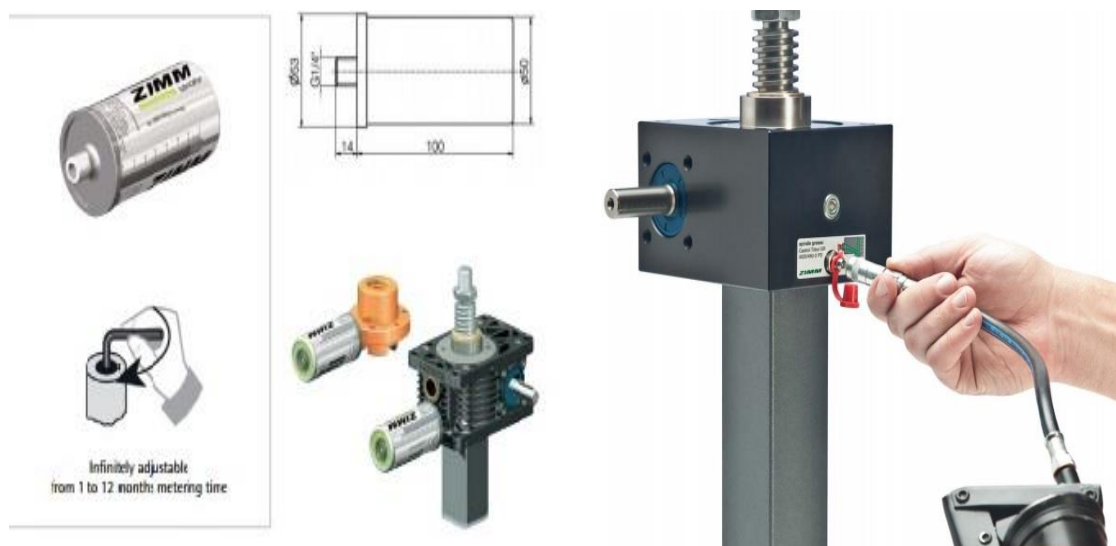
- мазиво за високе температуре
- мазиво за ниске температуре
- мазиво за подмазивање у прехранбеној индустрији тешке услове рада
- вакум

Одабир врсте мазива се врши према условима рада дизалице и каталогу произвођача. Поред ове примарне функције, подмазивање има улогу и заштите радних површина од корозије, смањења буке и евентуално заштита од нечистоћа.

На слици се види подмазивање механизма, које може бити ручно или аутоматски, (слика) помоћу мазалице. На редуктору постоје два прикључка за подмазивање, (слика). Један отвор је за подмазивање вретена и унутрашњег навоја пужног пара, док је други отвор за подмазивање редуктора (лежајева и пужног пара).



Слика 26. Пример подмазивања механизма са означеним прикључцима [3]



Слика 27. Подмазивање механизма а) ручно б) аутоматски помоћу мазалице [3]

Подмазивање се врши због смањења трења, повећања степена искоришћења као и продужетак радног века. Вретено је херметично затворено у кутији, тако да се мазиво допрема константно на навој ако је аутоматско подмазивање, (слика б) или се кутија вретена испуњава одређеном количином специјалне масти ако је подмазивање ручно, (слика а).

Редуктор је херметички затворен и напуњен висококвалитетним мазивом. Промена мазива врши се на основу препоруке произвођача, [3].

7.0 Закључак

Циљ завршног рада је упознавање са основним карактеристикама покретних подизних платформи са навојним вретеном, али и упознавање са осталим машинским елементима од којих се састоји целокупан систем. Поред свих предности и недостатака које повлачи са собом, широка примена механизма за подизања терета је све већа због своје једноставности, ниске цене израде и високе поузданости. Развојем компјутерске технологије машински механизми за подизање терета, могу се конструисати и моделирати уз помоћ одговарајућих софтвера.

Ови механизми све више налазе примену у разним гранама индустрије. Повећање захтева у раду машинских конструкција, смањење масе и ниска цена производа утицали су на све већу примену оваквих подизних платформи. Навојно вретено као један од битнијих делова овог система, има све већу примену, јер може радити у врло тешким условима рада, има постојаност механичких карактеристика на високим температурама, једноставно се израђује и имају дужи радни век. Наравно, највећа предност овог система јесте што са малим уложеним радом на улазу, добијамо вишеструко већи рад на излазу.

У раду су такође анализом прорачуна механизма за подизање терета

8.0 Литература

- [1] Доц. др. Ахмед Ахмић, Индустијски транспорт I део, издање, Сарајево, 2014
- [2] https://www.google.rs/search?q=primena+dizalica&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjJ5-quofjPAhXHqxoKHXAgB7cQ_AUICCGB&biw=1517&bih=735&dpr=0.9
- [3] <http://zimmscrewjacks.com/>
- [4] <http://www.screw-jack.com/>
- [5] Др. Ахмет Ћекић, Електрични погон машина, Машински факултет Сарајево, 2014
- [6] <http://www.strel-prom.hr/>
- [7] <http://www.yumpu.com/en/document/fullscreen/20616083/zimm-screw-jack-systems-catalogue-2015-en>
- [8] Проф. Др. Мирко Благојевић, Пето предавање, Факултет инжењерских наука, Крагујевац
- [9] Проф. Др. Вера Николић, Машински елементи, издање, Крагујевац, 2004
- [10] Машински елементи I, Универзитет у Нишу, Машински факултет
- [11] Правилник о безбедности машина, (Службени гласник)
- [12] http://www.koncar-mes.hr/wp-content/uploads/katalozi/katalog_elektromotori_hr_en_de.pdf