

# **Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство**

**Ниво студија: Основне академске студије**

**Модул: Машинске конструкције и механизација**

**Предмет: Дизалице**

**Број индекса: 23/2017**

**Стојан Ј. Поповић**

## **Куке као захватна средства код дизалица**

**завршни рад**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. Др Ненад Милорадовић - ванр. проф. - ментор

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Датум

одбране: \_\_\_\_\_

Оцена: \_\_\_\_\_

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене кука као и механизма за дизање терета код дизалица.
- Прикаже кратак осврт на њихов историјски развој.
- Прикаже постојећа решења механизма за дизање терета и опише њихове најзначајније саставне елементе.
- На изабраном типу механизма за дизање терета прикаже принцип прорачуна његових основних елемената и за дефинисану носивост и висину дизања терета уради конкретан рачунски пример.

Препоручена литература:

- [1] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [2] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [3] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [4] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [5] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине – Практикум, Ниш, 1998.

Крагујевац, 09.03.2020.

Ментор:  
Др Ненад Милорадовић, ванр. проф.

---

## Садржај:

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Резиме .....                                                                | 1  |
| 1. Увод .....                                                               | 2  |
| 2. Историјски развој .....                                                  | 4  |
| 2.1 Историјски развој механизма за дизање терета.....                       | 4  |
| 2.2 Историјски развој кука .....                                            | 8  |
| 3. Улога и област примене кука код дизалица .....                           | 9  |
| 4. Решења механизма за дизање и њихови најзначајнији саставни елементи..... | 14 |
| 5. Прорачун основних елемената механизма за дизање .....                    | 20 |
| 5.1 Доња котурача .....                                                     | 20 |
| 5.1.1 Избор концепције .....                                                | 21 |
| 5.1.2 Кука.....                                                             | 21 |
| 5.1.3 Избор ужета: .....                                                    | 22 |
| 5.1.4 Котур .....                                                           | 23 |
| 5.1.5 Траверза.....                                                         | 23 |
| 5.2 Добош .....                                                             | 24 |
| 5.2.1 Избор добоша .....                                                    | 24 |
| 5.2.2 Димензије добоша .....                                                | 25 |
| 5.2.3 Провера напона.....                                                   | 26 |
| 5.2.4 Осовина добоша .....                                                  | 27 |
| 5.2.5 Лежишта добоша .....                                                  | 28 |
| 5.2.6 Веза редуктор-добош .....                                             | 28 |
| 5.2.7 Веза ужета за добош.....                                              | 29 |
| 5.3 Избор електромотора .....                                               | 31 |
| 5.3.1 Меродавна снага за избор мотора.....                                  | 31 |
| 5.3.2 Провера ЕМ у периоду убрзања при дизању максималног терета.....       | 32 |
| 5.4 Редуктор .....                                                          | 32 |
| 5.4.1 Избор редуктора .....                                                 | 32 |
| 5.5 Избор спојнице .....                                                    | 33 |
| 5.6 Кочница .....                                                           | 34 |
| 5.6.1 Прорачун кочнице са две папуче.....                                   | 34 |
| 5.6.2 Избор хидрауличног подизача .....                                     | 35 |
| 5.6.3 Провера кочнице .....                                                 | 35 |
| 6. Закључак.....                                                            | 37 |
| Литература .....                                                            | 38 |

## **Резиме**

У овом раду истакнута је улога и област примене кука као захватних средстава као и механизам за дизање терета код дизалица. Приказан је њихов историјски развој и наведене карактеристичне врсте кука за дизање терета. Приказана су већ постојећа решења механизма за дизање терета и описани његови саставни елементи. За изабрани тип механизма за дизање терета, за дефинисану носивост и висину дизања терета, урађен је прорачун и извршен избор основних елемената погонског механизма.

**Кључне речи:** дизаличне куке, механизам за дизање терета

## **Summary**

In this paper, the role and area of application of hooks as gripping means as well as the mechanism for lifting loads in cranes are emphasized. Their historical development is shown and the characteristic types of hooks for lifting loads are listed. Existing solutions of the load lifting mechanism are presented and its constituent elements are described. For the selected type of load lifting mechanism, for the defined load capacity and lifting height, a calculation was made and the basic elements of the drive mechanism were selected.

**Key words:** crane hooks, load lifting mechanism

## 1. Увод

У свакој врсти производње (индустрији, грађевинарству, рударству и другим гранама привреде) неизоставно је присуство транспорта приликом обављања радних операција, а ту улогу обављају транспортне машине .

У преносу материјала може се разликовати неколико фаза [1]:

- утовар,
- транспорт,
- претовар,
- истовар.

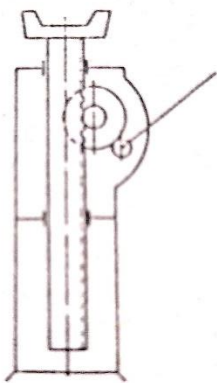
Разликују се унутрашњи и спољашњи транспорт, при чему се унутрашњи транспорт као што и сам назив каже обавља унутар неког простора, а спољашњи изван њега.

Транспортне машине су машине чији је основни задатак пренос материјала. Према начину рада најчешће се разликују транспортне машине са прекидним (периодичним) и непрекидним (континуалним) радом. Као што се да претпоставити, код машина са прекидима кретање се остварује у циклусима (са прекидима) док се код машина са непрекидним радом кретање врши непрекидно. Код машина са периодичним радом премештање терета се одвија у одређеним интервалима (део по део), при чему радни орган постројења наизменично има свој пун и празан ход. Пун ход да би се материјал пренео, а празан како би се радни орган вратио за нови захват. У ову групу машина спадају: виљушкар, све врсте дизалица, вагонски превртачи, скрепери и друге сличне машине. Премештање терета код машина са континуалним радом врши се непрекидно без празног хода, при чему се радни орган креће у истом смеру без прекида.

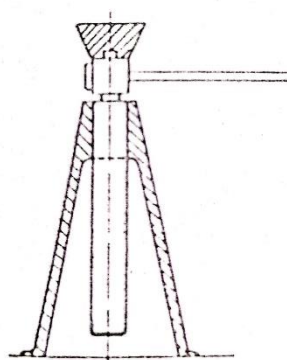
С обзиром на правац кретања терета ове машине се могу поделити у три групе, и то [2]:

- машине и постројења са претежно хоризонталним или косим премештањем терета (транспортери, скрепери, механичка лопата, самоходна претоварна возила и сл.),
- машине и постројења са претежно вертикалним дизањем терета (дизалице, елеватори),
- машине и постројења са мешовитим правцем премештања, које у исто време врше и хоризонтално премештање и вертикално дизање терета, где спадају разна постројења са комбинацијом дизалице и транспортера или елеватора и транспортера.

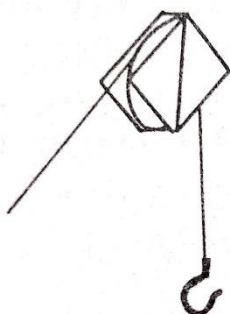
Према начину погона разликују се транспортне машине са ручним и моторним погоном. Дизалични механизми са ручним и моторним погоном приказани су на сликама 1.1 до 1.6, [1].



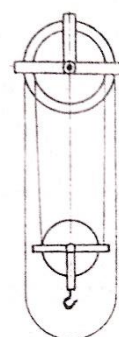
**Слика 1.1** Дизалица са зупчастом полугом [1]



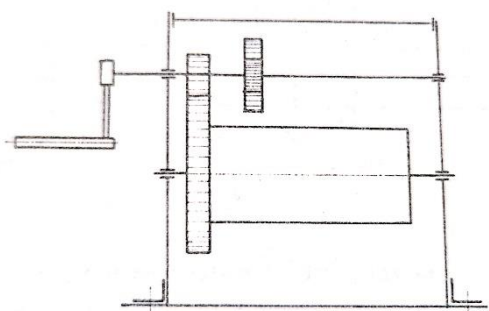
**Слика 1.2** Дизалица са завојним вртеном [1]



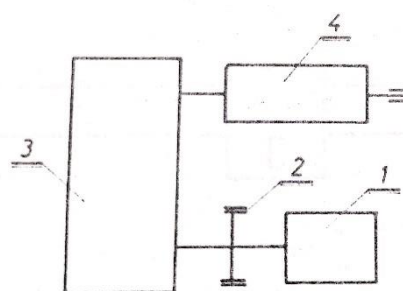
**Слика 1.3** Просте котураче [1]



**Слика 1.4** Диференцијалне котураче [1]



**Слика 1.5** Витла са цилиндричним зупчастим преносом [1]



**Слика 1.6** Моторна витла [1]

Моторна витла (слика 1.6) могу бити самостална или у саставу дизалица. Главни делови су:

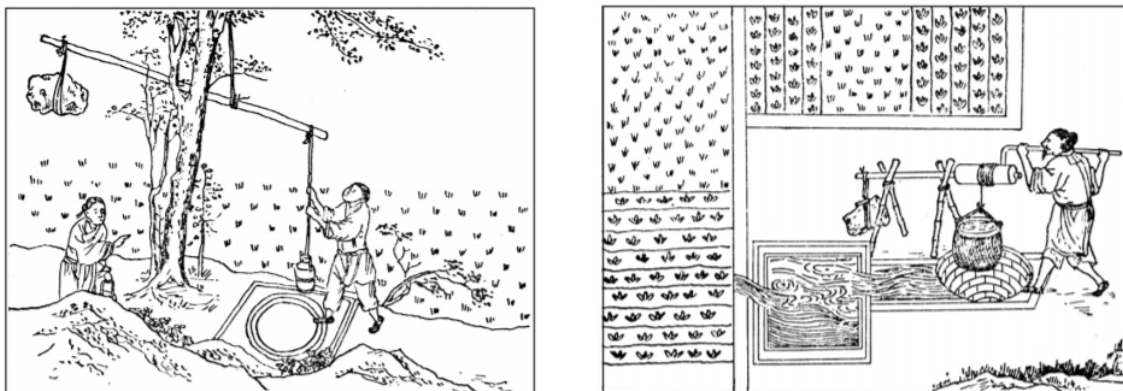
1. електромотор
2. кочница
3. редуктор
4. добош

## 2. Историјски развој

### 2.1 Историјски развој механизма за дизање терета

Још од давнина цивилизација се суочавала са проблемима премештања и подизања терета. Проблеми су решавани примитивним направама које су се потом усавршавале због потребе развоја земљорадње, рударства, грађевинарства итд. Уређаји за транспорт су у примени већ 5000. година.

О почетку примене дизаличних уређаја још од древних цивилизација, сведоче бројни историјски споменици који су откривени као резултат археолошких истраживања.



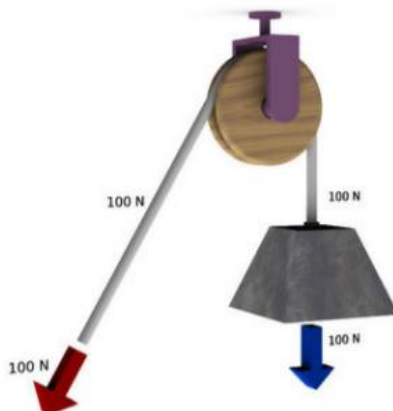
Слика 2.1 Бунарски ђерем и бунарско витло, Кина, 2200 год. п.н.е.[3]

Најстарији историјски споменик (сл. 2.2) потиче из Тебе, још из времена фараона Рамзеса. Кеопсова пирамида у Гизи саграђена 2900. године п.н.е. висине 160 m, сведочи о могућностима примене дизаличних уређаја у тим временима.



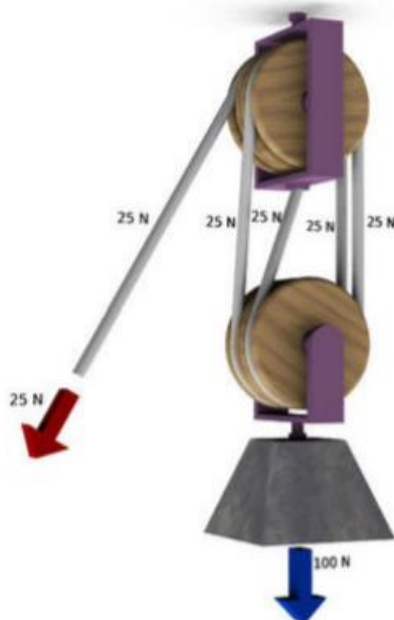
Слика 2.2 3000 год. п.н.е. [3]

Најстарије дизалице су се састојале од ужета пребаченог преко катура. Пре него што је нашла примену у подизању терета, једнострука катурача која се користила од 9. века п.н.е. служила је за извлачење воде из бунара. Једнострука катурача не нуди механичку предност, али мења смер вуче (слика 3.1).



Слика 3.1 Једнострука котурача [3]

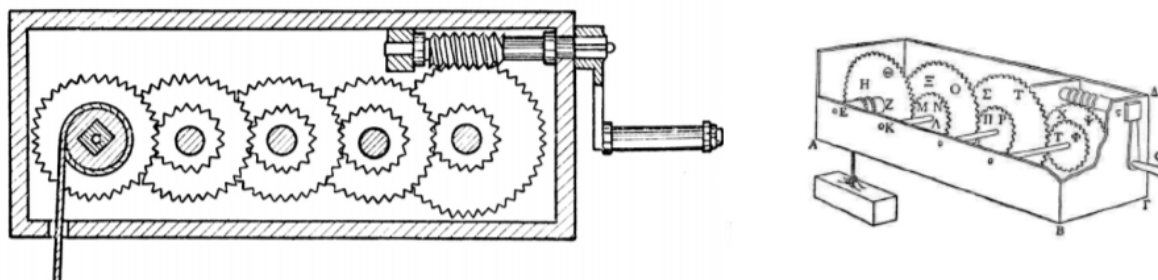
Током историјског развоја механичка предност дизалица повећана је додатним технологијама. Од 4. века п.н.е. уведено је главно побољшање које се и данас користи, а то је сложена котурача (комбинација више покретних и непокретних котурава). Коришћењем сложених котурача, човек може подићи тежи терет него што је иначе у могућности. Ако појединац може да оствари силу од 50 kg, троструком котурачом може подићи 150 kg. Лоша страна сложених котурача јесте удаљеност и брзина дизања (нпр. за подизање терета троструком котурачом на 3 метара, потребно је вучење ужета у дужини од 9 метара). Због трења дрвени системи су били ограничени на 5 котурава мада се у теорији може користити било који број котурава. Када би била потребна већа снага подизања, Римљани су уместо повећања броја котурава у котурачи, користили две или више котурача.



Слика 3.2 Сложена котурача [3]

Још једно од побољшања дизалица јесте увођење витла (слика 3.3), које у комбинацији са сложеним котурачама нуди импресивне перформансе. Човек који управља оваквим

механизмом и делује силом од 25 до 50 kg, може подићи терет од 750 до 1500 kg, док је Египћанима требало од 30 до 60 људи да извуку 1500 kg тежак камени блок уз рампу.



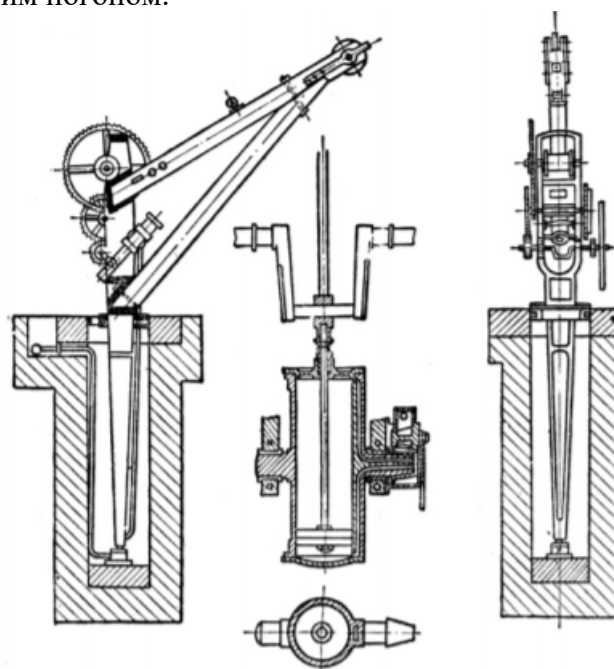
Слика 3.3 Витло, 120 година п.н.е. [3]

Након витла, следеће унапређење које је уследило јесте газећи точак (слика 3.4). Први пут се помиње 230. год. п.н.е. и остао је веома важан елемент све до друге половине 19. века. Обично су имали пречник од 4 до 5 m и тиме остваривали већу механичку моћ од витла, због већег радијуса точка у поређењу са полупречником осовине. Снага која је код витла генерисана руком овде је замењена већом снагом особе или животиње која хода унутар точка. Неке дизалице (посебно лучке) су биле опремљене са два точка причвршћена за исту осовину, чиме је укупна снага дизања повећана на неких 7 тона. Како су газеће површине биле довољно широке за двоје људи, дизалице са два газећа точка могли би да окрећу 4 особе, чиме би се снага подизања повећала на 14 тона. Механичка предност од 14 према 1 значила је да су мушкарци морали да ходају 140 метара унутар точка како би подигли терет на висину од 10 метара. Ако ходају 5 километара на сат, терет би се подизао брзином од 0,35 km/h или скоро 6 метара у минути [4].



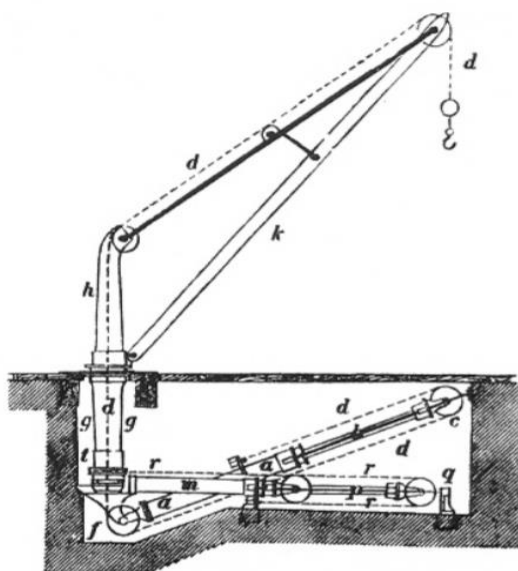
Слика 3.4 Газећи точак [4]

Откривањем парне машине 1765. године (James Watt, 1736-1819), настаје индустријска револуција (крај 18 и први део 19 века), чиме су даље унапређивани механизми и људски погон замењен парним погоном.



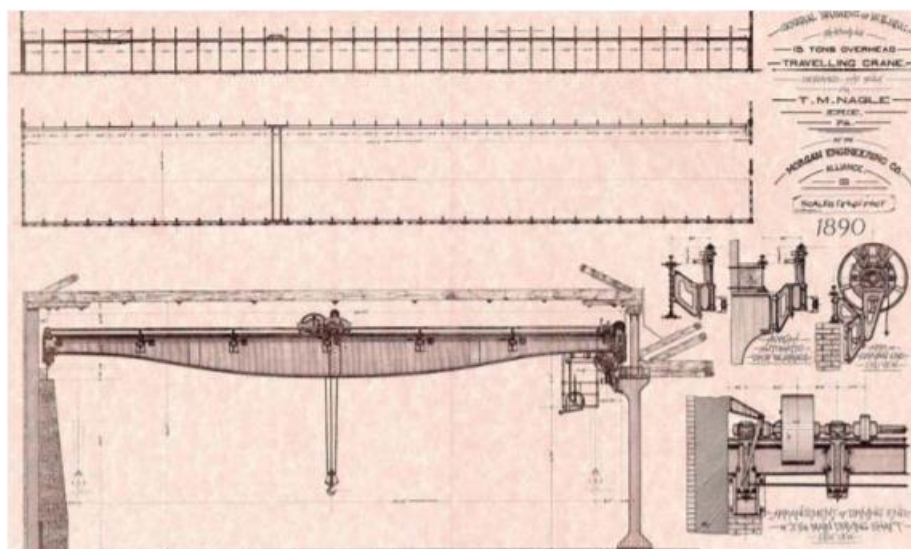
Слика 3.5 Стационарна дизалица на парни погон (1827. год.) [3]

Даљим развијањем и усавршавањем човечанства настају и хидрауличне дизалице. Прву хидрауличну дизалицу осмислио је William Thomson 1845. године у Енглеској (слика 3.6).



Слика 3.6 Прва хидраулична дизалица (притисак воде) [3]

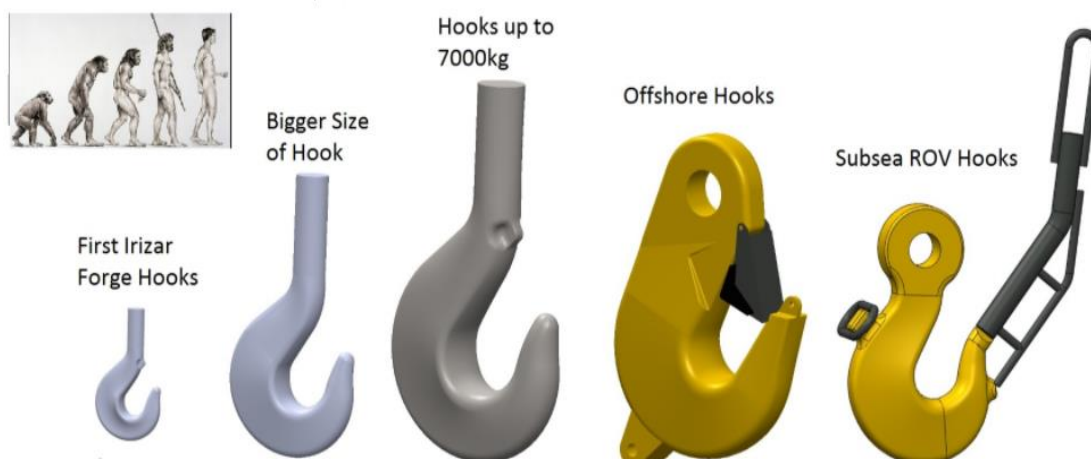
После 1880. године настају и дизалице на електрични погон чиме је још више олакшано подизање терета. Прва електрична мосна дизалица у свету настала је 1881. године у SAD (Morgan Engineering) и приказана је на слици 3.7.



Слика 3.7 Електрична мосна дизалица (1890. год.) [3]

## 2.2 Историјски развој кука

Развијањем дизалица и механизма за дизање терета, у зависности од сложености операције дизања, развијали су се и захватни уређаји као што су куке. У прошлости су се куке израђивале од угљеничног челика, па је и приликом већих радних оптерећења њихова носивост повећавана само повећањем њихових димензија. У то време процес грејања материјала се углавном заснивао на бази горива и угља, док се поступак ковања заснивао на ручном ковању и савијању. Када су се почеле развијати врсте челика, легираним челицима је било дозвољено да повећају радно оптерећење без повећања величине. Развојем термичке обраде и процеса ковања хидрауличком или пнеуматском силом довело је побољшања квалитета па и саме носивости кука као захватних средстава. Могућност одабира челика, термичке обраде и облика куке постао је кључ за повећање све веће индустрије дизања тешких терета. На слици 3.8 приказан је развој кука кроз историју.

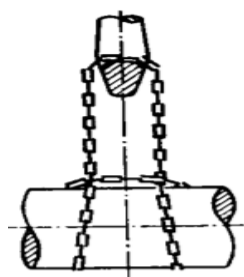


Слика 3.8 Историјски развој кука [5]

### 3. Улога и област примене кука код дизалица

Све дизалице имају заједничке елементе помоћу којих се прихватају, вешају или преносе предмети са места на место ради лакшег обављања операције утовара или истовара [6]. У ове елементе спадају: куке, ланци, добоши, ужади, кочиони уређаји, котурови, као и специјални органи за хватање и вешање терета.

Куке су уређаји за хватање (вешање) терета који служе како би се терет везао за савитљиви орган механизма за дизање терета (уже или ланац), или како би се терет захватио самим уређајем без икаквог даљег везивања. Обично су окачене на ужету механизма за подизање помоћу котурова и других компонената и могу имати носивост и до 600 тона. Куке представљају основно средство за преношење терета код свих дизаличних машина. На кукама се уочавају раван део или врат куке и закривљени део куке о који се веша терет.



Ужад за везивање терета за куку као и сама кука, спадају у најједноставнији и најуниверзалнији прибор за качење терета који се користи код универзалног претовара (пренос различитог терета како по физичким својствима тако и по самом облику). Као радни елементи прибора за вешање терета најчешће се примењују за транспорт комадних терета. На слици 3.1 приказана је кука као уређај за хватање терета, при чему ланац служи за везивање терета за куку.

Слика 3.1 [7]

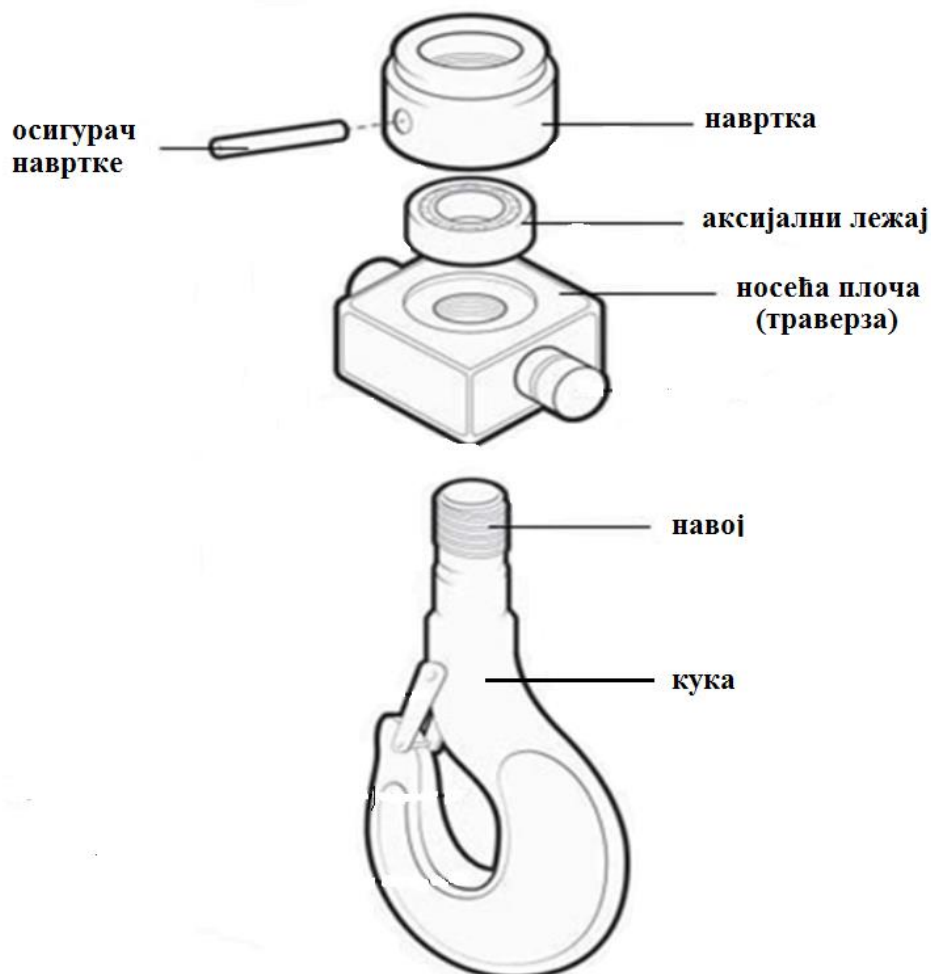
Захватни уређаји пре свега треба да обезбеде[6]:

- брз и безбедан рад,
- добру прилагођеност облику самог терета како би се избегла потенцијална оштећења робе,
- што мању сопствену тежину.

Израђују се као једнокраке, двокраке, са додатним елементима, са осигурачем или без њега, у зависности од захтева технолошких процеса. Ради постизања велике носивости, уз мале димензије, куке се израђују од веома квалитетних оплемењених челика, чврстоће од  $42 \text{ daN/mm}^2$  до  $50 \text{ daN/mm}^2$  и напрезања од  $300 \text{ daN/mm}^2$  до  $600 \text{ daN/mm}^2$ . Због високе одговорности које куке имају при преношењу терета, њихова израда захтева високу контролу и квалитет израде почев од контроле квалитета материјала припремка који долази из железаре, па све до завршне контроле готове куке. За израду кука се примењује више врста материјала, као што је то дато у њиховом стандарду, највише је у примени Č1205, али условно може да се прихвати и замена са Č1330 [8].

Куке се углавном ослањају на аксијални куглични лежај, који омогућава ротацију око вертикалне осе за  $360^\circ$  (слика 3.2). На кукама се може уочити закривљени део куке о који се терет веша и раван део који се назива врат куке. Врат куке је округао на чијем се врху налази завојница са милиметарским, трапезним или облим навојем. Попречни пресеци кривог дела кованих кука најчешће имају трапезни облик, при чему је распоред напона у опасним пресецима много повољнијим, него код кука са округлим или било којим

другим пресеком. Закривљени део је сложено напрегнут на истезање и савијање док се врат куке проверава на истезање.



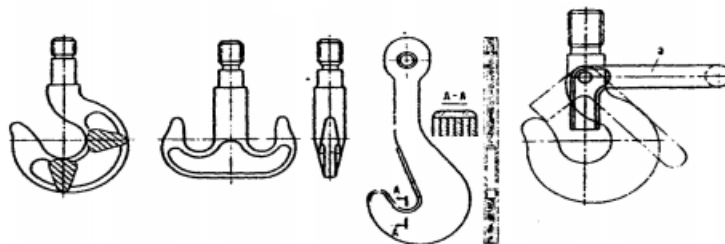
Слика 3.2 Кука са траверзом [9]

Имајући у виду велики број облика израде, куке се најчешће израђују као једнокраке, двокраке, ламеласте, куке са ушком итд. У примени се најчешће сусрећу **једнокраке** и **двокраке куке** (сл. 3.3). При чему се једнокраке куке као што и само име говори састоје из једног крака а двокраке из два.



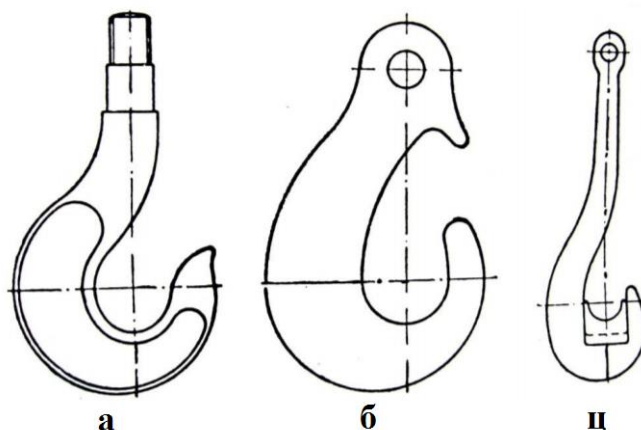
Слика 3.3 Једнокрака и двокрака кука [7]

**Једнокраке куке** се користе за веома различите појавне облике материјала, док је двокрака кука посебно погодна за рад кабастих материјала који се везују за више места, слика 3.4 [10].



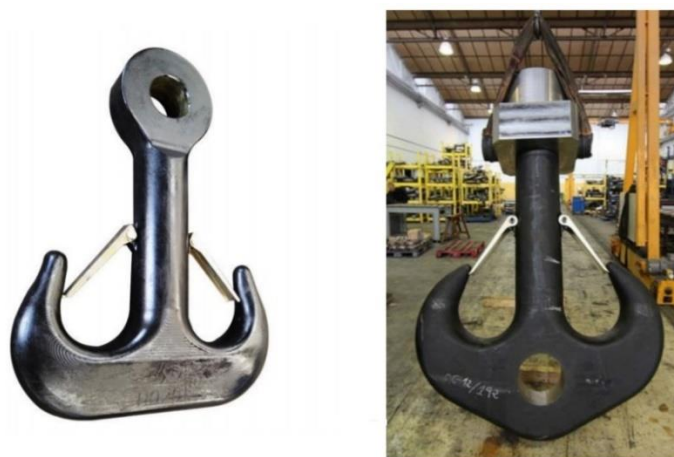
Слика 3.4 Разни облици кука [10]

У пракси се користе многи облици једнокраких кука (кована кука – сл. 3.5 (а), кука са ушицом – сл. 3.5 (б), и ламеласти кука – сл. 3.5 (ц)) [6].



Слика 3.5 Облици једнокраких кука [6]

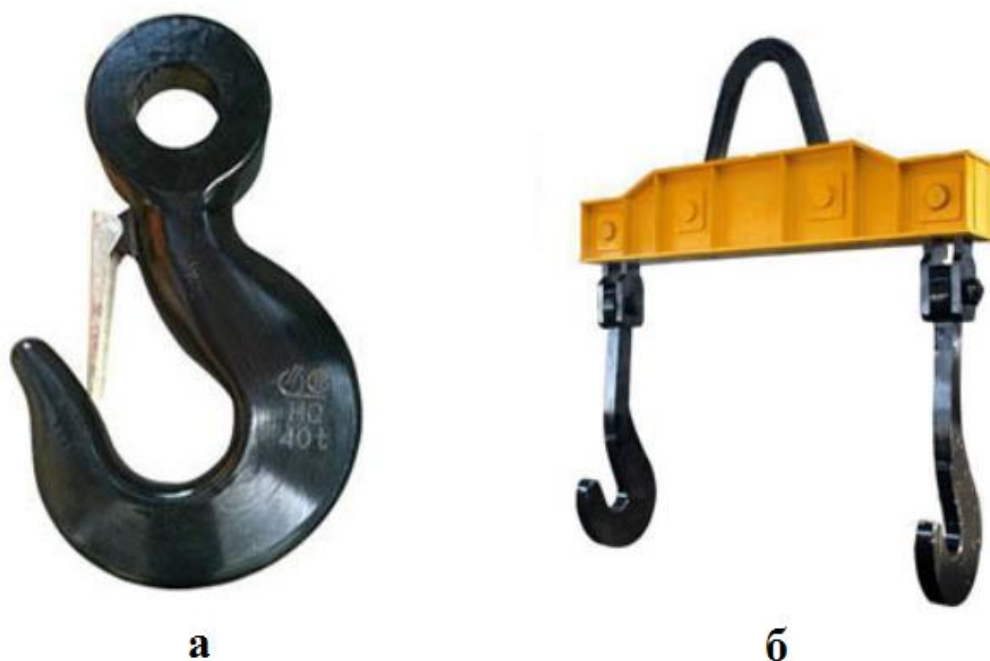
За веће терете користе се **двокраке куке** (слика 3.6) јер је веће и гломазније терете лакше везати за куку са два крака. Овакав тип кука је теже изградити од кука са једним краком.



Слика 3.6 Двокраке куке [6]

У зависности од производних метода, куке можемо класификовати као коване и ламеласте. **Коване куке** се најчешће срећу у примени и погодне су за све врсте терета. Израђују се од нискоугљеничних челика гарантованог хемијског састава. Термичка обрада после ковања је обавезна, како би дошло до смањења заосталих унутрашњих напона. За разлику од ламеластих, попречни пресек кованих кука има трапезни облик.

Поред стандардних кука у челичанама и ливницама се користе и **ламеласте куке**, које се састоје из више паралелно повезаних ламела (најчешће од 5 до 7) односно лимова дебљине од 16 до 35 mm са зазором од 2 до 4 mm, како би се постигло што боље хлађење. Ламеласте куке имају правоугаони попречни пресек и примењују се у условима високих температура, као нпр. код ношења ливачких лонаца у железарама због великих термичких напрезања. Ливене куке се слабије примењују због недостатка гарантоване чврстоће и сигурности услед појаве рисева у материјалу.



Слика 3.7 а) кована кука, б) ламеласта кука [10]

Осигурач кука има изузетан значај за сигурност рада при претовару, нарочито кабастих терета. Несреће при раду са људским жртвама које су се догодиле јер је нпр. уже којим је везан терет због тренутног растерећења искочило из куке, указује на неопходност примене оваквих осигурања при свакодневном раду.

Куке су стандардизоване а њихова носивост је декларисана у функцији погонске групе. Носивост стандардних кука за дизалице одређује се према погонским класама, и то: I класа (3 kN до 25 kN), II класа (2,5 kN до 20 kN), III класа (2 kN до 16 kN) и IV класа (1,25 kN до 12,5 kN). Сопствена маса стандардних кука износи 0,6 kg до 77 kg. Куке малих носивости се пресују и слободноручно кују [11].

Избор куке према носивости дат је у табели 3.1.

**Табела 3.1** Носивост кука [12]

| Кука<br>број | Моћ ношења куке у [daN] за погонску класу |       |      |      |
|--------------|-------------------------------------------|-------|------|------|
|              | 1                                         | 2     | 3    | 4    |
| 008          | 100                                       | 50    | 63   | -    |
| 012          | 160                                       | 125   | 100  | -    |
| 016          | 200                                       | 160   | 125  | -    |
| 025          | 320                                       | 250   | 200  | -    |
| 032          | 400                                       | 320   | 250  | -    |
| 050          | 630                                       | 500   | 400  | -    |
| 063          | 800                                       | 630   | 500  | -    |
| 1            | 1250                                      | 1000  | 800  | -    |
| 1.25         | 1600                                      | 1250  | 1000 | 800  |
| 2            | 2500                                      | 2000  | 1600 | 1250 |
| 3.2          | 4000                                      | 3200  | 2500 | 2000 |
| 5            | 6300                                      | 5000  | 4000 | 3200 |
| 6            | 8000                                      | 6300  | 5000 | 4000 |
| 8            | 10000                                     | 8000  | 6300 | 5000 |
| 10           | 12500                                     | 10000 | 8000 | 6300 |

#### 4. Решења механизма за дизање и њихови најзначајнији саставни елементи

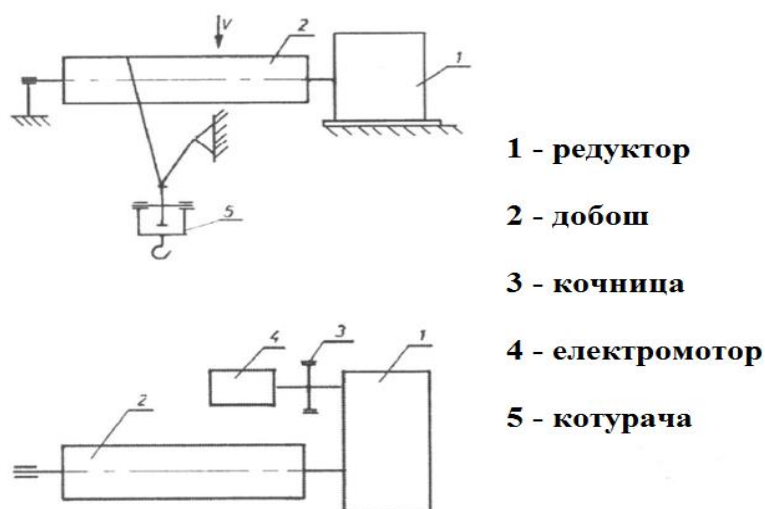
Механизми за дизање терета или како се још називају витла са моторним погоном, служе како би се терет подигао или спустио на одређеној висини. Могу да раде самостално или у саставу неке дизалице. Општи изглед механизма за дизање терета приказан је на слици 4.1.



Слика 4.1 Механизам за дизање терета [17]

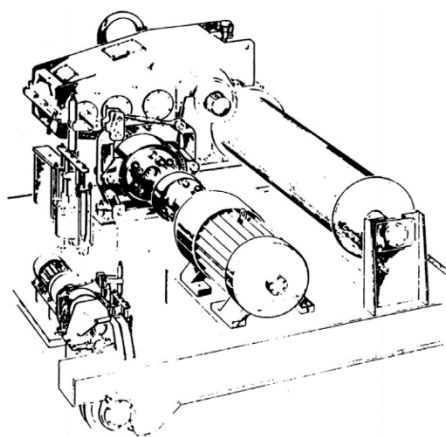
Избор механизма за дизање терета зависи од маневарског простора и простора за манипулацију који је доступан током рада дизалице. Под маневарским простором дизалице подразумева се простор који је ограничен габаритом дизалице при њеном кретању и пољу деловања. Под манипулационим простором дизалице подразумева се простор који је ограничен највишим положајем куке и крајњим бочним положајима теретног ужета односно терета или захватног средства у пољу деловања дизалице.

На слици 4.2 приказани су основни елементи једног механизма за дизање терета.



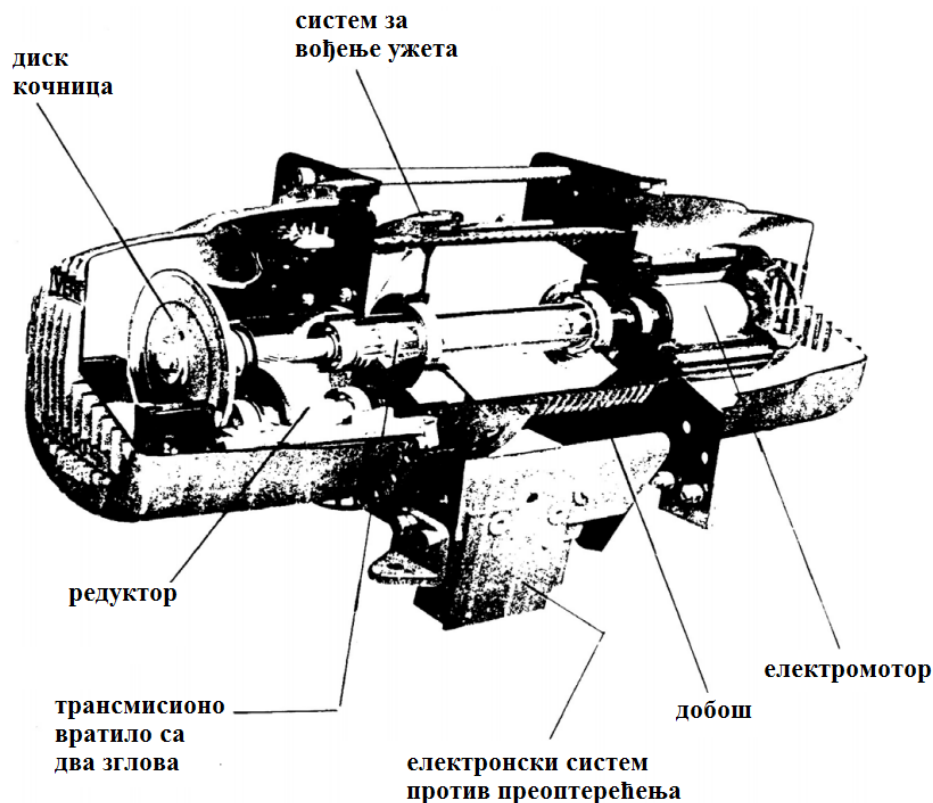
Слика 4.2 Механизми за дизање [12]

На слици 4.3 приказани су елементи погона дизања за једно класично решење: добош, редуктор, веза између добоша и редуктора је преко ожљебљеног вратила, еластична спојница, двопапучна кочница, откочни хидраулични подизач и погонски електромотор. У принципу сви ови елементи чине сваки погон дизања, коме треба наравно додати ужад са доњом катурачом и захватним органом (кука, грабилица и сл.) али са различитим конструктивним решењима [13].



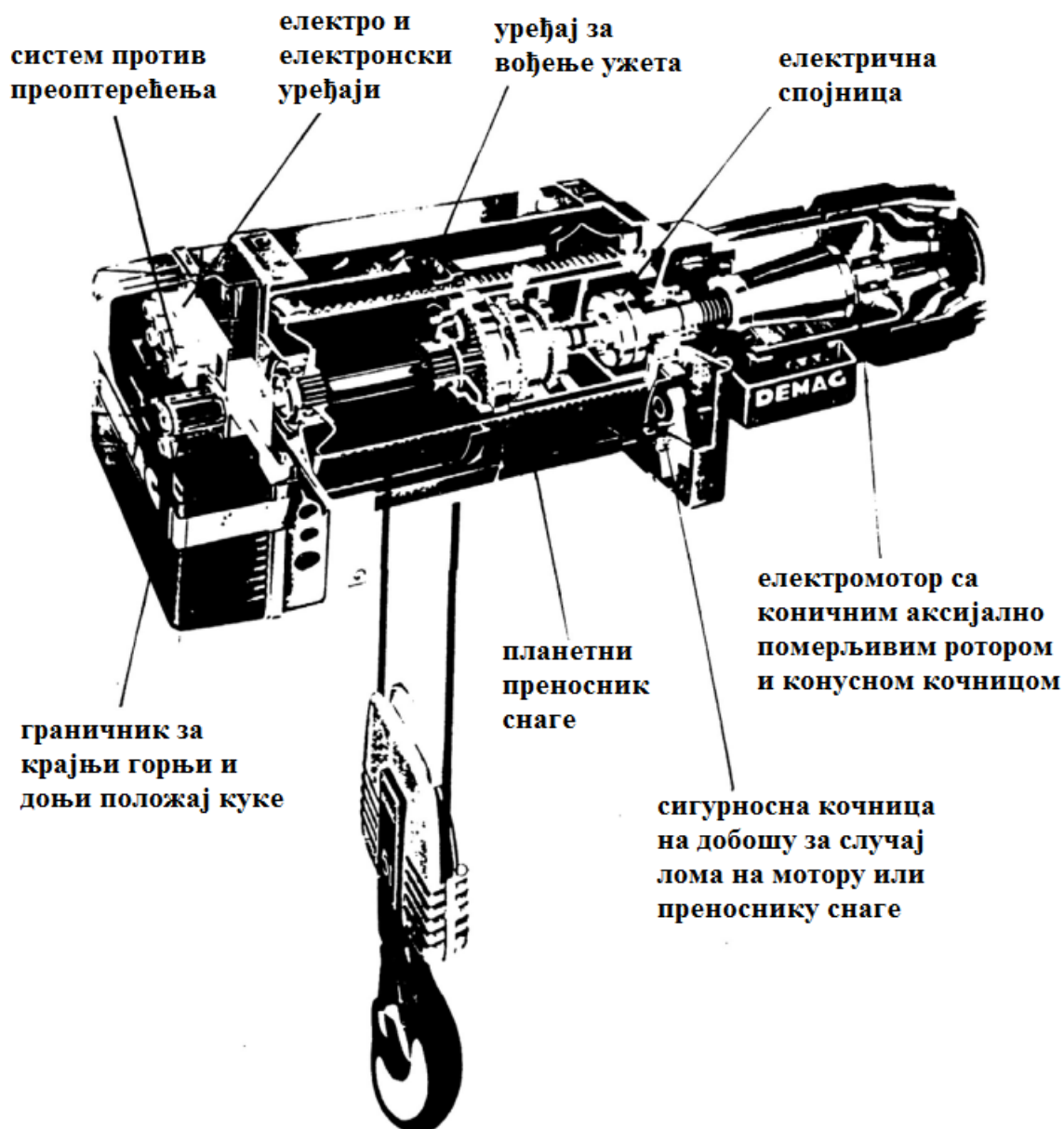
Слика 4.3 Елементи погона дизања [13]

На наредним двема сликама дате су варијанте савремене конструкције погона дизања у блок извођењу. На слици 4.4 је приказано решење витла "EUROBLOC", са електромотором са цилиндричним ротором и патентираном диск кочницом [13].



Слика 4.4 Блок систем погона дизања "EUROBLOC" [13]

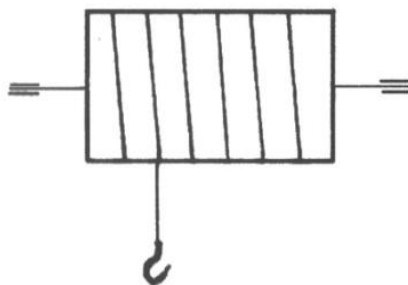
На слици 4.5 дато је решење са електромотором са коничним ротором и конусном кочицом. При укључењу погона, ротор се аксијално помера и долази до откочивања. Када се искључи струја опруге опруге потискују конусни ротор електромотора у аксијалном правцу и заједно са њим покретни део конусне кочице, чиме се врши кочење [13].



Слика 4.5 Блок систем (витло) типа "DEMAG" [13]

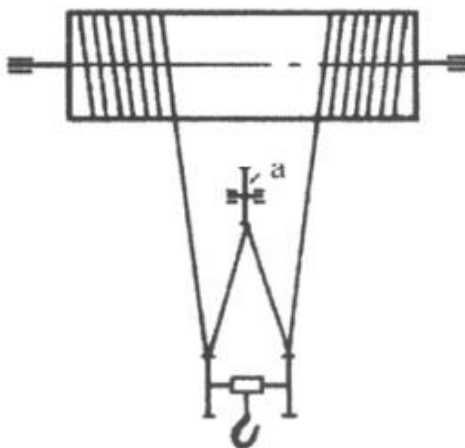
Обртни момент се од мотора до добоша преноси преко редуктора, а од добоша до терета преко гипког преносног елемента тј. ужета. **Добош** се сматра једним од основних елемената једног механизма за дизање и спуштање терета. На самој површини омотача добоша нарезан је навој који служи како би се уже правилно намотавало и како не би долазило до његовог оштећења. Омотач се најчешће израђује од савијеног и завареног челичног лима (најчешће је то материјал Č0360) или од челичног лива. Добош је једним

крајем повезан са редуктором посредством ожљебљеног вратила док се другим крајем ослања на кућиште лежишта. На слици 4.6 приказан је добош са простим намотавањем.



Слика 4.6 Добош са простим намотавањем [12]

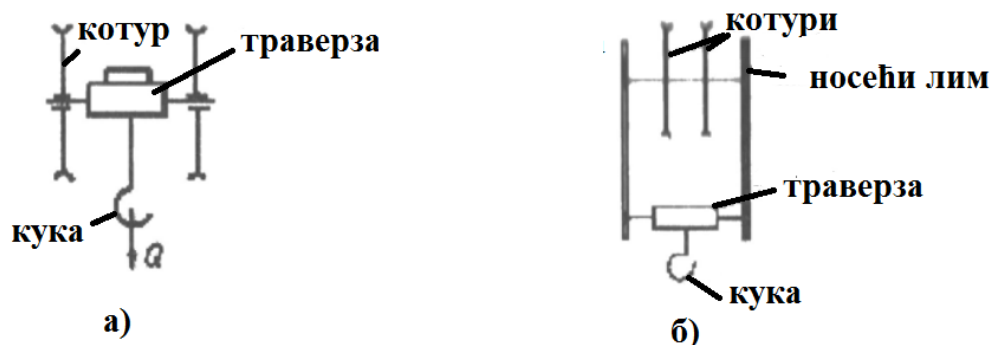
Код добоша са двојним намотавањем (слика 4.7), два котура су постављена паралелно. Котур "а" који служи за изравнање се веома мало окреће, онолико колико је потребно да оствари равномерно затезање ужета лево и десно од њега и на тај начин обезбеди једнаку поделу терета  $Q$  на све краке котураче [12].



Слика 4.7 Добош са двојним намотавањем [12]

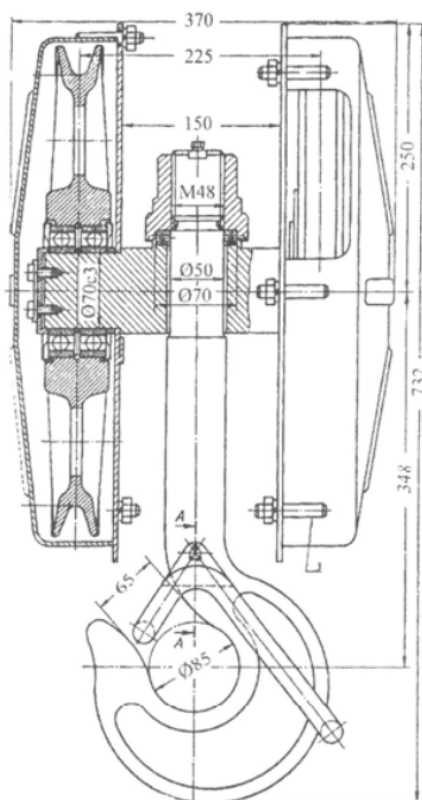
**Котурача** представља склоп који служи како би се остварила веза куке и ужета. Оне се примењују како би се смањила сила у ужету и како би се смањио преносни однос између мотора и добоша. Доње котураче могу бити просте и двојне, при чему се код простих котурача један крак ужета намотава до је други везан за ослонац док се код двојних котурача оба крака ужета намотавају на добош. Повећавајући број котурача, смањиће се преносни однос између мотора и добоша, па ће се на тај начин добити много економичнија конструкција. Према конструкционом извођењу можемо разликовати два основна типа котурача:

- кратка конструкција котураче
- дугачка конструкција котураче



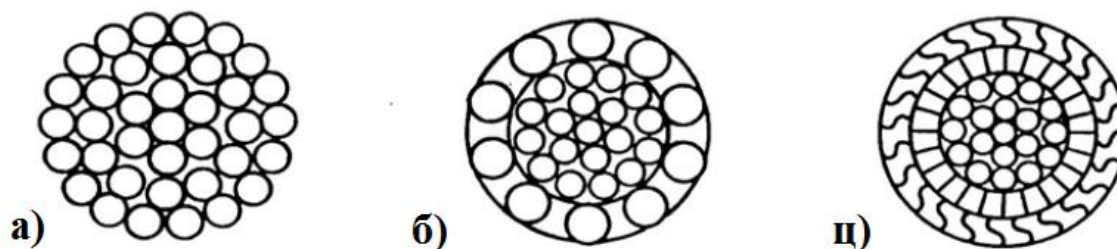
Слика 4.8 а) кратка конструкција котураче, б) дугачка конструкција котураче [12]

Један од могућих конструкција котураче је приказана на слици 4.9 [12].



Слика 4.9 Конструкција котураче [12]

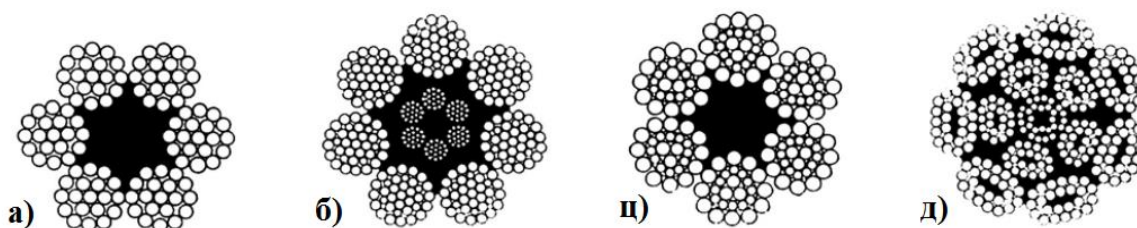
**Уже** се састоји од жица, што омогућава његово кретање при великим брзинама и кретање без удара. За разлику од ланаца, добра особина ужади је што нису осетљива на ударе и преоптерећења али због велике површине осетљива су на корозију. Ужад се према конструкцији могу поделити на: једноструко увијена ужад и двоструко увијена ужад. Једноставно увијена ужад (завојна ужад) се састоје из једног струка већег пречника који се користи као уже. Могу се извести као: отворена, полузатворена и затворена ужад (слика 4.10).



Слика 4.10 а) отворено, б) полузатворено, ц) затворено ужадо [8]

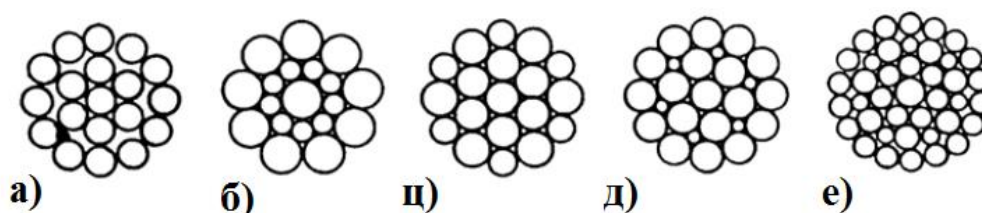
Двоструко увијена ужада се састоје из више струкова који су увијени око самог језгра у ужадо (слика 4.11) [8].

- а) једнослојно округло ужадо са језгром од природног влакна,
- б) једнослојно округло ужадо са металним језгром,
- ц) једнослојно ужадо од троугластих струкова,
- д) трослојно ужадо од плоснатих струкова.



Слика 4.11 Двоструко увијена ужада [8]

За разлику од завојних ужади, ужада састављена од струкова су знатно савитљивија. Језгро, које се налази у средини ужада може бити израђено од природних влакана (лан, памук, сисал итд.), вештачких влакана (полиетилен и пролипропилен) и од метала. Конструкција струкова се може извести на више начина (слика 4.12).



Слика 4.12 Конструкције струкова [8], а) нормално ужадо, б) Seale-ужадо, ц) Warrington-ужадо, д) ужадо са жицама за попуно, е) Warrington-ужадо са везаним жицама

## 5. Прорачун основних елемената механизма за дизање

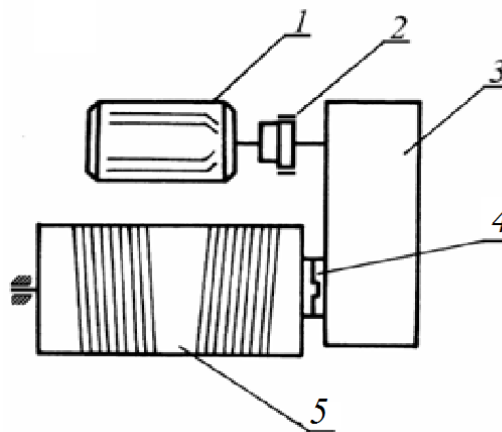
У оквиру овог поглавља извршен је избор и прорачун основних елемената механизма за дизање терета. Као пример изабран је механизам за дизање терета код мосних дизалица.

Полазни подаци:

- 1) Носивост:  $m_H = 10t$
- 2) Распон :  $L = 28m$
- 3) Висина дизања:  $H = 18m$
- 4) Брзина дизања:  $v_1 = 6,3 \frac{m}{min}$
- 5) Дизалица је намењена за средње (2) услове рада.

Концепција погона дизања, која је приказана на слици 5.1, изабрана је због препоручене носивости  $Q \leq 250 kN$ .

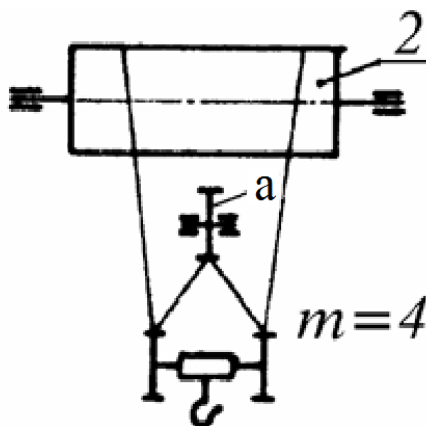
1. Електромотор
2. Еластични редуктор са кочницом
3. Хоризонтални редуктор
4. Спојница
5. Добош



Слика 5.1 Шема погона дизања [14]

### 5.1 Доња катурача

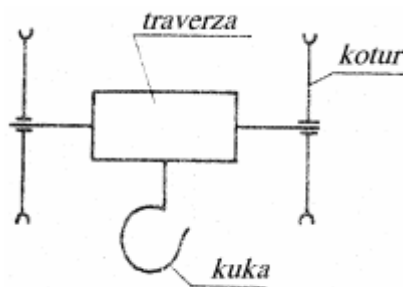
-Изабрана је двојна катурача приказана на слици 5.2. Број носећих ужади је четири. Ужад прелази преко катура (а) и намотавају се на добош (2).



Слика 5.2 Шема двојне катураче [14]

### 5.1.1 Избор концепције

-Изабрана је котурача кратке конструкције (слика 5.3).

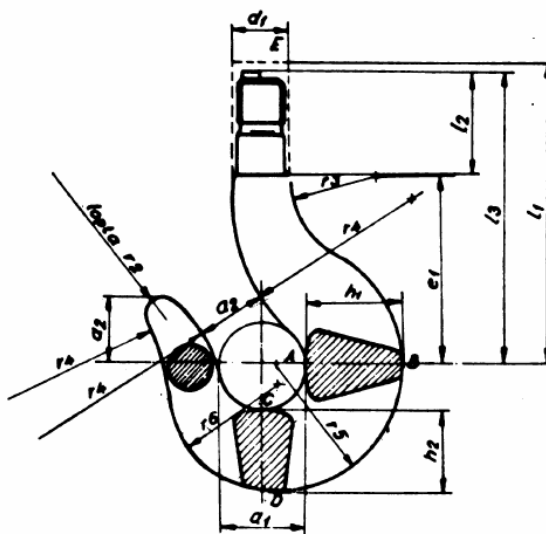


Слика 5.3 Котурача кратке конструкције [14]

- Број кракова ужета:  $m = 4$
- Преносни број котураче:  $i_k = \frac{m}{2} = \frac{4}{2} = 2$
- Степен корисности котураче:  $\eta_k = 0.97$

### 5.1.2 Кука

Изабрана је једнокрака кована кука и калупу са ваљкастим стаблом (VK), величине 5 од материјала Č1330, приказана на слици 5.4, према [16]:



Слика 5.4 Скица једнокраке коване куке [14]

Подаци за куку величине 5 су доступни у табелама 1.1 и 1.2. [14]

Провера куке:

- 1) Истежање врата куке

Усваја се  $\sigma_{doz}$  из табеле 1.5, [14]:  $\sigma_{doz} = 50 \text{ MPa}$ ,

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_5^2} \leq \sigma_{doz} \quad (5.1)$$

$$\sigma = \frac{4 \cdot 98100}{\pi \cdot (49,4)^2} = 51,18 \text{ MPa} \leq \sigma_{doz} = 50 \text{ MPa}$$

–  $d_5 = 49,4 \text{ mm}$  – усваја се из табеле 1.2, [14]

$$Q = m_g \cdot g = 10000 \cdot 9,81 = 98100 \text{ N} \quad (5.2)$$

Прорачуном није задовољена неједнакост али се усвајају вредности из табеле 1.5 [14], из разлога што је одступање око 5%.

## 2) Провера навртке

Усваја се  $p_{doz}$  из табеле 1.5.  $p_{doz} = 34 \text{ MPa}$ ,

$$H \geq 0,8 \cdot d_3 \quad (5.3)$$

$$H \geq 0,8 \cdot 56$$

$$H \geq 44,8 \text{ mm}$$

$$H \geq \frac{4 \cdot Q \cdot t}{\pi \cdot (d_3^2 - d_5^2) \cdot p_{doz}} \quad (5.4)$$

$$H \geq \frac{4 \cdot 9,81 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (56^2 - 49,4^2) \cdot 34}$$

$$H = 0,032 \text{ m} = 32 \text{ mm}$$

$t = 6 \text{ mm}$  – корак завојнице [14]

Прорачуном је задовољена једнакост.

### 5.1.3 Избор ужета:

Рачунска прекидна сила ужета ( $F_r$ ) се рачуна према формули 5.5:

$$F_r \geq \frac{m_H \cdot g}{n_m} \phi \cdot f_{s1} f_{s2} \cdot f_{s3} \gamma_p \cdot \gamma_n = \frac{10000 \cdot 9,81}{4} 1,136 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,34 \cdot 1 = 37333 \text{ N} \quad (5.5)$$

Где су:

$$\phi = \phi_{2.min} + \beta_2 \cdot v_h = 1,1 + 0,34 \cdot 0,105 = 1,136, \quad (5.6)$$

$\phi$  – динамички фактор услед дејства инерције и гравитације,

$f_{s1}$  – фактор повећања силе у ужету услед савијања ужета,

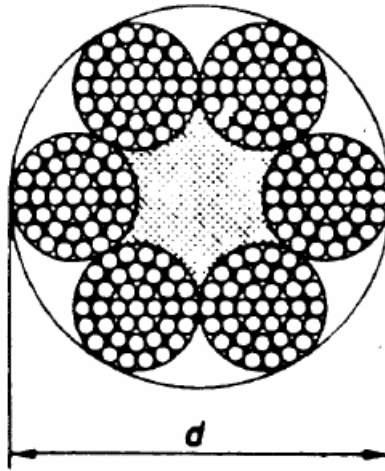
$f_{s2}$  – фактор повећања силе у ужету када краци ужета нису паралелни,

$f_{s3}$  – фактор повећања силе у ужету услед дејства хоризонталних сила,

$\gamma_p$  – парцијални фактор сигурности,

$\gamma_n$  – коефицијент ризика [14].

Одабрано је обично уже (6x37=222), приказано на слици 5.5, са челичним језгром, при рачунској сили  $F_r=37.333 \text{ kN}$  и при називној чврстоћи жице 1570 МПа. Пречних ужета за погонску класу 2 је  $d_u = 9 \text{ mm}$ , усвојено из табеле 1.8, [14].



Слика 5.5 Пресек ужета [14]

#### 5.1.4 Котур

Најмањи пречник котура одређује се према обрасцу:

$$D_{kmin} = \frac{D}{d} \cdot d_u \quad (5.7)$$

$$\frac{D}{d} = 20 - \text{за котуре табела 1.13 [14]}$$

$$D_{kmin} = \frac{D}{d} \cdot d_u = 20 \cdot 9 = 180 \text{ mm}$$

На основу табеле 1.14, [14] усваја се пречник котура  $D_{kmin} = 200 \text{ mm}$

#### 5.1.5 Траверза

Као материјал траверзе изабран је челик Č1430. Све димензије су усвојене према табели 1.7, [14]:

$$b_1 = 200 \text{ mm}$$

$$s = b_4 - c = 41 - 8 = 33 \text{ mm} \quad (5.8)$$

$$d_2 = 93 \text{ mm}$$

$$d_3 = 56 \text{ mm}$$

$$h_1 = 95 \text{ mm}$$

Напон савијања траверзе израчунава се према:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W_x} = \frac{\frac{Q}{2} \cdot b_1 + s - \frac{Q}{2} \cdot d_3}{\frac{1}{6} \cdot (b_1 - d_2) \cdot h_1^2} \leq \sigma_{doz} \quad (5.9)$$

$$\sigma_f = \frac{\frac{98000}{2} \cdot \frac{(200 + 33) \cdot 10^{-3}}{2} - \frac{98000}{2} \cdot \frac{56 \cdot 10^{-3}}{4}}{\frac{1}{6} \cdot (200 \cdot 10^{-3} - 93 \cdot 10^{-3}) \cdot (95 \cdot 10^{-3})^2} = 31.21 \text{ MPa}$$

$\sigma_{doz} = 125 \text{ MPa}$  – дозвољени напон на савијање траверзе табела 1.16, [14].

$$\sigma_f \leq \sigma_{doz}; 31.21 \text{ MPa} \leq 125 \text{ MPa}$$

Рукавац траверзе се проверава на савијање према изразу:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W_x} = \frac{\frac{Q}{2} \cdot \frac{s}{2}}{0.1 \cdot d_5^3} \leq \sigma_{doz} \quad (5.10)$$

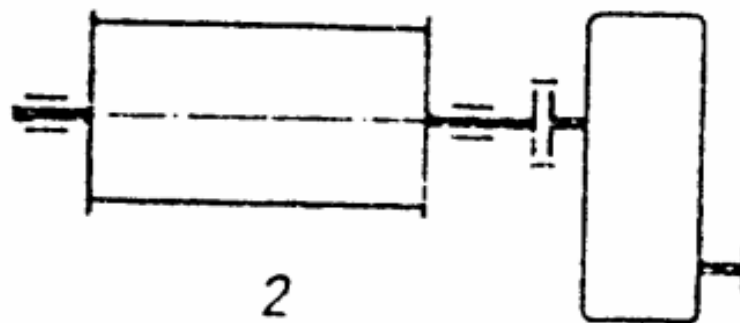
$d_5 = 75 \text{ mm}$  – пречник рукавца из табеле 1.18, [15].

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W_f} = \frac{49000 \cdot 0.0165}{0.1 \cdot (75 \cdot 10^{-3})^3} = 19.16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f \leq \sigma_{doz}; 19.16 \text{ MPa} \leq 125 \text{ MPa}$$

## 5.2 Добош

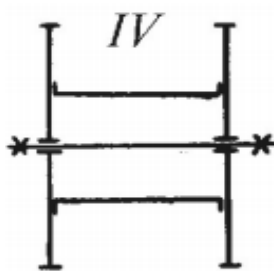
### 5.2.1 Избор добоша



Слика 5.6 Карактеристична решења везе добоша и редуктора [14]

Погон добоша:

Усваја се шема 4 погона дизања



Слика 5.7 Шема погона добоша [14]

Висина прирубнице се израчунава као:

$$1.5 \cdot d_u = 1.5 \cdot 9 = 13.5mm \quad (5.11)$$

### 5.2.2 Димензије добоша

Називни пречник добоша:

$$D_{dob} = \left(\frac{D}{d}\right) \cdot d_u \quad (5.12)$$

$\left(\frac{D}{d}\right) = 20$  – за добош табела 1.13, [14].

$$D_{dob} = 20 \cdot 9 = 180mm$$

Усваја се стандардни пречник добоша  $D_{dob} = 320mm$  – из табеле 1.20, [14].

Димензије жлебова према слици 1.15, а могу се усвојити и према табели 1.20, [14].

$s = 16mm$  – корак завојних жлебова

$r = 8mm$  – радијус кривине

$a_1 = 3mm$  (Усвојено  $(2 \div 5)mm$ )

– растојање центра ужета од центра радијуса жљеба

Дужина добоша  $L$  (m) ако се на добош намотавају два крака ужета

$$L = \left(\frac{2 \cdot i_k \cdot H}{\pi \cdot D_d} + 8\right) \cdot s + L_Q \quad (5.13)$$

$$L = \left(\frac{2 \cdot 2 \cdot 18000}{\pi \cdot 320} + 8\right) \cdot 16 + 120 = 1393,9 mm$$

$H = 18m$  – висина дизања терета

$L_Q = 120mm$  – ненарезани део из табела 1.22, [14].

$$z = \frac{i_k \cdot H}{\pi \cdot D_d} + 4 \quad (5.14)$$

$$z = \frac{2 \cdot 18000}{\pi \cdot 320} + 4 = 35.81 \text{ зареза}$$

Усваја се  $z=36$  зарез

$$L_{nar} = (z - 1) \cdot s \quad (5.15)$$

$$L_{nar} = (36 - 1) \cdot 16 = 560mm$$

$$L_{dob} = 2 \cdot b + 2 \cdot L_{nar} + L_Q \quad (5.16)$$

$b = 34$  – табела 1.20, [14].

$$L_{dob} = 2 \cdot b + 2 \cdot L_{nar} + L_Q = 2 \cdot 0,034 + 2 \cdot 0,56 + 0,12 = 1,31m$$

Дебљина зида омотача добоша

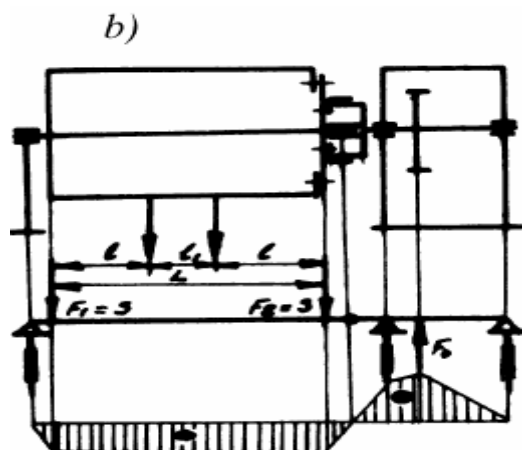
За добош од челика дебљина зида добоша се може одредити према обрасцу:

$$\delta = 0,01 \cdot D_d + 0,003 = 0,01 \cdot 0,320 + 0,003 = 0,0062m = 6,2mm \quad (5.17)$$

### 5.2.3 Провера напона

За анализу оптерећења добоша и осовину добоша усвајамо шему (b).

Шема (b) добош директно везан за редуктор.



Слика 5.8 Анализа оптерећења добоша и осовине добоша [14]

Усваја се материјал Š0300 [14].

$M_s = S \cdot l$ ; –момент савијањ

Где су  $S$  и  $l$  дати изразом:

$$S = \frac{Q + G_k}{4} = \frac{98000 + 1490}{4} = 24872,5N \quad (5.18)$$

$$l = \frac{L - L_Q}{2} = \frac{1,31 - 0,12}{2} = 0,6m \quad (5.19)$$

$$M_s = S \cdot l = \frac{Q + G_k}{4} \cdot \frac{L - L_Q}{2} = 24872,5 \cdot 0,6 = 14923,5Nm \quad (5.20)$$

$M_u = S \cdot D_d$  – момент увијања

$$M_u = S \cdot D_d = 24872,5 \cdot 0,32 = 7959,2Nm \quad (5.21)$$

$\sigma_i$  – резултујући напон

$W_x$  – аксијални отпорни момент

$$\sigma_i = \frac{\sqrt{M_s^2 + (\varphi \cdot M_u)^2}}{W_x}; \quad (5.22)$$

$$W_x = \left( \frac{D_{SP}^4 - D_{UN}^4}{D_{SP}} \right) = \left( \frac{0,309^4 - 0,3028^4}{0,309} \right) = 0,0022976 m^3 \quad (5.23)$$

$$D_{SP} = D_1 - f = 314 - 5 = 309mm = 0,309 m \quad (5.24)$$

$$D_1 = D_d - 2a_1 = 320 - 2 \cdot 3 = 314mm = 0,314 m \quad (5.25)$$

$$D_{UP} = D_{SP} - h = 309 - 6,2 = 302,8mm = 0,3028 m \quad (5.26)$$

$$\varphi = 0,75^\circ$$

$$\sigma_i = \frac{\sqrt{14923,5^2 + (0,75 \cdot 7959,2)^2}}{0,002297} = 7 MPa$$

$$\sigma_i = 7 MPa \leq \sigma_{doz} = 140 MPa$$

## 5.2.4 Осовина добоша

$$d_i \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{smax}}{\pi \cdot \sigma_{dop}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1492350}{\pi \cdot 120}} = 50,2 mm$$

Усваја се  $d_i = 50 mm$

$$\sigma_{dop} = 12 \frac{kN}{cm^2} - \text{за } \check{C}. 1730$$

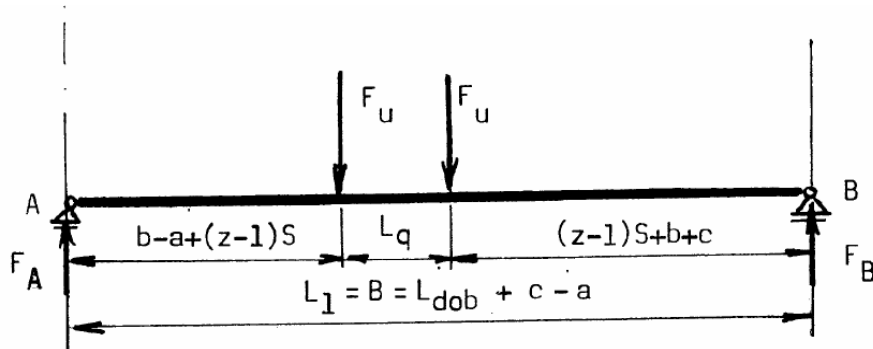
### 5.2.5 Лежишта добоша

Број обртаја добоша:

$$n_d = \frac{i_k \cdot v_1}{\pi \cdot D_d} = \frac{2 \cdot 6,3}{\pi \cdot 0,32} = 12.533 \text{ min}^{-1} \quad (5.27)$$

Радни век лежишта добоша:

$$T = 7000 \text{ [h]}$$



Слика 5.9 Шема оптерећења добоша [14]

$$b - a + (z - 1) \cdot S = 568 \text{ mm}$$

$$b = 34 \text{ mm}; a = 26 \text{ mm}; \text{ из табеле 1.20. [14]}$$

$$(z - 1) \cdot S + b + c = 652 \text{ mm}$$

$$c = 58 \text{ mm} - \text{табела 1.20 [14]}$$

$$L_1 = B = 1342 \text{ mm}$$

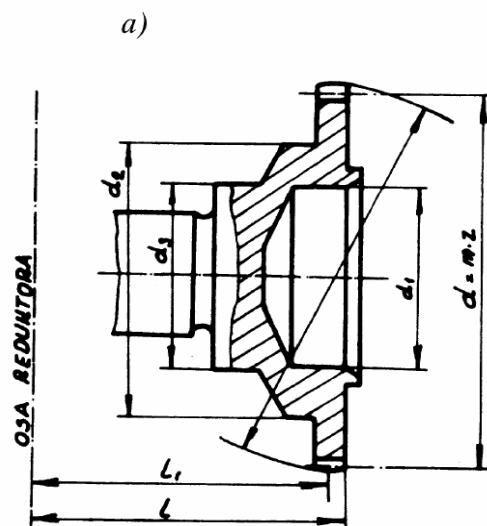
$$\sum M_A = 0 \quad F_u \cdot (b - a + (z - 1) \cdot S) + F_u \cdot (b - a + (z - 1) \cdot S + L_q) - F_B \cdot L_1 = 0 \quad (5.28)$$

$$F_u \cdot 568 + F_u \cdot 688 - F_B \cdot 1342 = 0$$

$$F_u \cdot 1256 = F_B \cdot 1342$$

### 5.2.6 Веза редуктор-добош

За концепцију према слици 5.1 веза редуктора са добошем је директна, па се уграђује зупчаста или Олдхем спојница. У овом случају излазно вратило редуктора се изводи на начин приказан на слици 5.10. У табели 1.26 [14] дате су главне димензије.



Слика 5.10 Завршетак излазног вратила редуктора [14]

Из табеле 1.26 [14] усвајају се главне мере завршетка излазног вратила редуктора за везу са зупчастом спојницом.

Величина редуктора Н2 320

$d_1=72\text{mm}$

$d_2=95\text{mm}$

$m=3\text{mm}$

$z=40$

$b=20\text{mm}$

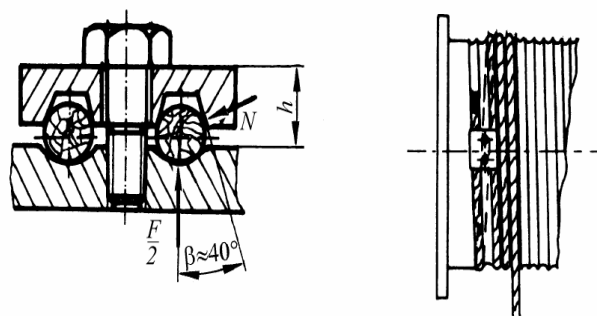
$l=174,5\text{mm}$

$l_1=154,5\text{mm}$

$l_2=35\text{mm}$

### 5.2.7 Веза ужета за добош

Веза ужета са добошем је остварена помоћу стезних плочица као што је приказано на слици 5.12.



Слика 5.11 Веза ужета за добош [14]

$S_V$  – сила која оптерећује везу

$\mu$  – коефицијент трења између добоша и ужета

$\alpha$  – угао обухвата ужета око добоша (два пуна круга)

$F_u$  – радна сила у ужету

$$S_V = 2.5 \cdot \frac{F_u}{e^{\mu \cdot \alpha}} \quad (5.29)$$

$\mu = 0.1$  ;  $\alpha = 4 \cdot \pi$  ; – подаци дати из литературе на страни 37. [14].

$$F_u = \frac{Q + G_K}{m \cdot \eta_k} = \frac{98000 + 1490}{4 \cdot 0.97} = 25,6 \text{ kN} \quad (5.30)$$

$$S_V = 2.5 \cdot \frac{F_u}{e^{\mu \cdot \alpha}} = 0.71 \cdot 25,6 = 18,176 \text{ kN}$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\sin 40} = \frac{0.1}{\sin 40} = 0,16 \text{ - сведени коефицијент трења}$$

$\alpha_1 = 2\pi$  – угао обухвата уже око добоша између наиласка под плочицу

$i = 2$  – број завртњева који притежу плочицу

$$F = \frac{2 \cdot S_v}{i \cdot (\mu + \mu') \cdot (e^{\mu \cdot \alpha_1} + 1)} \quad (5.31)$$

$$F = \frac{2 \cdot 18,176}{2 \cdot (0,1 + 0,16) \cdot (6,94 + 1)} = 8,8 \text{ kN (сила у завртњу)}$$

$$F = \frac{2 \cdot S_v}{i \cdot \mu \cdot (e^{\mu \cdot \alpha_1} + 1)} = \frac{36,352}{0.574} = 63,33 \text{ kN (сила у плочици)}$$

Укупни напон у завртњу:

$$\sigma = \frac{1,3 \cdot F}{z \cdot A_s} + \frac{M_f}{0,1 \cdot d_1^3 \cdot z} \quad (5.32)$$

$$M_f = \mu_1 \cdot S_v \cdot l = 0,1 \cdot 18,176 \cdot 1,31 = 2,38 \text{ kNcm} \quad (5.33)$$

За вијак М20 из табеле 1.28 следи да је: [14]

$A_s = 2,450 \text{ cm}^2$  – испитни пресек навоја вијка на затезање

$d_1 = 16,933 \text{ mm}$  – пречник језгра стабла вијка (из табеле 1.28, [14])

$z = 2$  – број стезних плочица

Усваја се вијак квалитета 5.8 за који је  $\sigma_{dop} = 17 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$$\sigma = \frac{1.3 \cdot F}{z \cdot A_s} + \frac{M_f}{0.1 \cdot d_1^3 \cdot z} = \frac{1.3 \cdot 63,33}{2 \cdot 2,450} + \frac{3,23}{0.1 \cdot 16,933^3 \cdot 2} = 16,8 \frac{kN}{cm^2}$$

Напон је мањи од допуштеног напона, тако да је био добар избор усвајања вијка и броја плочица ( $z=2$ ) [14].

## 5.3 Избор електромотора

### 5.3.1 Меродавна снага за избор мотора

Снага потребна за савлађивање отпора при устаљеном (једноликом) кретању при дизању терета.

$$P = \frac{(Q + G_k) \cdot v_d}{1000 \cdot \eta} = \frac{(98,1 \cdot 10^3 + 1490) \cdot 0,105}{1000 \cdot 0,85} = 12,3 \text{ kW} \quad (5.34)$$

Усваја се електромотор – 1.ZK 180 L – 6

$P=15 \text{ kW}$  - нормална снага,

$n=960 \text{ min}^{-1}$  - број обртаја ЕМ,

$J=0,144 \text{ kgm}^2$  - момент инерције мотора,

$m_{EM}= 150 \text{ kg}$  - маса ЕМ,

Табела 5.1 Табела за избор електромотора [14]

| Mehanička zaštita: IP 54       |                      |                                     |        |       |                     |                      | Napori: 400 V, 50 Hz           |                                |                                |    |                       |            |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------|-------|---------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----|-----------------------|------------|
| Tip motora                     | P <sub>N</sub><br>kW | n <sub>N</sub><br>min <sup>-1</sup> | η<br>% | cos φ | I <sub>N</sub><br>A | M <sub>N</sub><br>Nm | I <sub>1</sub> /I <sub>N</sub> | M <sub>1</sub> /M <sub>N</sub> | M <sub>b</sub> /M <sub>N</sub> | KR | J<br>kgm <sup>2</sup> | Masa<br>kg |
| 1000 min <sup>-1</sup>         |                      |                                     |        |       |                     |                      |                                |                                |                                |    |                       |            |
| 1.ZK 63 A-6                    | 0,09                 | 870                                 | 44,0   | 0,68  | 0,45                | 0,98                 | 2,1                            | 1,7                            | 1,8                            | 13 | 0,00027               | 4,4        |
| 1.ZK 63 B-6                    | 0,12                 | 880                                 | 43,0   | 0,63  | 0,64                | 1,3                  | 2,3                            | 2,2                            | 2,6                            | 13 | 0,00037               | 5          |
| 1.ZK 71 A-6                    | 0,18                 | 900                                 | 57,0   | 0,65  | 0,70                | 1,9                  | 2,6                            | 1,9                            | 2,0                            | 13 | 0,00055               | 6,1        |
| 1.ZK 71 B-6                    | 0,25                 | 890                                 | 57,0   | 0,64  | 1,0                 | 2,7                  | 2,6                            | 1,8                            | 2,1                            | 13 | 0,00071               | 6,8        |
| 1.ZK 80 A-6                    | 0,37                 | 910                                 | 62,0   | 0,69  | 1,2                 | 3,9                  | 3,3                            | 2,0                            | 2,2                            | 13 | 0,0018                | 9          |
| 1.ZK 80 B-6                    | 0,55                 | 910                                 | 68,0   | 0,66  | 1,8                 | 5,7                  | 3,5                            | 2,2                            | 2,4                            | 13 | 0,0024                | 11,6       |
| 1.ZK 90 S-6                    | 0,75                 | 920                                 | 70,0   | 0,72  | 2,1                 | 7,8                  | 3,3                            | 2,0                            | 2,0                            | 16 | 0,0037                | 13         |
| 1.ZK 90 L-6                    | 1,1                  | 910                                 | 70,0   | 0,70  | 3,3                 | 11,2                 | 3,8                            | 2,2                            | 2,4                            | 16 | 0,0054                | 16,3       |
| 2.ZK 100 L-6                   | 1,5                  | 910                                 | 72,0   | 0,75  | 4,0                 | 16,0                 | 4,2                            | 2,1                            | 2,2                            | 13 | 0,0054                | 20,5       |
| 2.ZK 112 M-6                   | 2,2                  | 930                                 | 76,0   | 0,75  | 5,6                 | 23,0                 | 4,5                            | 2,0                            | 2,1                            | 16 | 0,012                 | 27         |
| 1.ZK 132 S-6                   | 3                    | 940                                 | 77,0   | 0,78  | 7,2                 | 30,0                 | 4,5                            | 2,0                            | 2,1                            | 13 | 0,015                 | 47         |
| 1.ZK 132 Mk-6                  | 4                    | 940                                 | 82,0   | 0,77  | 9,1                 | 40,2                 | 4,5                            | 1,9                            | 2,0                            | 13 | 0,02                  | 57         |
| 1.ZK 132 M-6                   | 5,5                  | 950                                 | 83,0   | 0,77  | 12,4                | 55,3                 | 4,5                            | 1,9                            | 2,1                            | 13 | 0,028                 | 68         |
| 1.ZK 160 M-6                   | 7,5                  | 950                                 | 84,0   | 0,77  | 17                  | 75                   | 5,5                            | 2,0                            | 2,4                            | 16 | 0,049                 | 90         |
| 1.ZK 160 L-6                   | 11                   | 950                                 | 84,0   | 0,78  | 24,5                | 110                  | 6,0                            | 2,2                            | 2,5                            | 16 | 0,07                  | 120        |
| 1.ZK 180 L-6                   | 15                   | 960                                 | 87,0   | 0,82  | 30,5                | 149                  | 6,0                            | 2,2                            | 2,7                            | 16 | 0,144                 | 150        |
| 1.ZK 200 Lk-6                  | 18,5                 | 970                                 | 89,0   | 0,81  | 38                  | 182                  | 6,5                            | 2,0                            | 2,7                            | 16 | 0,225                 | 205        |
| 1.ZK 200 L-6                   | 22                   | 970                                 | 90,0   | 0,80  | 44                  | 217                  | 6,5                            | 2,0                            | 2,7                            | 16 | 0,27                  | 230        |
| 1.ZK 225 M-6                   | 30                   | 975                                 | 91,0   | 0,81  | 59                  | 294                  | 6,5                            | 2,0                            | 2,7                            | 16 | 0,656                 | 330        |
| 1.ZK 250 M-6                   | 37                   | 980                                 | 91,0   | 0,83  | 71                  | 361                  | 6,0                            | 2,0                            | 2,2                            | 13 | 0,9                   | 390        |
| 1.ZK 280 S-6                   | 45                   | 982                                 | 92,5   | 0,85  | 83                  | 438                  | 6,9                            | 2,4                            | 2,8                            | 16 | 1,5                   | 500        |
| 1.ZK 280 M-6                   | 55                   | 982                                 | 93,0   | 0,84  | 102                 | 533                  | 6,9                            | 2,3                            | 2,6                            | 16 | 1,82                  | 560        |
| 1.ZK 315 S-6                   | 75                   | 987                                 | 92,7   | 0,87  | 134                 | 725                  | 7,3                            | 2,2                            | 2,6                            | 16 | 2,7                   | 720        |
| 1.ZK 315 M-6                   | 90                   | 988                                 | 93,0   | 0,88  | 160                 | 870                  | 7,5                            | 2,2                            | 2,6                            | 16 | 3,18                  | 840        |
| 1.ZKI 315 Mk-6                 | 110                  | 987                                 | 94,0   | 0,87  | 195                 | 1064                 | 6,5                            | 1,75                           | 2,4                            | 16 | 5,5                   | 1035       |
| 1.ZKI 315 M-6                  | 132                  | 988                                 | 94,5   | 0,87  | 235                 | 1276                 | 7,0                            | 1,8                            | 2,6                            | 16 | 6,6                   | 1140       |
| 1.ZKI 315 Md-6                 | 160                  | 989                                 | 95,0   | 0,87  | 280                 | 1545                 | 7,0                            | 2,0                            | 2,7                            | 16 | 7,0                   | 1260       |
| 2.ZKI 355 Mk-6                 | 200                  | 989                                 | 95,7   | 0,87  | 348                 | 1930                 | 6,2                            | 2,3                            | 2,5                            | 13 | 13,1                  | 1636       |
| 2.ZKI 355 M-6                  | 250                  | 988                                 | 95,7   | 0,87  | 436                 | 2417                 | 6,1                            | 2,3                            | 2,5                            | 13 | 14,9                  | 1950       |
| 2.ZKI 355 Md-6                 | 315                  | 988                                 | 95,7   | 0,88  | 540                 | 3045                 | 6,2                            | 2,3                            | 2,5                            | 13 | 16,5                  | 2240       |
| 2.ZKI 355 Lk-6                 | 355                  | 990                                 | 95,9   | 0,89  | 600                 | 3425                 | 6,5                            | 2,3                            | 2,6                            | 13 | 18                    | 2767       |
| 2.ZKI 355 L-6                  | 400                  | 990                                 | 96,0   | 0,89  | 676                 | 3858                 | 6,8                            | 2,3                            | 2,6                            | 13 | 20                    | 2990       |
| 2.ZKI 400 Lk-6                 | 450                  |                                     |        |       |                     |                      |                                |                                |                                |    |                       |            |
| 2.ZKI 400 L-6                  | 500                  |                                     |        |       |                     |                      |                                |                                |                                |    |                       |            |
| 2.ZKI 400 Ld-6                 | 560                  |                                     |        |       |                     |                      |                                |                                |                                |    |                       |            |
| Podaci se dostavljaju na upit! |                      |                                     |        |       |                     |                      |                                |                                |                                |    |                       |            |

### 5.3.2 Провера ЕМ у периоду убрзања при дизању максималног терета

Укупни момент отпора сведен на вратило ЕМ је:

$$M'_{uk} = M'_{st} + M^{tr'}_{in} + M^{rot'}_{in} \quad (5.35)$$

$$= \frac{Q \cdot D_d}{2 \cdot i_k \cdot i \cdot \eta} + \frac{m \cdot D_d^2 \cdot \omega_m}{2 \cdot i_k^2 \cdot t_1 \cdot \eta \cdot i^2} + (1,1 \div 1,2) \cdot J \cdot \frac{\omega_m}{t_1}$$

Где су:

$$i = \frac{n_{em}}{n_d} = \frac{960}{12,53} = 76,62$$

$n_d = 12,53 \text{ min}^{-1}$  - из тачке 5.2.5

$m = 150 \text{ kg}$ ; – маса електромотора

$$a = 0,1 \div 0,3 = 0,2 \left[ \frac{m^2}{s} \right] \text{ – убрзање}$$

$$t_1 = \frac{v_1}{a} = \frac{0,105}{0,2} = 0,525 \text{ s} \text{ – време трајања неустаљеног кретања}$$

$$\omega_m = \frac{\pi \cdot n_m}{30} = \frac{\pi \cdot 960}{30} = 100,53 \text{ s}^{-1}; \text{ – угаона брзина вратила ЕМ}$$

$$M'_{uk} = \frac{98000 \cdot 0,32}{2 \cdot 2 \cdot 76,62 \cdot 0,85} + \frac{10000 \cdot 0,32^2 \cdot 100,53}{4 \cdot 2^2 \cdot 0,525 \cdot 0,85 \cdot 76,62^2} + 1,15 \cdot 0,144 \cdot \frac{100,53}{0,525} = 154,55 \text{ Nm}$$

$$M_m = \Psi \frac{P_n}{\omega_m} = 2,7 \cdot \frac{12,3 \cdot 10^3}{100,53} = 330,35 \text{ Nm} \quad (5.36)$$

$$M'_{uk} \leq M_m; 154,55 \text{ Nm} \leq 330,35 \text{ Nm}$$

## 5.4 Редуктор

### 5.4.1 Избор редуктора

- $P = 15 \text{ kW}$
- $n_{em} = 960 \text{ min}^{-1}$
- $i = 76,62$
- Погонска класа дизалице: 2

Изабран је редуктор на основу израчунатих података, ознака редуктора НЗ(VЗ).80 IV величине 90 из табеле 1.36, [14].

## 5.5 Избор спојнице

Избор еластичне спојнице

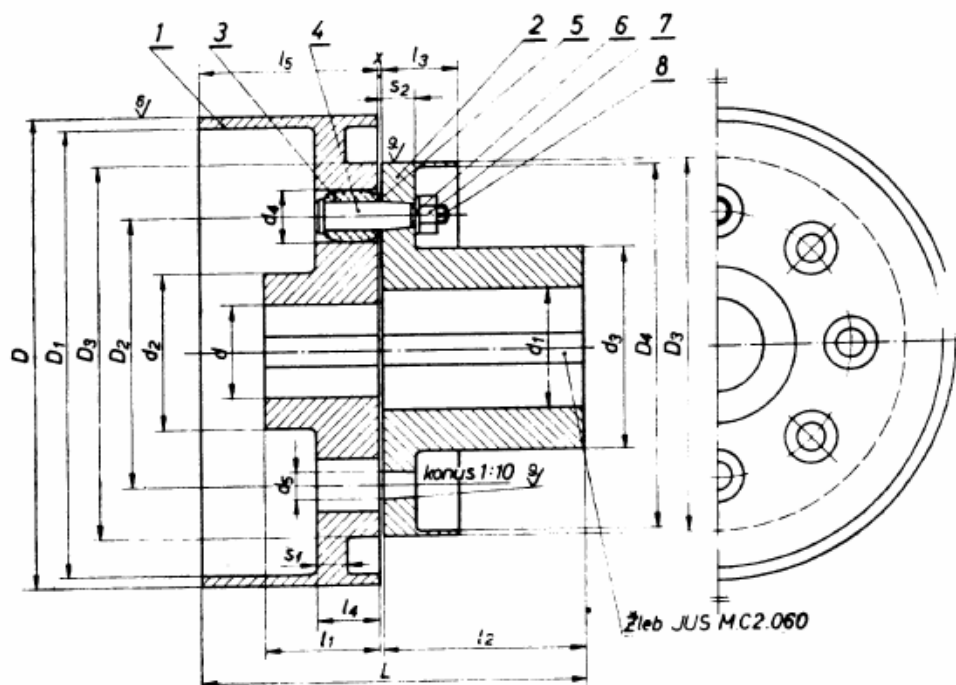
$$M_N = \frac{P_n}{\omega_m} = 9550 \frac{P_n}{n_m} = 9550 \frac{15}{960} = 149,22 Nm \quad (5.37)$$

Вредност обртног момента се повећава за 25% пошто се ради о погонској класи 2

$$M_t = 1.25 \cdot M_n = 1.25 \cdot 149,22 = 186,53 Nm \quad (5.38)$$

Усваја се спојница [14], називног пречника  $D = 200 mm$ ,

табличне вредности  $M_t = 200 Nm$   $J = 0.070 kgm^2$



Слика 5.12 Еластична спојница [14]

## 5.6 Кочница

Кочница се поставља на вратилу електромотора јер је на том месту најмањи обртни момент. Усвојена је кочница са папучама.

### 5.6.1 Прорачун кочнице са две папуче

Рачунски момент кочења:

$$M_k = v_k \cdot M'_{st(k)} \quad (5.39)$$

$$M_k = v_k \cdot M'_{st} \cdot \eta^2 \quad (5.40)$$

$$M'_{st} = \frac{Q \cdot D_d}{2 \cdot i_k \cdot i_r \cdot \eta} \quad (5.41)$$

$M'_{st(k)}$  – момент статичких отпора редукован на вратило ЕМ за случај кочења

$M'_{st}$  – погонски момент ЕМ потребан за савлађивање отпора устаљеног кретања

$v_k = 1.75$ ; – степен сигурности кочнице из табеле 1.40 [14]

$$M'_{st} = \frac{Q \cdot D_d}{2 \cdot i_k \cdot i_r \cdot \eta} = \frac{98000 \cdot 0,32}{2 \cdot 2 \cdot 76,62 \cdot 0,85} = 120,38 \text{ Nm}$$

$$M_k = v_k \cdot M'_{st} \cdot \eta^2 = 1.75 \cdot 120,38 \cdot 0,85^2 = 152,2 \text{ Nm}$$

На основу израчунате вредности  $M_k$  усваја се из табеле 1.41, [14]; ознака 266 008 [14]

Пренони однос кочнице се рачуна према формули 5.42.

$$i_{ko\check{c}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{260}{100} \cdot \frac{180}{40} = 11,7 \quad (5.42)$$

Димензије полуге се усвајају из табеле 1.41, [14]:

$$a = 260 \text{ mm};$$

$$b = 100 \text{ mm};$$

$$c = 180 \text{ mm};$$

$$d = 40 \text{ mm};$$

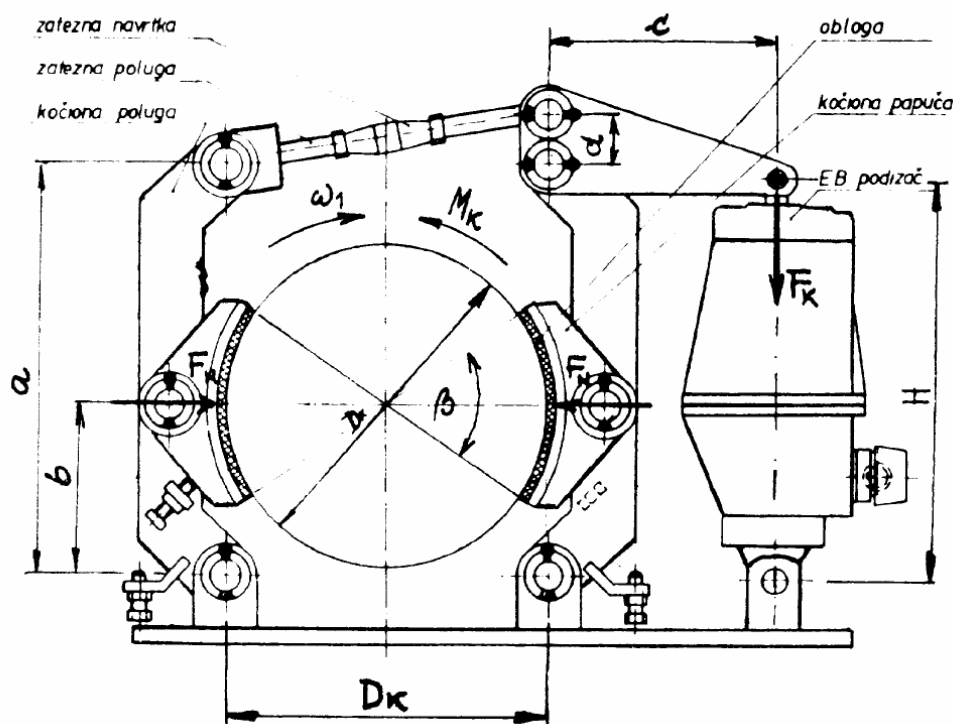
$$D_k = 200 \text{ mm}$$

$$\eta_k = 0,9 \div 0,95 = 0,93; \text{ степен корисности положаја кочнице [14]}$$

$$\mu_k = 0,4 \text{ — табела 1.44, коефицијент трења облоге папуче о кочиони добош [14]}$$

Рачунска сила кочења:

$$F_k = \frac{M_k}{i_{koč} \cdot \mu_k \cdot D_k \cdot \eta_k} = \frac{152,2}{11,7 \cdot 0,4 \cdot 0,2 \cdot 0,93} = 174,85 \text{ Nm} \quad (5.43)$$



Слика 5.13 Кочница са две папуче са хидрауличним подизачем [14]

### 5.6.2 Избор хидрауличног подизача

На основу израчунате силе  $F_k$  усвојен је подизач ознаке ЕВ С20 20/50 номиналне силе 200N, а нормалне повратне силе 195N, и дозвољеног одступања 35 N, према табели 1.42 [14].

### 5.6.3 Провера кочнице

Димензије кочнице су дате у табели 1.41 [14], док су њене основне карактеристике налазе у табели 1.43 [14].

Стварна нормална сила на кочионом добошу:

$$F_N = F_k \cdot i_{koč} \cdot \eta_k = 174,85 \cdot 11,7 \cdot 0,93 = 1902,54 \text{ N} \quad (5.44)$$

Стварни кочиони момент:

$$M_k = F_k \cdot \mu_k \cdot D_k = 174,85 \cdot 0,4 \cdot 0,2 = 13,98 \text{ Nm} \quad (5.45)$$

Стварни степен сигурности:

$$v_k = \frac{M_k}{M_{st} \cdot \eta^2} = \frac{13,98}{120,38 \cdot 0,85^2} = 0,16 \frac{m}{s} \quad (5.46)$$

Провера кочионих облога:

Специфични притисак:

$$B = l_5 - (5 \div 10) = 75 - 5 = 70 \text{ mm}$$

$\beta = 70^\circ$  – обухватни угао облога папуча [14]

$$A_p = \frac{\pi \cdot D_k \cdot \beta}{360} \cdot B = \frac{\pi \cdot 0,2 \cdot 70}{360} \cdot 70 = 0,00855 m^2; \text{ – површина облога}$$

$$p = \frac{F_N}{A_p} = \frac{1902,54}{85,5} = 22,25 \frac{N}{cm^2} \quad (5.47)$$

Критична брзина на ободу кочног добоша:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_m}{60} \cdot k = \frac{\pi \cdot 0,2 \cdot 960}{60} \cdot 1,1 = 11,06 \frac{m}{s} \quad (5.48)$$

Где је:  $k = 1,1 \div 1,2 = 1,1$

Специфична снага кочења:

$$p \cdot v_k \leq (p \cdot v_k) doz \quad (5.49)$$

$$(p \cdot v_k) doz = 250 \left[ \frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s} \right]$$

$$p \cdot v_k = 22,25 \cdot 11,06 = 246,09 \left[ \frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s} \right]$$

$$p \cdot v_k = 246,09 \left[ \frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s} \right] \leq (p \cdot v_k) doz = 250 \left[ \frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s} \right]$$

Услов је задовољен.

## 6. Закључак

Историја сведочи да су дизалице и механизми за дизање који чине саставни део дизалица били неопходни одувек, као и да је њихов развој знатно олакшао транспорт, односно дизање и премештање терета.

Механизми за дизање имају веома широку примену, што потврђује њихово присуство у многим гранама индустрије. Основни елементи механизма за дизање су: електромотор, спојница, редуктор, добош, кочница и катурача са захватним средством. Имајући у виду велики број захватних средстава, веома је битно изабрати прави у односу на његову носивост, као и у односу на врсту материјала који треба транспортовати.

Куке спадају у најуниверзалније уређаје за захватање терета и своју примену најчешће налаза у транспорту комадних терета. Поред кука, у зависности од облика и термичког стања терета који се транспортује, као захватна средства у примени се могу срести и магнети, кофе, грабилице итд. С обзиром да је њихова улога да обезбеде сигуран и поуздан рад, посебну пажњу треба обратити приликом прорачуна њихове носивости.

Поред кука које се користе као основно средство за преношење терета, код различитих додатних прибора и уређаја а нарочито код привезница, користе се и други облици кука. Тако, на пример, постоје куке са жљебом на врату, куке са отвором погодне за привезнице, куке које се користе у бродарству итд.

## Литература

- [1] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [2] С. Сувајџић, Механизација претоварно-транспортних радова, Грађевинска књига, Београд, 1964.
- [3] <https://www.scribd.com/document/146762494/Istorija-Transportnih-uredjaja>, приступљено: 06.09.2020.
- [4] <https://www.lowtechmagazine.com/2010/03/history-of-human-powered-cranes.html>, приступљено: 08.09.2020.
- [5] <https://www.irizarforge.com/News/Crane-hook-evolution-in-the-history.aspx>, приступљено: 08.09.2020.
- [6] [http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/MP\\_2019\\_POMOCNI\\_UREDJAJI\\_DIZALICA.pdf?script=lat](http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/MP_2019_POMOCNI_UREDJAJI_DIZALICA.pdf?script=lat), приступљено: 11.09.2020.
- [7] [http://moodle.fink.rs/pluginfile.php/7482/mod\\_resource/content/3/OTM\\_03.pdf](http://moodle.fink.rs/pluginfile.php/7482/mod_resource/content/3/OTM_03.pdf), приступљено: 14.09.2020.
- [8] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [9] <https://www.fwcranes.com/crane-parts/crane-lifting-hook.html>, приступљено: 14.09.2020.
- [10] <https://www.djcranes.com/crane-lift-hook.html>, приступљено: 14.09.2020.
- [11] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине – Практикум, Ниш, 1998.
- [12] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [13] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [14] Милорадовић Н., Вујанац Р., Мосна дизалица, Упутство за пројектни задатак из предмета Основи Транспортних машина, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2019.
- [15] Милорадовић Н., Вујанац Р., Дизалични уређаји, Збирка решених задатака, Крагујевац, 2018. год.
- [16] СРПС М.Д1.144:1975, Индустијске дизалице – Коване теретне куке, једнокраке, Облик и мере, Завод за стандардизацију, Београд, Србија

[17] DIN 15401: Lifting hooks for lifting appliances – Single hooks – Unmachined parts,  
DeutschesInstitut fürNormung, Berlin, Germany