

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Транспортни уређаји и машине

Број индекса: 324/2013

Слободан Р. Гарић

**Елеватор са кофицама за
транспорт житарица
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Ненад Милорадовић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене елеватора као значајних уређаја непрекидног транспорта.
- Изврши избор вучног елемента, кофица, погонског и затезног уређаја елеватора.
- На изабраном типу елеватора прикаже принцип прорачуна његових основних елемената за следеће полазне податке:
 - капацитет транспорта $Q = 40 \text{ t/h}$,
 - висина дизања $H = 18 \text{ m}$.
- Применом одговарајућег CAD софтверског пакета изврши моделирање елемената елеватора.

Препоручена литература:

- [1] М. Гашић, Транспортни уређаји, непрекидни транспорт Машински факултет, Краљево, 1997.
- [2] С. Тошић, Транспортни уређаји, Механизација транспорта Машински факултет, Београд, 1999.
- [3] С. Тошић: Прорачун машина непрекидног транспорта и дизаличних уређаја, Машински факултет, Београд, 2001.
- [4] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.

Крагујевац, 05. 03. 2015. год.

Ментор:

др Ненад Милорадовић, доцент

Резиме:

У оквиру рада извршени су прикупљање, систематизација и анализа података везаних за кофичасте елеваторе за житарице. Описан је њихов развој, карактеристике и поделе, и наведена суштина рада кофичастих елеватора. Описани су сви делови који га сачињавају, све врсте ових елеватора и друге које су настале као и њихова примена у разним областима. Утврђено је да им је сврха разнолика и да имају широку примену употребе поготово у пољопривредне сврхе. Прорачуном у раду је приказан сам ток од његовог почетка где се полази од неких полазних података па све до краја где добијамо потребну снагу, параметре траке, добоша, вратила, кофице, кућишта. На основу прорачуна који је одрађен долази до формирања одређених 3D модела где видимо њихов изглед у простору на основу којег се израђује техничка документација а касније и сам уређај.

Кључне речи: Кофичасти елеватор, добош, кофице, трака, центрифугално пражњење.

Abstract:

In this work, there were collected, systematized and analyzed data related to the bucket elevators for grains. The work described their development, characteristics and divisions, and the essence of bucket elevators work. It also describes all the parts of which it is composed, all these kinds of elevators and others that have occurred and their application in various areas. It was determined that their purpose is various and that they have a wide range of use, especially in agriculture. The calculation in this work, is shown the flow from the beginning where it starts from some initial data until the end where we get the needed strength, parameters belt, drums, shafts, buckets, cases. Based on calculations that is done, which leads to the formation of specific models where we see their appearance in the space, based on which produces technical documentation and later device itself.

Key words: Bucket elevator, drum, buckets, belt, centrifugal discharging.

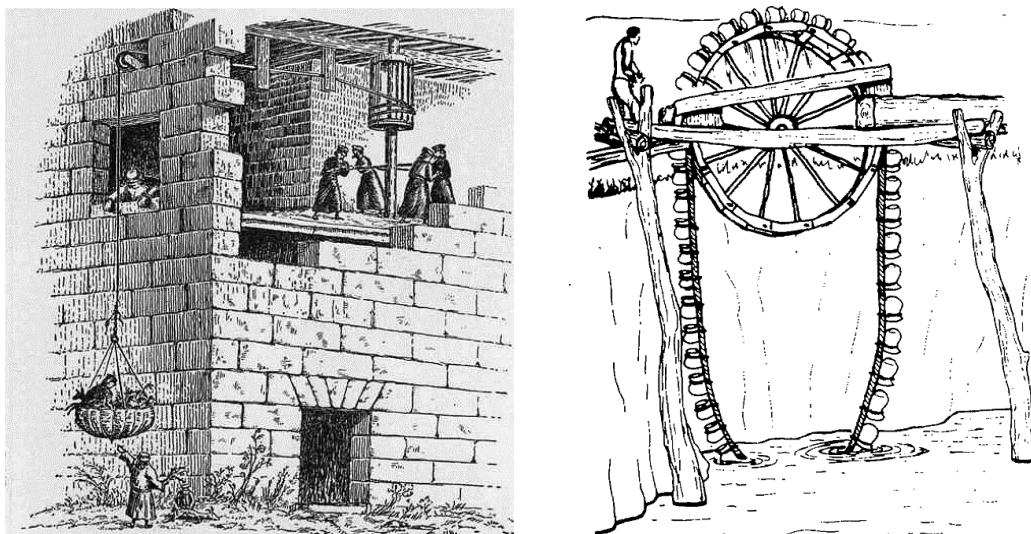
Садржај

1 Увод	6
2 Кофичасти елеватори	8
<u>2.1 Опште карактеристике</u>	8
<u>2.2 Елементи елеватора</u>	9
2.2.1 Кофице	10
2.2.2 Вучни елементи	12
2.2.3 Погонска глава елеватора	14
2.2.4 Затезни уређај	16
2.2.5 Плашт (Оклоп)	17
2.2.6 Заштитни уређај	17
<u>2.3 Класификација и врсте елеватора</u>	18
2.3.1 Елеватори позитивног пражњења	18
2.3.2 Гравитациони елеватори	19
2.3.3 Кофичасти елеватори са хоризонталним испуштањем	20
2.3.4 Центрифугални кофичасти елеватор	21
2.3.5 Једноредни и дворедни кофичасти елеватори	21
2.3.6 Елеватори великог капацитета	22
<u>2.4 Примена кофичастих елеватора</u>	23
<u>2.5 Пуњење и пражњење кофица елеватора</u>	25
<u>2.6 Прорачун елеватора</u>	31
2.6.1 Погонске карактеристике елеватора	31
2.6.2 Претходни прорачун вуче	35
2.6.3 Тачан прорачун елеватора и прорачун вуче	37
3 Кофичасти елеватори специјалног типа	39
3.1 Елеватор са џеповима	39
3.2 Виљушкасти елеватори	40
3.3 Елеватори са љуљашкама (љуљашкари)	42
4 Карактеристике елеватора са кофицама у пољопривредној производњи и њихова примена	44
4.1 Карактеристике елеватора у пољопривредној производњи	44
4.2 Примена елеватора у пољопривредној производњи	49

5 Пример прорачуна кофичастог елеватора са житарицама	53
5.1 Одређивање капацитета елеватора	53
5.2 Одређивање снаге погона	55
5.3 Претходни прорачун одређивања снаге мотора	59
5.4 Прорачун снаге методом обиласка по контури	62
5.5 Прорачун вратила	65
6 Моделирање елеватора	70
<u>6.1 Делови кофичастог елеватора</u>	<u>70</u>
6.1.1 Кофице	70
6.1.2 Добош	71
6.1.3 Трака	72
6.1.4 Вратило	73
6.1.5 Лежај са улежиштењем	74
6.1.6 Електромотор са редуктором	75
6.1.7 Затезни уређај	76
6.1.8 Нога елеватора	78
6.1.9 Погонска глава елеватора	79
6.1.10 Повратна глава елеватора	81
6.1.11 Модел склопа елеватора	83
7 Закључак	85
Литература	86

1 Увод

Прва сазнања о елеваторима потичу из доба Архимеда (287 ПНЕ – 212 ПНЕ), где је први елеватор направљен 236 ПНЕ. Извори говоре о томе да су се тадашњи елеватори покретали уз помоћ људске снаге или животиња. Спомињу се и у списима Египатских монаха у прастаром Египту, где су се елеватори користили за превоз хране, одеће, разног алата до манастира који су углавном били стационирани на врховима стена, брда како би се заштитили од нападача, као на слици 1.1. Све до 17 - ог века, елеватори су се користили у малој мери. Тек тада настаје развој ове врсте машина за превоз материјала [1].



Слика 1.1 Изглед првобитног елеватора у Египту (лево) и изглед кофичастог елеватора из Персије (десно) [2]

Првобитно крећу да се развијају по Европи и то углавном у Француској, Енглеској и Немачкој, где су тамошњи иноватори развијали нове верзије ове машине јер су уз помоћ ње могли да убрзају индустрију која је у том временском периоду била и фази велике експанзије. Најпознатији од свих ових елеватора се налазио у *Chateau de Versailles* у Паризу где га је тадашњи краљ *Louis XV of France* поставио тамо из сопственог хира. У 18 веку у Америци почиње развој елеватора који се користио за житарице да би се оне складиштиле и подигле на висину у тадашњим млиновима. Што се тиче кофичастих елеватора, прва сазнања о њима датирају од 5 – ог века пре нове ере. По свему досад откривеном, њихова постојбина се налазила у тадашњем Персијском царству. Првобитна улога им је била за вађење воде као што се види на слици 1, где су се уз помоћ механизма крчага који су били везани на једно дебело уже које се налазило на великом добошу. Како се окретао добош тако су се и крчаци окретали у круг и захватили воду која се даље транспортовала и користила у тадашњим градовима [1].

Касније временом елеватори а и кофичасти елеватори почињу да се веома брзо развијају, поготово у индустријској ери 17 – ог века, тако да данас имају велику

примену у индустрији, пољопривреди. Данашњи елеватори су машине непрекидног транспорта које се углавном користе за преношење ситно – зрнастих расипних и мање комадних материјале. Углавном се преносе у вертикалном правцу, а такође и у косом правцу према хоризонталу (нагиб косих елеватора је $70 - 75^\circ$). Према томе они се могу поделити на:

- a) Кофичасте
- b) Виљушкасте
- c) Елеваторе љуљашкаре
- d) Специјалне елеваторе

За транспорт растреситих материјала углавном се користе кофичасти док се за транспорт комадних терета користе специјални елеватори [3]. Према врсти вучног елемента делимо их на:

- a) Тракасте
- b) Ланчасте (са једним, или са два ланца)

По брзини кретања кофице на:

- a) Брзоходне
- b) Спороходне

Такође могу бити:

- a) са размакнутим и
- b) са примакнутим кофицама

Елеватори могу бити:

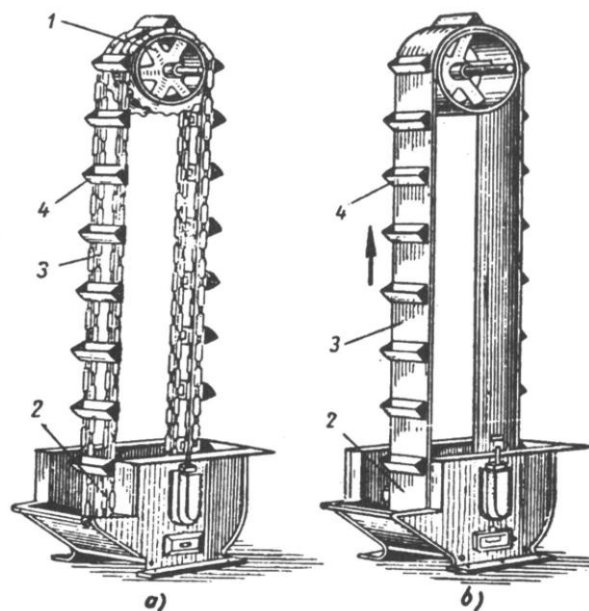
- a) стационарни и
- b) нестационарни.

Служе са преношење: прашкастих, зрнастих и ситнокомадних (нпр. цемента, хемикалија, песка, зрна, брашна, угља, тресета итд.), у хемијској индустрији, металургији, као и индустрији машиноградње (погона ливница). Такође се користе у производњи грађевинских материјала, материјала отпорних на пламен и високу температуру, комбинатима за оплемењивање руде угља, у силосима прехранбених комбината итд. У поређењу са другим транспортним уређајима, елеватори заузимају мање места услед чега су, поред тракастих транспортера, најчешће примењивани уређаји у многим процесима транспорта.

2 Кофичасти елеватори

2.1 Опште карактеристике

Кофичасти елеватор приказан на слици 2.1, се састоји из бесконачне траке 3 (или са једним, два ланца) на њему, који су у исто време и носећи и вучни делови целе структуре елеватора заједно са кофицама 4; трака прелази и превија се преко два добоша или (два ланчаника) 1 и 2. Комплетан елеватор је углавном заштићен металним кућиштем (облогом) која штити конструкцију од утицаја спољашње средине. Горњи део елеватора који је заштићен, састоји се из погонског вратила на којем се налази погонски добош (ланчаник) и представља погонску главу елеватора. Доњи део елеватора служи да се помоћу њега затегао вучни елемент. Вучни елемент састоји се из добоша (ланчаника), лежишта осовина која се преко вођица покрећу по вертикалној оси преко (завојнице, или опруге) и оклопа целог доњег кућишта који га обавија и штити од утицаја спољашње средине [3].

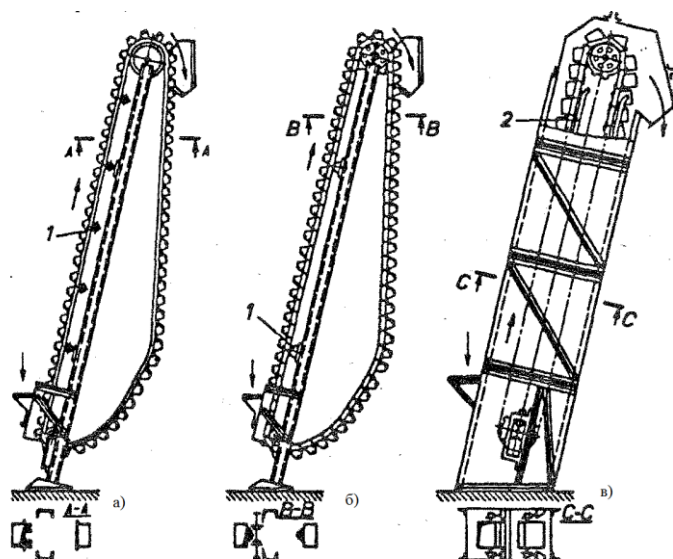


Слика 2.1 Изглед и делови кофичастиг елеватора а) погон преко ланца
б) погон преко траке [3]

Принцип рада елеватора се заснива тако што се расути материјал доводи убацивањем преко прикључака (наглавка) на доњем делу елеватора. Пуни се преко кофица и подиже на покретној траци (или ланцима), а празни преко горњег добоша (звезде). Услед гравитационе и центрифугалне силе материјал пада и одводи се даље у бункере или на друга транспортна средства. Горњи преносник је опремљен устављачем којим се регулише кретање и спречавање кретања погонског дела у супротном смеру. За регулисање количине материјала који се доводи и сипа кроз отвор оклопа, служе засуни. Погон се остварује преко редуктора чије је излазно вратило повезано са погонским вратилом елеватора на коме се налази погонски добош или ланчаник.

Предност ове врсте елеватора заснива се на малим габаритним мерама, могућности постизања великих висина подизања терета (60 ... 70 m), као и у могућности остваривања великог капацитета транспорта ($5 \dots 50 \frac{m^3}{h}$, па и више). Недостатак овог транспорта је у могућности кидања ланца при преоптерећењу и неопходном континуалном пуњењу кофица да би се задовољио задати капацитет [4].

Код косо нагнутих кофичастих елеватора радна, оптерећена грана се креће преко ослоних ваљака 1, а код ланчаних елеватора дуж вођице 2 приказан на слици 2.2, в по којима се крећу чланци ланца или њихови ваљчићи (најчешћи случај). Постоје конструкције ланчаних елеватора код којих се радна, оптерећена грана креће преко ослоних ролница, ваљака, приказан на слици 2.2, б и код којих је конструкција замењена уместо ланчастим тракастим делом.



Слика 2.2 Шема косо нагнутих елеватора [4]

2.2 Елементи елеватора

Основни делови елеватор су:

- вучни елемент
- кофице
- погонска глава елеватора
- затезна глава елеватора

Наведени склопови садрже мноштво других подсклопова и делова о којима ће бити више речи у овом поглављу. Детаљан изглед делова елеватора приказан је на слици 2.3.



Слика 2.3 Изглед кофичастог елеватора са деловима [4]

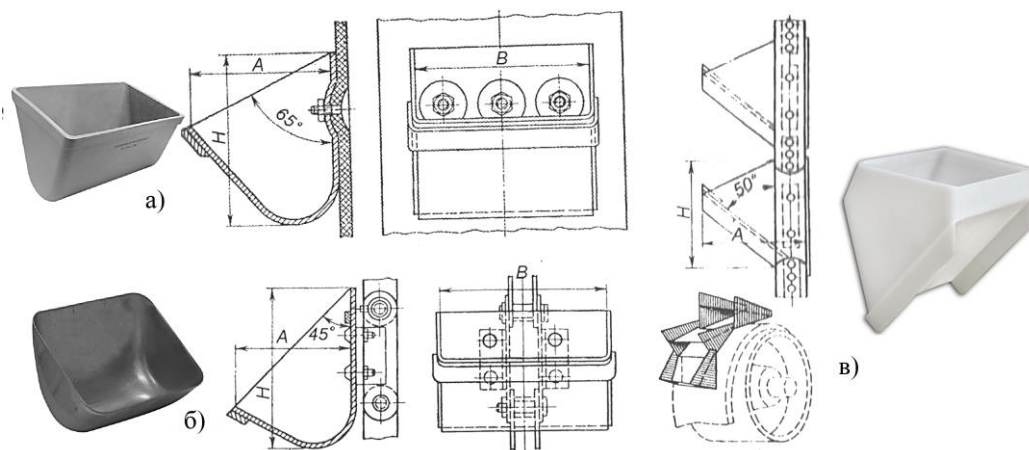
2.2.1 Кофице

Кофице елеватора су дефинисане својом геометријом и то, ширином В, дужином L и висином Н, као и запремина кофице; ови параметри се конструктивно усвајају. Конструкција, односно врсте кофица елеватора усвајају се у зависности од облика транспортованог материјала, његових физичких својстава, а такође примена одређених врста кофица зависи од начина на који се пуне, односно празне [5]. Код вертикалних конструкција елеватора углавном се користе три типа кофица: дубоке слика 2.4, а, плитке слика. 2.4, б, са бочно нагнутим ивицама оштрих углова слика 2.4, в. Поред ове поделе разликују се и:

- кофице са заобљеним дном (дубоке и плитке)
- са бочним ивицама (оштроугле и са заобљеним дном)

Поред наведених, у примени су и кофице са заобљеним дном (дубоке и плитке), кофице са бочним ивицама (оштроугле и са заобљеним дном), трапезоидне кофице већих запремина као и кофице специјалних конструкција. Код косих елеватора првенствено се примењују кофице бочно нагнутих ивица, оштрих углова, а примењују се и са заобљеним дном, као и кофице облика трапеза, за повећане запремине материјала.

Дубоке кофице приказане на слици 2.4, а повећане су дубине и руб предње ивице им је благо нагнут; примењују се за суве материјале, лако пресипајуће материјале, за прашинасте материјале, зрнасте и ситнокомадне, расуте материјале (нпр. зрнасте, песак, земља, ситан угаљ итд). Могу се везивати ланцима (једним или са два ланца) а такође је могуће и њихово везивање помоћу траке. Пажњење може да буде слободно – гравитационо или центрифугално. Дубоким кофицама могу се транспортовати неки расути материјали који се према физичким својствима слабије сипају (чађ, талог креча итд).



Слика 2.4 Облици кофица а) дубоке, б) плитке, в) оштроугле [4]

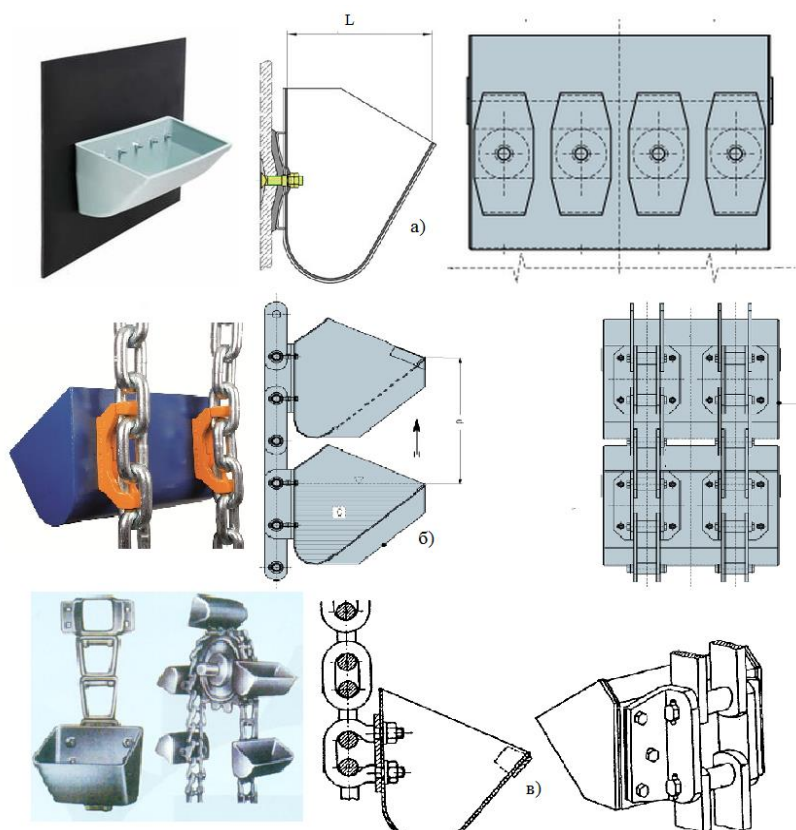
Плитке кофице приказане на слици 2.4, б су углавном кофице оштрих ивица предњег руба и мале су дубине, што доприноси бољем пражњењу, те се због тога примењују за транспорт влажних материјала, као и материјала који се лако сабијају, слабије сипају, прашинастих, зрнастих и ситнокомадних расутих материјала. Постојање цилиндричног дна код дубоких и плитких кофица такође доприноси њиховом бољем пражњењу и смањењу могућности лепљења, пријањања честица материјала за дно.

Одређена искуства везана за примену раздвојених кофица које су наизменично постављене дуж секције, са дном, као и без дна, говоре да се тако постиже боље растерећења - пражњења кофица приликом транспорта материјала који се слабо сипају. На секцији са две - три кофице које немају затворено дно, на крају је везана кофица са компактним дном итд. На вертикалној путањи у кофицама које су без дна материјал се задржава силом унутрашњег везивања - пријањања својих честица и осигурава се кофицом са компактним дном, а приликом пражњења долази до потпуног пражњење материјала. Дубоке и плитке кофице примењују се само код елеватора са раздвојеним распоредом кофица. Израђују се од челичног лима дебљине 1...6 mm, могу бити заварене или пресоване, понекад се изливају или су од ливеног гвожђа, а могу бити израђене ковањем у ковачким калупима; такође се кофице израђују и од пластичних маса (влакнастих маса, стаклена влакна) и од гуме. Да би се спречило брзо хабање на предњој ивици (захватајућој) кофице се заварују или се закивањем причвшћују уметци од тврдог челика [4].

Кофице са бочним усмерењем и остроуглим дном приказане на слици 2.4, в примењују се код спороходних ланчаних елеватора за транспортовање расутих материјала (исте врсте), прашинастих, зрнастих, као и комадних терета. Код кофица са бочним усмерењем било кога типа примењују се самозбијени распоред кофица на траци или ланцу. Код елеватора којим се транспортује мокар материјал, кофице се израђују са отворима за одвод воде.

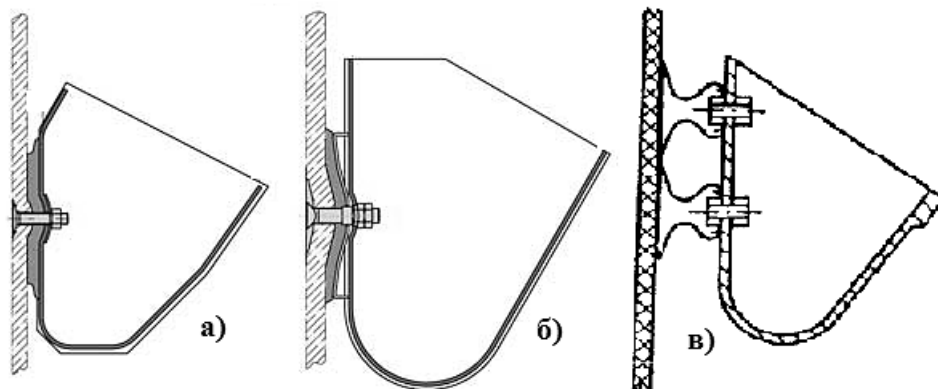
2.2.2 Вучни елементи

Као вучни елемент елеватора са кофицама примењује се трака или ланац (један или два). Примењују се траке тракастих транспортера које су проткане гумом или су гумено - жичане, истога типа. Кофице се везују за траку вијцима са специјалном главом као на слици 2.5, а, како глава вијка не би ометала прелаз траке преко добоша; на задњем зиду кофице су на месту налегања траке са главом вијка упуштене. Да би се искључило нагомилавање честица материјала између задњег зида кофице и траке, примењују се гумени уметци приказани на слици 2.6, а или су уметци вулканизовани, односно слепљени са кофицом као на слици 2.6, б или траком слика 2.6, в. Ширина траке мора бити за 25...150 mm већа од димензије кофице; број уметака траке одређује се прорачуном вуче, полазећи од чврстоће траке. Трака се прорачунава на исти начин као и трака тракастих транспортера али се узима у обзир слабљење траке због постојања отвора у траци за везивање кофица вијцима за траку [4].



Слика 2.5 Везивање кофица а) за траку б) за два ланца в) за један ланац [4]

Ако се при везивању траке и кофица користе метални елементи (коефицијент чврстоће споја износи $k_{sp} = 0,4 \dots 0,5$), тада би се прорачуном добио спој једнаке чврстоће дуж попречног пресека, а који је ослабљен због везивања кофица, те није потребно узети у обзир накнадно слабљење пресека.



Слика 2.6 Везивање кофица за траку [4]

Да би се остварило поуздано причвршћивање кофица, на траци мора бити најмање четири отвора за везивање. Гумено - жичане траке примењују се код елеватора већих висина, са широким кофицама. Такође се користе елеватори са зглобним чланцима, при томе је трака од ваљане жице, а примењују се за преношење материјала високе температуре.

Примена плочастих ланаца, пре свега са чаурама и ролницама, као и са ваљцима (последњи се првенствено користе код косих елеватора са подржаваном граном) односи се на ланце корака $100 \dots 630 \text{ mm}$, а карике ланца могу се изградити заваривањем од округлог челичног материјала пречника $16 \dots 28 \text{ mm}$, тако што се накнадно карике још и термички обрађују. Избор типа ланца (плочасти или са карикама од округлог челика) условљен је углавном карактеристикама материјала који се преноси. При транспортовању прашинастих и зрнастих, абразивних материјала, такође и материјала у хемијској индустрији који проузрокују дејство корозије метала, код стандардних плочастих ланаца могућа су зачепљења шарнирних зглобова и тако губљење савитљивости и покретљивости [4]. Да би се искључило повећање зазора између ваљка и чауре ланца (зазор износи $0,4 \dots 0,6 \text{ mm}$) ови елементи се подвргавају нитроцементацији, чиме се повећава површинска тврдоћа ролница и шупљих чаура у границама HRC 58...62.

Ланци округлих карика су отвореног зглоба и присуство абразивних материјала не спречава покретљивост њихових зглобова (нема задржавања честица материјала у њима) јер материјали проузрокују знатно хабање ових ланаца. Да би се смањило хабање примењује се површинска термичка обрада карика ланца на дубини од 2 mm , а до остварене тврдоће од HRC 55...60. Елеватори са ланцима округлих карика, које су термички обрађене, са центрифугалним и комбинованим пражњењем наишли су на широку примену при транспортовању прашинастих материјала.

Веза кофице са ланцем остварује се преко угаоних или фазонских: елемената - чланака, вијцима или закивцима. За ширину кофице до 250 mm примењује се један вучни ланац са централним начином причвршћивања задњег зида кофице као на слици 2.5, в, а кофице ширине 320 mm и већих ширина, везују се са два вучна ланца за задњу или бочну страну приказану на слици 2.5, б.

Избор траке или ланца елеватора условљен је капацитетом елеватора, висином дизања и карактеристикама транспортованог материјала. Трака проткана гумом у односу на ланац примењује се за веће брзине јер се мање хаба при транспортовању абразивних материјала али је мање вучне силе, а такође је мања сила причвршћивања кофице за траку. Због тога се овакве траке примењују првенствено код брзоходних елеватора, за транспорт прашинастих, прашкастих и ситнонаситних материјала, као и материјала средње густине и збијености, а који не проузрокују веће отпоре приликом пуњења кофица захватањем материјала. Ланци се првенствено примењују за веће капацитете, када су знатне висине дизања материјала, за премештање тежих комада, а такође и материјала високих температура, чије преношење гуменим тракама није дозвољено због стања и врсте транспортованог материјала.

2.2.3 Погонска глава елеватора

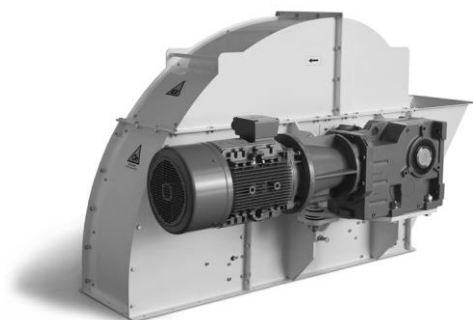
Погонска глава елеватора приказана на слици 2.7, постављена је на врх елеватора и састоји се из погонског добоша (код тракастих елеватора) или погонских ланчаника (код ланчаних елеватора) једног или више преносних парова [3].

Пречник погонског добоша код спорих елеватора је:

$$D = (100 \div 125) \cdot i \quad (2.1)$$

где је: i — број слојева траке.

Код брзоходних елеватора пречник добоша се узима нешто већи.

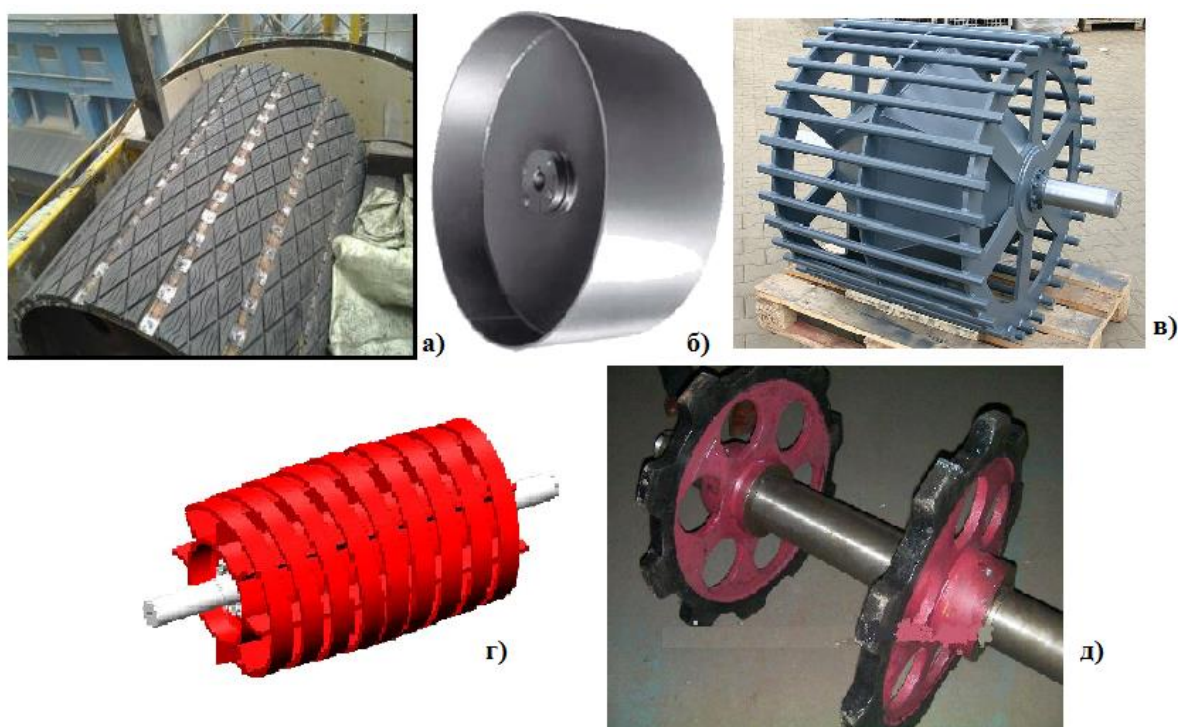


Слика 2.7 Изглед погонске главе елеватора са свим њеним деловима [6]

При избору пречника добоша и ланчаника потребно је водити рачуна о начину просипања материјала из кофице. Димензије оклопа главе и положај одводног левка

имају велики значај за капацитет елеватора. Оклоп елеватора мора имати такву висину да струја материјала при пражњењу кофица елеватора не удара по њему. Положај одводног левка би требало да буде такав да одведе укупан садржај материјала који се просипа из кофице.

У оквиру погонске групе налази се електромотор и редуктор. Погонска група се монтира на горњем делу елеватора. За мале снаге (до 10 kW) користе се мотор - редуктори. Код ланчаних елеватора за веће висине дизања материјала погонска група се поставља на средњем делу (по висини). Код тракастих елеватора пречник погонског добоша D_d одређује се у зависности од начина пражњења кофица, а повећава се са повећањем броја уметака у траци i , тако да је обично $D_d = (125 \dots 150) \cdot i$, mm. Сагласно сландардном низу бројева, пречници се усвајају из следећег низа: 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000 mm. Добоши као по правилу имају фрикциону облогу. Код елеватора са плочастим ланцима погонска звезда треба да садржи 5...20 зуба. Код елеватора са ланцем од округлих карика примењује се фрикциони погон, а погонски склопови са ободним венцем имају глатко обликовани жлеб или се примењује ланчаник (звезда) са уметнутим зубима, чији се пречник усваја из низа нормалних пречника добоша односно ланчаника [4]. Типови погонског и повратног добоша налазе се на слици 2.8.



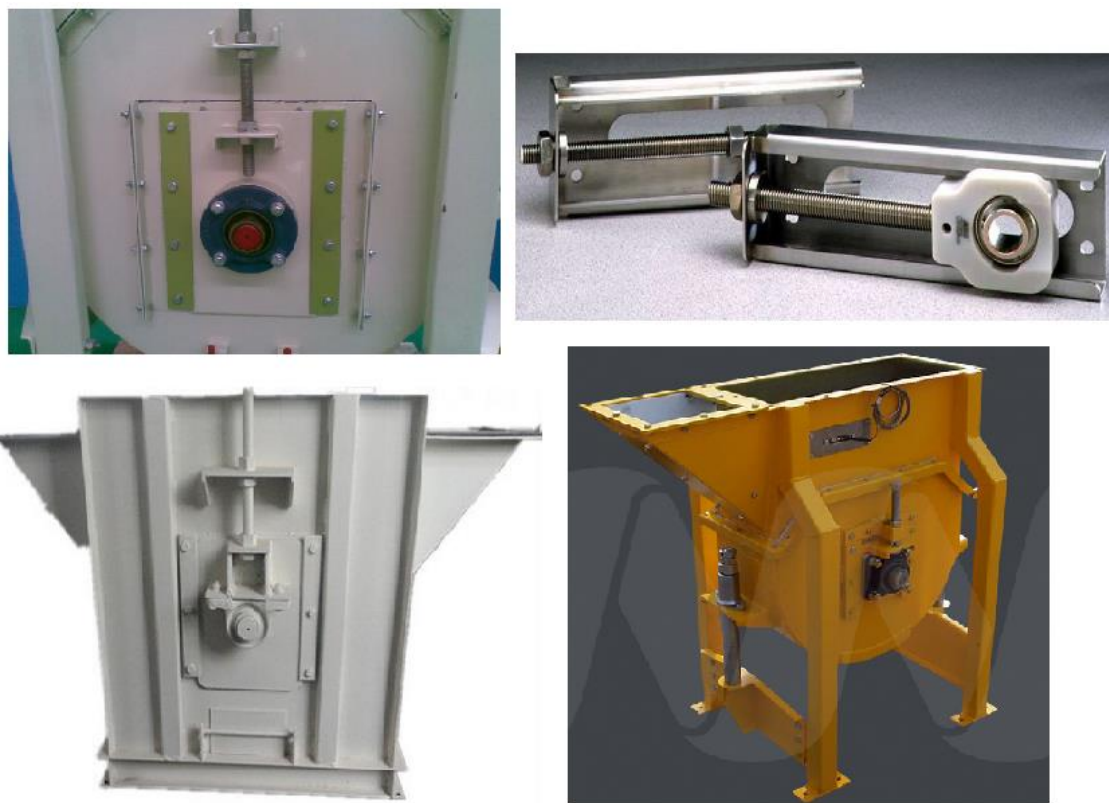
Слика 2.8 Врсте добоша а) гумом обложен добош б) од пуног материјала са глатком порином в) добош од ребара г) навојни добош д) добош за ланчанике [6]

Вратило погонског добоша или звезде је улежиштено преко подешљивих котрљајних лежаја. Да би се спречило кретање вучног елемента у супротном смеру заједно са кофицама, након заустављања елеватора, погон је опремљен устављачким

уређајем. Тако устављачи могу да буду бешумни запорни и заустављачи са ваљцима, а уграђују се на вратилу погонског добоша (звезде) или се уграђују на еластичној спојници, између електромотора и улазног вратила редуктора. Између мотора и редуктора, код новијих конструкција, монтира се хидраулична спојница. Код елеватора се у својству устављача такође користи и електромагнетна кочница. У плашту главе елеватора израђује се отвор са херметичким вратима за осматрање и обављање ремонта.

2.2.4 Затезни уређај

Примењују се: завојни приказан на слици 2.9, опружно - завојни или уређај за затезање тегом, а који може непосредно да делује на вратило затезног добоша или звезде, или преко полуга. Избор типа затезног уређаја зависи од типа затезног елемента и погона, као и од висине елеватора [4].

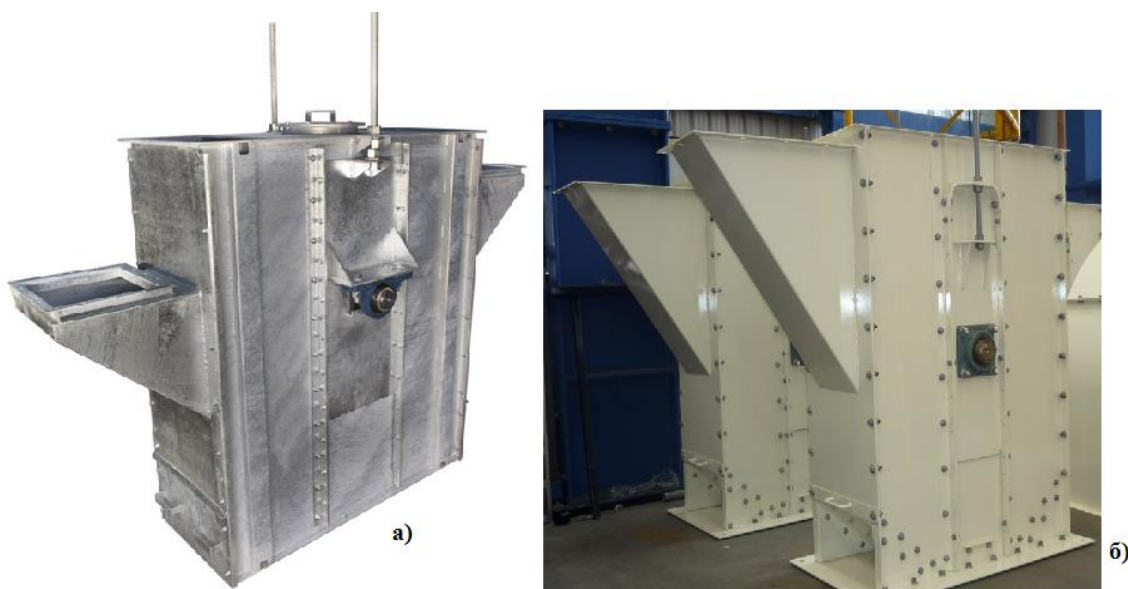


Слика 2.9 Примери и изглед затезних уређаја код различитих типова елеватора [7]

Елеватори са ланцима од округлих карика као затезни уређај користе тег. Затезни уређај се уграђује на вратило доњег добоша (или звезде) и везује се за бочне зидове стопе елеватора. Ход затезног уређаја може бити у границама 200...500 mm. Код тракастих елеватора затезни добош израђује се са решеткастим ободом - венцем, како би се са њега одстранио залепљени материјал који се транспортује. Затезни добош (звезда) обично је истог пречника као и погонски добош (звезда).

2.2.5 Плашт (оклоп)

Нижи део плашта „стопа“ елеватора може да буде са високим или ниским положајем уређаја за пуњење кофица елеватора који је приказан на слици 2.10. Високи уређај „кљун“ је са дном под углом од 60° према хоризонталу, примењује се при транспортовању влажних материјала који се слабије сипају. Ниски уређаји су са дном под углом од 45° и примењују се за суве материјале који се добро сипају. За опслуживање и ремонт, на нижем делу плашта – „стопе“, на бочним зидовима, налазе се отвори са херметичким вратима. Средња секција плашта елеватора израђује се од челичног лима дебљине $2...4\text{ mm}$, а укрућење се остварује тако што је средња секција ојачана угаоним профилима у подужном правцу и по попречном пресеку. Дебљина секције износи $2...2,5\text{ mm}$; веза секција остварује се завртњевима, а код херметичких веза примењују се закивци [4].



Слика 2.10 Изглед плашта (оклопа) доњег дела елеватора: а) ниски б) високи левак [7]

2.2.6 Заштитни уређај

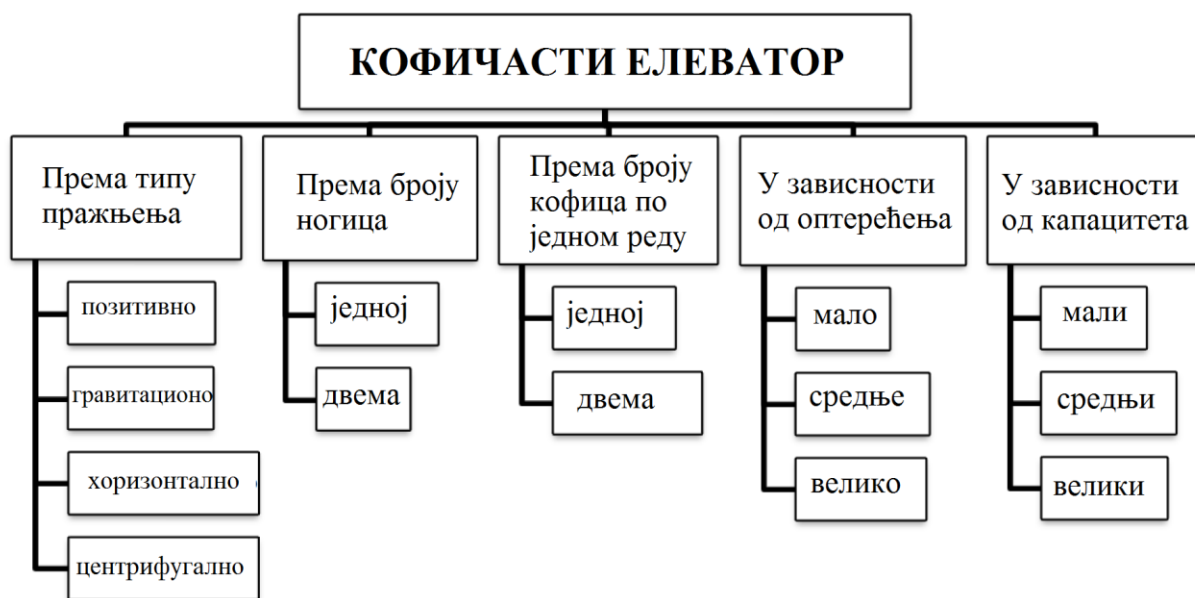
За заштиту покретних делова елеватора, како не би испали у случају евентуалног, изненадног кидања ланца или траке, примењују се специјални заштитни уређаји и то: код елеватора са ланцем хватачи ланца, а код елеватора са траком кофице се везују челичним ужетом са боцне стране, које је постављено без затезања у правцу подужне осе траке елеватора; у случају кидања траке ужад искључује могућност спадања покретних делова и евентуалних хаваријских оштећења елеватора. Осим тога, на задње добоше (или звезде) елеватора уграђују се релеји брзина, који у случају цепања, односно кидања траке (ланца) - вучног елемента искључују рад погонског електромотора елеватора [4].

2.3 Класификација и врсте кофичастих елеватора

Генерално кофичасти елеватори су подељени у два главна типа.

- Каишни кофичасти елеватори
- Ланчани кофичасти елеватори

Данас постоје многи типови кофичастих елеватора који су доступни и сваки је другачији од других у складу са њиховом функцијом, применом и дизајном [7]. Главна подела кофичастих елеватора је приказана на слици 2.11.

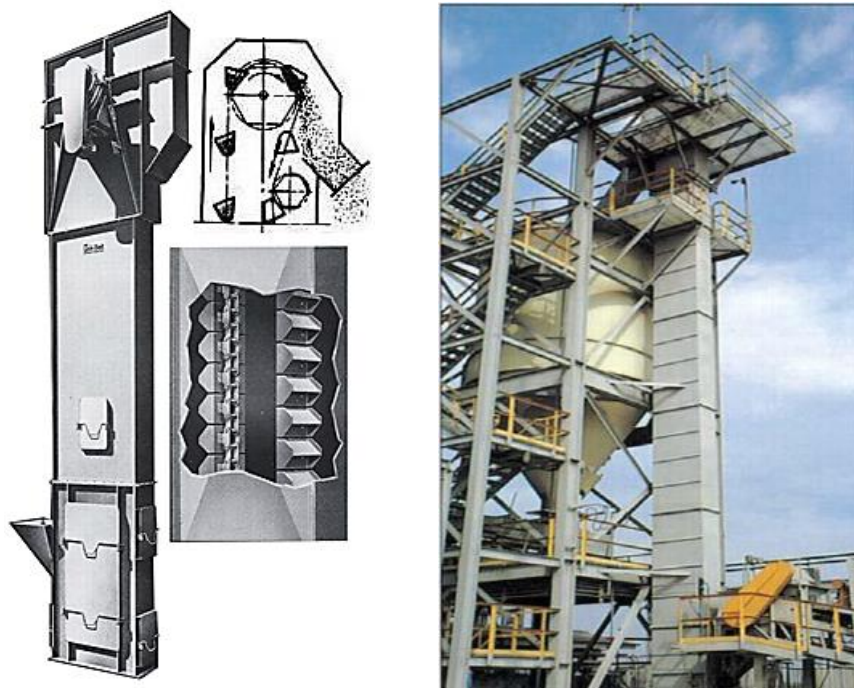


Слика 2.11 Подела кофичастих елеватора [7]

2.3.1 Елеватори позитивног пражњења

Ове врсте кофичастих елеватора се користе у широкој примени за подизање лаких, пуфнастих и крхких материјале као што су лако покретљиви прашкови и зрнастих производа индустрије у распону од вертикалних, као и косих положаја. Кофице су монтиране на добро распоређеном интервалу, а утовар се врши захватањем материјала из резервоара подножја елеватора или насипањем материјала директно у кофице. Након проласка преко погонског добоша, кофице су обрнуте током пражњења, тако да обезбеђују позитиван ток пражњења материјала.

Ова врста елеватора генерално има већи капацитет преношења. Слика 2.12, приказује типичан изглед кофичастиг елеватора са позитивним пражњењем [7].



Слика 2.12 Изглед и начин пражњења елеватора позитивног пражњења [7]

2.3.2 Гравитациони елеватори

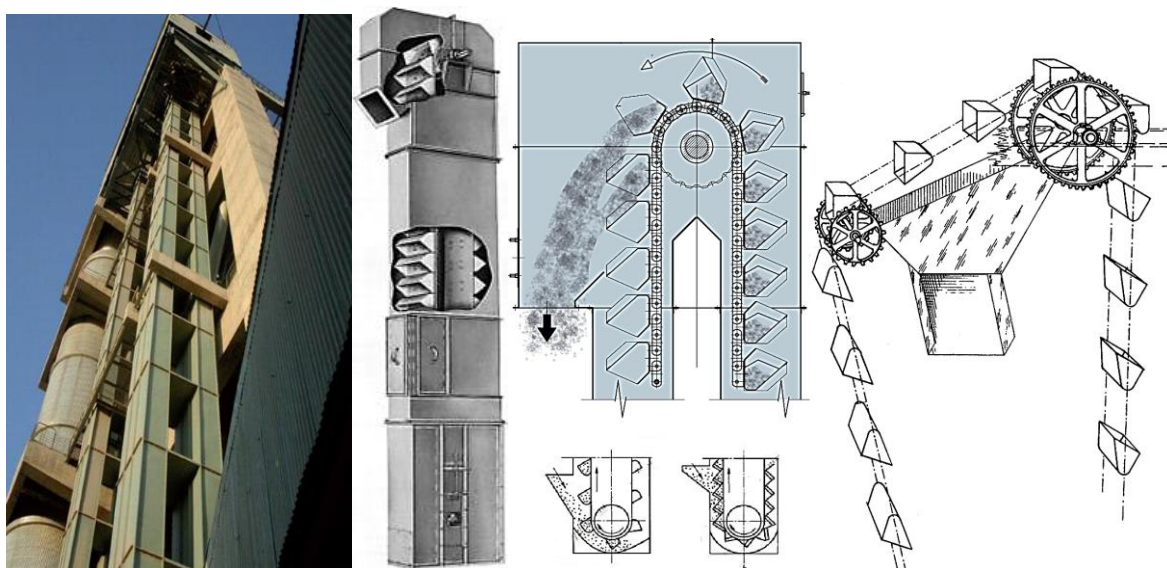
Код овог типа кофичастог елеватора погонско вратило је фиксирано, док се вратило на повратном добошу налази на завртањској вези да би се слободно кретало и подешавало по вертикалној оси. Ова врста елеватора се састоји од низа челичних кофица које су монтиране на ланчаник преко ланца на којем се налазе уз помоћ закачки или на каишу уз помоћ посебних врста завртња.

Такође понекад кофице могу бити монтиране континуално на уобичајени начин преко стандардних завртњева. Углавном се користе континуалне кофице направљене од челика где се оставља минимални размак између кофица.

Кофице углавном преносе различит грануласти материјал по вертикали, док се механичким путем не истовари када дође у одговарајући положај на врху елеватора. Елеватори гравитационог пражњења празне се као кофице блиског насапајућег типа, централног типа пражњења или преносним точком пражњења [7].

Генерално, добар дизајн кофица при малим брзинама гравитационог елеватора пре свега је добар и користи се за подизање велике количине и капацитета нестандардног облика материјала, слободно проточних (покретљивих) материјала, споро покретљивих материјала и абразивних материјала. Углавном се подизање кофица врши преко класичног ланца, трећем између добоша и траке или посебном врстом назубљеног зупчаника.

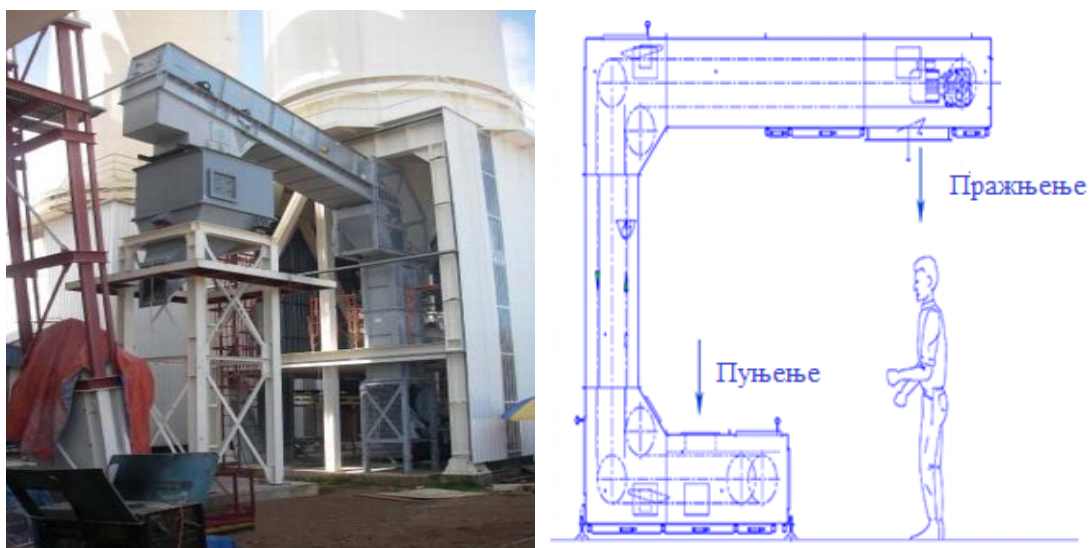
Ови елеватори нуде велику поузданост са минималним хабањем и позитивним начином пражњења кофица. На слици 2.13, се види вертикални гравитациони елеватор и начин на који се празне кофице.



Слика 2.13 Изглед гравитационог елеватора (лево) и начин његовог пражњења(десно)[7]

2.3.3 Кофичасти елеватор са хоризонталним испуштањем

Ова врста елеватори је конструисани тако да олакшао транспорт и пренос зрнастих материјала (житарица) до жељеног места. Посебну улогу имају и могу се наћи у млиновима житарице и млинова сточне хране, где се зрна житарица транспортују у силосе а такође и одводе из њих. На слици 2.14, се види изглед овог елеватора.

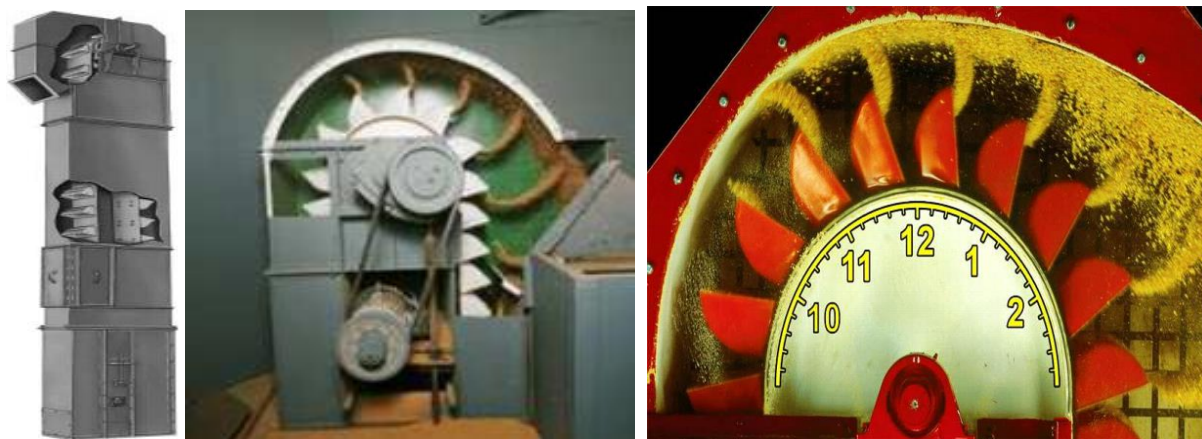


Слика 2.14 Изглед елеватора са хоризонталним пражњењем [7]

Такође ова врсте кофичастих елеватора је нашла широку примену и користе се за подизање сегрегата, тежих камења, угља из рудника у вертикалном, хоризонталном, као и косом положају. Погонско и повратно вратило се налазе на котрљајних лежајевима. Кофице су израђују од челика и монтирају се на траку са посебним врстама завртња. Кућиште је направљено од заварених делова челика и немогућ је излаз прашине из њега или улазак других честица у њега. Горње хоризонтално кућиште је дизајнирано тако да се преко њега правилно испушта зрно. Доњи бункер се може напунити и са предње и са задње стране или са обе стране одједном. Битна карактеристика им је висок капацитет преношења [7].

2.3.4 Центрифугални кофичасти елеватор

Центрифугални елеватор је најчешћи примењивани тип елеватора. У зависности од материјала и жељеног капацитета који се преноси усваја се пренос кофица путем траке или ланца. Одабир траке може и да зависи и од методе захватања материјала, односно пуњења елеватора. Центрифугални тип пражњења елеватора постоји у две варијанте, и то са погоном на месту истовара материјала (који се углавном корист), и са погоном на месту утовара (ређе се користи). У овим врстама кофичастих елеватора кофице су постављени на ланцу или каишу. Стандардни улазни отвор и стандардни закривљени део доњег бункера усмеравају материјал у кофама и самим тим смањују копање материјала. На слици 2.15, види се изглед ове врсте елеватора и начином истовара [7].

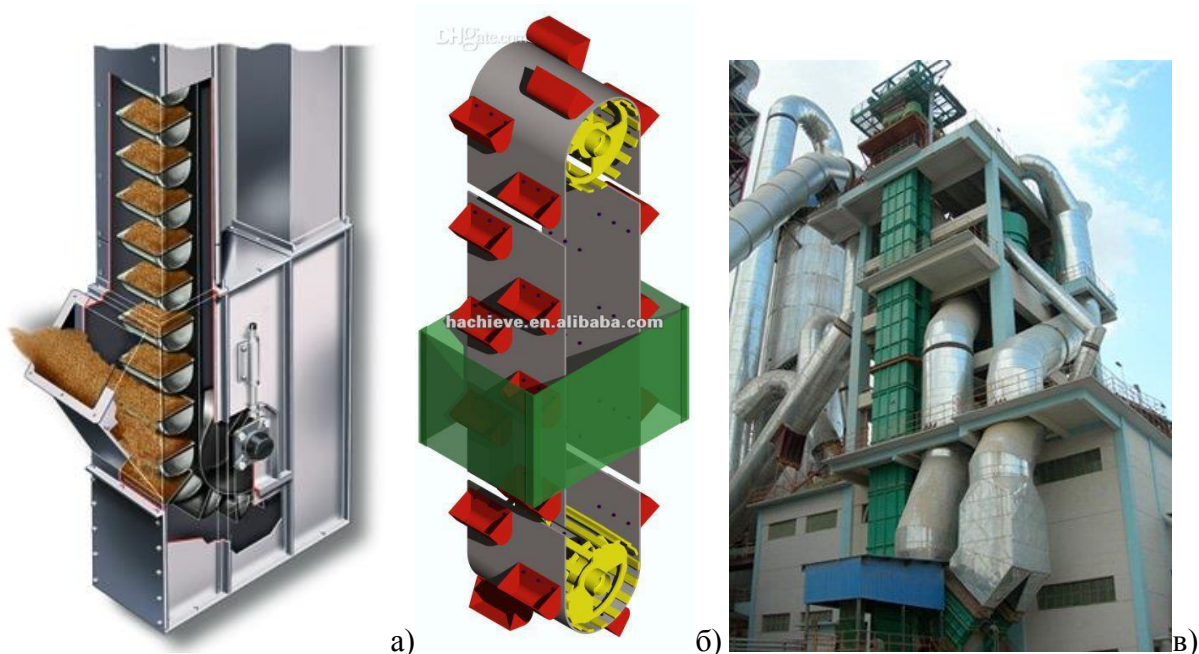


Слика 2.15 Изглед центрифугалног елеватора (лево) и начин пражњења (десно)[7]

2.3.5 Једноредни и дворедни кофичасти елеватори

Карактеристике и намена ових типова кофичастих елеватора су исте као и за све типове кофичастих елеватора, осим да је број и врста кофица које се употребљају различит. Капацитет дворедних кофичастих елеватора је већи у поређењу са једноредних кофичастих елеватором, тако да је и потребан мотор веће снаге је у раду. Величина дворедног кофичастих елеватора је много већа у његовом поређењу са једноредним кофичастих елеватором као што се види на слици 2.17.

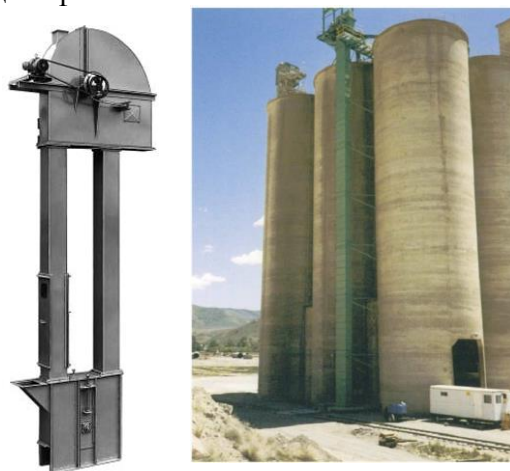
Дворедни кофичасти елеватори се користе за подизање тешких материјале и где је потребна већа снага [7]. Генерално ове врсте елеватора се користе у постројењима сегрегата, тешких постројења, цементара и свуда где је потребно подизање тешких материјала и терета.



Слика 2.17 Изглед једноредног а) и дворедног б) елеватора и пример постројења у цементати в)[7]

2.3.6 Елеватори великог капацитета

Овај тип елеватор се користи у условима у којима се захтева виши капацитети, тешки услови и веома прецизно центрирање вратила. Елеватори великог капацитета су елеватори са кофицама постављеним на два ланца или на траци. Високи, или елеватори високог капацитета су дизајнирани да обезбеде ефикасне високе капацитете за транспорт разних житарица, хране, сточне хране и сличних слободно проточних зрнастих материјала. Производи се у више различитих величина [7]. Направљени су од двоструких ногица повезаних преко углова који се налазе на крајевима појединих секција, а такође се и ови угаоници налазе на горњем и доњем кућишту са којима су повезани као на слици 2.18.



Слика 2.18 Изглед ове врсте елеватора и његова примена у силосима за житарице [7]

2.4 Примена кофичастих елеватора

Кофичасти елеватори се користе тамо где је потребан стабилан рад и брз пренос различитих врста материјала на одређене висине. Коришћењем ове врсте уређаја постиже се велика продуктивност. Ова врста елеватора првенствено је дизајнирана и направљена за металургију, хемијску индустрију, грађевинског материјала, за руднике, индустрије целулозе и папира, луке и терминала. Примену налази и код житарица и поврћа, уља, хране, сточне хране, пластике а такође примену налази и у медицини [7].

Кофичасти елеватори се користе за следеће индустријске области:

- **Фабрике цемента:** За креч, глине гипса, шљаке и адитивима цемента као што су пирити, силиканти, оксиди и други.
- **Природна окружења и водени материјали:** Отпад за сагоревање, биомасе, муљ и блато, суви и мокри пепео.
- **Електране:** За угаљ, лигнит, десумпоравајући материјали као што су гипс, пепео, муљ.
- **Индустрији ђубрива и минерала:** За сировине које се користе при производњи истих, адитивима ђубрива и минерала, фосфор, разне врсте нитрата.
- **Железаре и топионице алуминијума:** За кокс, пепео, шљаке високих пећи, оксиде алуминијума, обухвату материјала и за вишак у купатилима за мешање сировина после топљења.
- **Индустрији хране:** Шећер, брашно, кланичног отпада, превоз поврћа и његових прерађевина.

Z тип кофичастих елеватора са преносом преко ланаца је погодан за подизање лаке хране, пржене хране, ораха, шећера, слаткиша, хардвера, лекова и тако даље. Лак и једноставан за руковање и управљање при великим брзинама преноса са ниским степеном буке. Користе се за пренос житарица и семенске робе.

Овај тип кофичастих елеватора може да буде опремљен више каналним системом за заштиту од експлозије ако је потребно како би се спречила експлозија прашине. Може бити опремљен системом за праћење брзине, аутоматским алармом за одступања при раду, системом против блокаде да би се осигурао сигуран рад и спречиле могуће хаварије.

Имају велики животни век, добро уливање материјала, ниско ископавање материјала из бункера са веома малим истискивањем материјала, а такође и мало сударања материјала са околином. Постоји мало прскања материјала током уливања и пуњења и пражњења кофица те се тако смањује нагризање материјала самог елеватора.

Једноставни кофичасти елеватори се свакодневно користе за превоз зрна, прашкастих и дисперзивних материјала, и погодна су такође за уља, сточне хране и у хемијској индустрији итд. Ова врста елеватора се често користи као уређај за додавање

материјала заједно са другим транспортним уређајима и машинама у вертикалном и хоризонталном смеру [7].

Имају једноставну структуру, малих отвора за ваздух, кратког доставног пута и стварају врло мало загађења. Пример овог транспортера као и неколико других може се видети на слици 2.19.

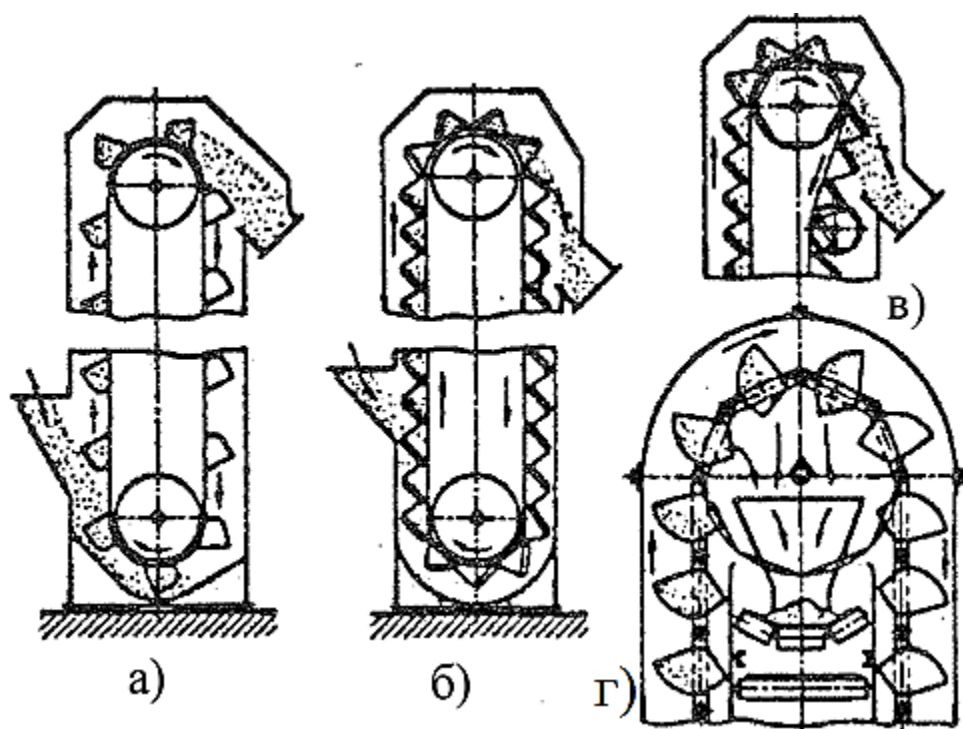


Слика 2.19 Примери коришћења кофичастих елеватора, а) Елеватор у Русији који се користи за складиштење уља, б) Елеватор у Египту за транспорт пластичних опиљака, в) Елеватор у Бахреину за транспорт кокса, г) Елеватор у Јордану за транспорт пољопривредних ђубрива [7]

2.5 Пуњење и пражњење кофица елеватора

Пуњење кофица остварује се или захватањем материјала из нижих делова плашта елеватора као на слици 2.20, а, или пуњењем кофица материјалом као на слици 2.20, б. Кофице елеватора се пуне захватањем материјала (и код тракастих и код ланчаних елеватора) [4].

Преко њих се транспортују суви, прашкасти и прашинасти материјали, ситнокомadni расути материјала (нпр. прашинасти угаљ, тресет копан глодачем, зрно, цемент, земља, песак, струготина, дробљени угаљ, фосфорно брашно итд.). Односно кофице се захватају без великих отпора који би се повећавали при повећању брзине кретања кофица, а које се крећу у границама $0,8 \dots 4,0 \text{ m/s}$.



Слика 2.20 Шема пуњења, пражњења и полошај кофица елеватора: а) пуњење захватањем материјала, пражњење под дејством центрифугалне силе, б) пуњење засипањем материјала, пражњење слободним падом, в) пражњење слободним падом, г) централно пражњење материјала [4]

Крупнокомadni и абразивни материјали (шљунак, руда, крупни угаљ итд.) тешко се захватају кофицама јер се због већих отпора могу покидати кофице, па чак може доћи и до кидања вучног елемента. Захватање крупнокомadних и абразивних материјала кофицама остварује се непосредним насипањем материјала у кофице. Примена оваквог начина могућа је само при непрекидном размештају кофица једне до друге, како не би дошло до просипања материјала између две узастопне кофице; при томе се смањује брзина дизања кофица (није већа од $1,0 \text{ m/s}$), пошто се при већим брзинама дизања остварује слабије пуњење и пражњење материјала из кофица.

У табели 2.1 су дате врсте и начини пражњења кофичастих елеватора.

Табела 2.1 Врсте вертикалних кофичастих елеватора за транспорт материјала и начина пражњења [4]

Тип елеватора	НАЗИВ	Начин пражњења кофица	Капацитет $Q \text{ m}^3/\text{h}$
TD	Тракасти брзоходни са раздвојеним, дубоким кофицама типа D	Центрифугални	3,2...100
TP	Тракасти брзоходни са раздвојеним, плитким кофицама типа P	Центрифугални	1,6...63
TO	Тракасти спороходни, са збијеним, оштроуглим кофицама типа O	Гравитациони	6,3...40
LD	Ланчани брзоходни, са раздвојеним, дубоким кофицама типа D	Центрифугални	3,2...100
LP	Ланчани брзоходни са раздвојеним, плитким кофицама типа P	Центрифугални	1,6...63
LO	Ланчани спороходни, са збијеним, оштроуглим кофицама типа O	Гравитациони	6,3...40
LOK	Ланчани спороходни, са збијеним, облим кофицама типа OK	Гравитациони	40...320

Пражњење кофица може бити центрифугално слика 2.20, а, слободно гравитационо слика 2.20, в, г и усмерено гравитационо слика 2.20, б. При центрифугалном пражњењу кофица истовар се остварује углавном под дејством центрифугалне силе, која настаје након прелаза кофица преко добоша или звезде. Транспортовани материјал просипа се директно у левак за пражњење који се налази на плашту елеватора. Да би се обезбедио услов центрифугалног пражњења и искључила могућност просипања материјала неопходно је да се правилно одреди број обртаја погонског добоша, као и положај левка за пражњење елеватора на горњем делу плашта. Центрифугално пражњење примењује се код брзоходних (првенствено тракастих, а ређе ланчаних) елеватора са раздвојеним распоредом кофица, при транспортовању материјала који се лако сипају, као што су: прашинасти, прашкасти, зрнасти и ситнокомадни расути материјали. Брзина дизања кофица елеватора обично износи 1,0...4,0 m/s. Растојање између кофица код брзоходних елеватора усваја се тако да истресени материјали из претходне кофице не доспева пред наилазећу кофицу.

Слободно гравитационо пражњење приказано на слици 2.20, в одликује се накнадним отклоном кофица, чиме се обезбеђује слободно пражњење материјала под дејством силе тежине [4]. Овакав облик пражњења примењује се код влажних, мокрих и пахуљастих материјала, који се лако сипају (нпр: угљене прашине, разних хемикалија, влажне соли, струготине итд.).

Код вертикалних елеватора слободно гравитационо пражњење обезбеђује се отклоном лаке, неоптерећене гране са допунске усмеравајуће звезде, батерије ваљака (ређе) или шина за усмеравање који се монтирају код елеватора са два ланца, са бочним

везивањем раздвојених или збијених кофица уз вучне ланце. Код елеватора са једним ланцем такав отклон неоптерећене, лаке гране могућ је само код специјалних конструкција, када се кофице дворедно конзолно везују (паралелним низом, обострано конзолно везивање кофица са леве и десне стране ланца) за бочне зидове, а чланци ланца задржавају централни положај у односу на уздужну осу елеватора. Код косих елеватора се слободно самопражњење остварује косим положајем самог елеватора, па се тако понекад и кофице вертикалног елеватора празне, у случају да се горњи део конструкције изводи косо. Међутим, овакав вид пражњења кофица доводи до знатних допунских отпора, а тако и убрзаног хабања ланца и вођица шина. Слободно самопражњење остварују специјални елеватори са два ланца, са централним унутрашњим пражњењем кофица (погледати слику 2.20, г). Пражњење се остварује смањењем брзине дизања кофица ($0,6...0,8 \text{ m/s}$).

Уређај за самопражњење приказан на слици 2.20, б карактеристичан је код вертикалних и косих елеватора (тракасти и ланчани) са непрекидним, збијеним распоредом кофица. Преласком преко горњег добоша материјал се просипа из кофице под дејством гравитационе силе на задњи зид претходне кофице; просути материјал креће се тако дуж бочног зида претходне кофице и доспева у левак за пражњење елеватора. Овакав начин пражњења примењује се код спороходних елеватора, када су брзине дизања кофица $0,4...0,8 \text{ m/s}$, при транспортовању комадних, тешких, абразивних и делимично абразивних материјала (шљунка, руде, шљаке, крупнокомадних угљева итд.), а такође и кртих материјала (тресета, дрвеног угља, кокса итд). Због ситњења транспортованог материјала опада квалитет оваког облика транспорта.

Основни критеријуми карактера пражњења кофица. Кофице оптерећене, пењуће гране вертикалног елеватора до наиласка на горњи добош дижу се вертикално и праволинијски и како је транспортовани материјал у кофици, то се он налази само под дејством гравитационе силе $P = mg$ слика 2.21, а. Када кофица са вучним елементом наиђе на добош, окрене се кружно око осе добоша и тада се остварује дејство центрифугалне силе

$$F = \frac{mv_0^2}{r} \quad (2.2)$$

где су: m - маса терета у кофици, kg; v_0 - брзина кретања центра тежишта терета у кофици, m/s; r - радијус окретања кофице, тј. растојање од тежишта, тачка А материјала у кофици до центра добоша, тачке О, m .

Резултанта R сила P и F при обртању кофице променљиве је величине и смера. Међутим, ако се продужи вектор резултанте до пресека са вертикалом (која се провлачи кроз центар добоша), и при било при коме положају кофица вектор R пресецаће вертикалну осу у истој тачки В, која се назива полом. Растојање h_p од тачке В до центра добоша О назива се растојањем пола [4].

Из сличности троуглова ABO и ABC добија се да је:

$$\frac{h_p}{r} = \frac{P}{F} = \frac{mg}{\frac{mv_0^2}{r}} \quad (2.3)$$

одакле је растојање пола

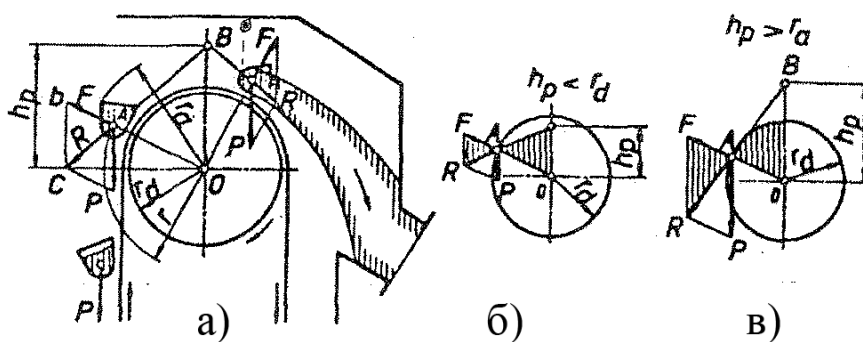
$$h_p = \frac{gr^2}{v_0^2} \quad (2.4)$$

Заменом вредности $v_0 = \frac{\pi rn}{30}$, добија се да је

$$h_p = \frac{gr^2 \cdot 30^2}{\pi^2 r^2 n^2} = \frac{895}{n^2} \quad (2.5)$$

Где је n – број обртаја обртања добоша, min^{-1} .

Сходно томе, растојање пола h_p зависи само од броја обртаја добоша. Повећањем броја обрта смањује се растојање пола и центрифугална сила се повећава у односу на силу тежине. У литератури се показује да је при $h_p \leq r_d$ тј. када се пол налази унутар кружнице као на слици 22 и 23, а, величина центрифугалне силе знатно већа од силе тежине; све честице материјала крећу се у кофици ка њеном спољном зиду и остварује се центрифугално пражњење кофице. Када је $h_p > r_d$, тј. када се пол налази изван кружнице која пролази кроз спољашњу ивицу кофице као на сликама 2.21, в и 2.22, б, сила тежине је већа у односу на центрифугалну силу, настаје гравитационо пражњење (само-пражњење) кофице преко задње (ближе добошу) ивице. Када је $r_a < h_p \leq r_d$ ра настаје комбиновани начин пражњења (центрифугални и гравитациони, слика 2.22, в).



Слика 2.21 Шема одређивања растојања пола [4]

Према томе, карактер пражњења кофица одређен је растојањем пола и радијусом добоша:

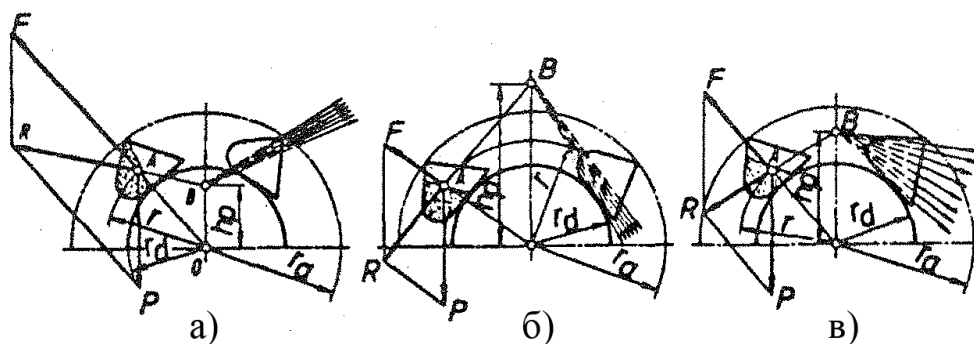
$$B = \frac{h_p}{r_d} \quad (2.6)$$

Из израза (2.3) добија се да је:

$$B = \frac{h_p}{r_d} = \frac{gr^2}{v_0^2 r_d} \quad (2.7)$$

Где је v - обимна брзина добоша елеватора m/s .

На тај начин се карактер пражњења кофица елеватора не одређује преко њихових апсолутних вредности брзина дизања, већ на основу односа између брзине и пречника добоша. Центрифугално пражњење кофица елеватора може се осигурати када обимна брзина добоша елеватора није велика и када је мали пречник добоша и, насупрот томе, при већој брзини и већем пречнику добоша може се остварити гравитациони начин пражњења елеватора [4].



Слика 2.22 Приказ сила које делују при растерећењу – пражњењу кофица: а)приликом центрифугалног, б)гравитационог, в) комбинованог начина [4]

На основу односа између пречника добоша (или подеоног пречника звезде) D_d (m) и брзине вучног елемента v (m/s), за различите начине пражњења кофица препоручују се односи:

- за елеваторе са центрифугалним начином пражњења и са великим обимним брзинама

$$B \leq 1 \quad D_d = \frac{2Bv^2}{g} \leq 0,204v^2 \quad (2.8)$$

- за брзоходне елеваторе са центрифугалним и гравитационим (комбинованим) начином пражњења

$$B = 1 \dots 1,4 \quad D_d = (0,205 \dots 0,286)v^2 \quad (2.9)$$

- Код елеватора са центрифугалним и гравитационим (комбинованим) пражњењем кофица које се остварује преко унутрашњег зида кофице, средње обимне брзине добоша (елеватори средњих вредности брзина кретања)

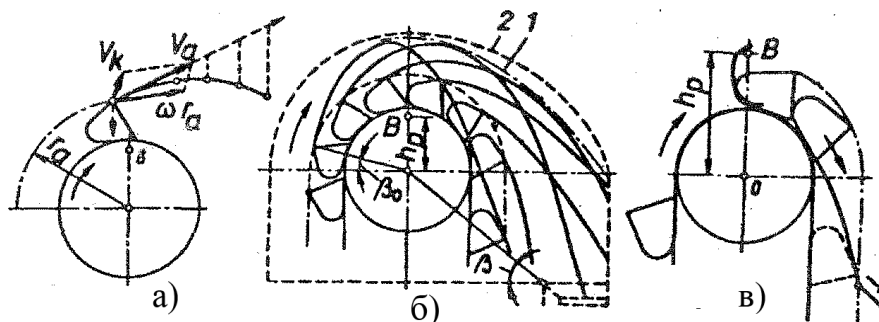
$$B = 1,5...3 \quad D_d = (0,305...0,612)v^2 \quad (2.10)$$

- Код спороходних елеватора са гравитационим пражњењем је

$$B > 3 \quad D_d \geq 0,6v^2 \quad (2.11)$$

Путања материјала при просипању из кофице. Обртањем кофице са материјалом преко горњег добоша на честицу материјала која се премешта кофицом делује сила тежине, центрифугална сила и сила инерције, проузрокована Кориолисовим убрзањем и релативним убрзањем услед клизања честице по рубу кофице. Решавањем једначине кретања честице материјала омогућава се одређивање њеног пута, као и брзине клизања v_k . Апсолутна брзина материјала v_a одређује се у облику геометријског збира обимне брзине $v = \omega r_a$ и брзине клизања v_k слика 2.23, а. Након избацивања из кофице честица се креће по параболи. Почетак њеног избацивања зависи од начина пражњења кофица. При центрифугалном начину пражњења кофица слика 2.23, б кретање честице у кофици започиње након заокретања кофице за угао $\beta_0 = 15^\circ...30^\circ$.

Приближна трајекторија кретања честице материјала при центрифугалном и гравитационом начину пражњења кофица приказана је на слици 2.23. Сагласно путањи кретања честица материјала, пројектује се и контура горњег дела плашта главе елеватора. Правилно конструктивно извођење спољног облика плашта доприноси да све честице материјала буду усмерене ка левку за пражњење, те се тако искључују удари честица о зид плашта, као и сувишно дробљење и ситњење честица и стварање прашине. Положај левка за пражњење материјала одређен је углом пражњења β . Код елеватора са центрифугалним и комбинованим (центрифугално - гравитационим) пражњењем усваја се да је $\beta = 30^\circ...45^\circ$. Постављањем левка за пражњење искључује се могућност просипања честица материјала на лаку, супротну грану елеватора [4].



Слика 2.23 Шема одређивања трајекторија приципања материјала: а) слагање брзина честица материјала, б) прајектовање честица при центрифугалном пражњењу за више положаја (1 – исправљена крива, 2 – профил плашта елеватора) в) исто само при гравитационом пражњењу [4]

2.6 Прорачун елеватора

2.6.1 Погонске карактеристике елеватора

Одређивање параметара. Тип елеватора и облик кофица бирају се у зависности од карактеристика транспортованог материјала (таблица 2.3) и задатог капацитета Q [4]. Капацитет кофичаслог елеватора одређује се према запремини по дужини једног корака (l/m):

$$\frac{i_0}{t_k} = \frac{Q}{3,6v\rho\psi} \quad (2.12)$$

где су: i_0 - корисна геометријска запремина кофице, усваја се према каталогу произвођача, (погледати таблицу 2.2); t_k - корак кофица, m ; за дубоке и плитке размакнуто постављене је $t_k = (2,5 \dots 3,0) H$; код кофица са бочно усмереним странама, постављеним континуално у низу је $t_k \approx H$, при томе је H - висина кофица, m ; v - брзина кретања траке или ланца, m/s (погледати таблицу 2.3); ρ - густина материјала, t/m^3 ; ψ - коефицијент испуне кофице (погледати таблицу 2.3).

Ако је позната запремина кофице $i_0 (m^3)$ дефинише се погонска запремина

$$i_p = \frac{i_0}{t_k} \quad (2.13)$$

У табели 2.2 дате су зависности запремине кофица и корака кофица а у табели 2.3 препоруке за избор одговарајуће кофице елеватора [5].

Табела 2.2 зависности запремине кофица од корака кофице [5]

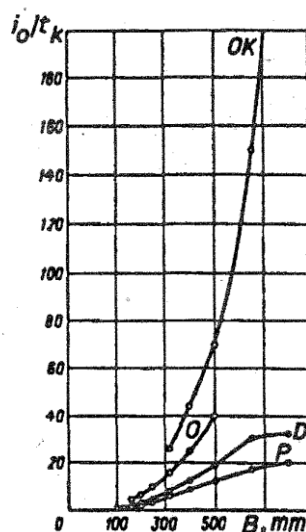
Тип кофице								
дубока		плитка		оштрих углова		заобљена		корак кофице $t_k (mm)$
i_p	i_0	i_p	i_0	i_p	i_0	i_p	i_0	
-	-	-	-	4,06	0,65	-	-	160
1	0,2	0,5	0,1	6,5	1,3	-	-	200
-	-	-	-	10	2	-	-	200
-	-	-	-	16	4	25,6	6,4	250
1,3	0,4	0,66	0,2	24,4	7,8	43,7	14	320
2	0,6	1,17	0,35	-	-	-	-	320
3,24	1,3	1,87	0,75	40	16	70	28	400
5	2	3,5	1,4	-	-	-	-	400
8	4	5,4	2,7	-	-	120	60	500
12,6	6,3	8,4	4,2	-	-	-	-	500
19	12	-	-	-	-	187	118	630
-	-	-	-	-	-	235	148	630
i_p - запремина јединице дужине кофице dm^3 / m , i_0 - запремина кофице, dm^3								

Табела 2.3 Препоруке за избор одговарајуће кофице [5]

Карактеристике насутог терета	Примери карактеристичног терета	Препоручени тип елеватора	Тип кофице	Коефицијент испуне кофице	Брзина	
					трака	ланац
суво прашинасти	угљена прашина	брзоходни са слободним пражњењем	D	0,85	-	0,6...0,8
	цемент, фосфорно брашно	брзоходни са центрифугалним пражњењем	D	8	1,25... 2,0	-
	хранљиви продукти млевења зрна (брашно, комбајнирана сточна храна)	брзоходни са центрифугалним пражњењем	P	0,85	1... 1,4	-
прашкасти и влажно зрнасти, слабо сипкаве хемикалије	земља, песак, креда у праху	брзоходни са центрифугалним пражњењем	P	0,6	1...2	0,8...2,0
зрнасти и ситно комадни, слабо абразивни	Опилци дрвета, шиндра, ивер, сува сабијена глина, глодани лигнит, ситан угаљ	брзоходни са центрифугалним пражњењем	P	0,8	1.25... 2.0	1,0 . 1,6
	таложни креч, чађ	спороходни са слободним пражњењем	D	0.8 (бочно учвршћени ланцем)	-	0,4... 0,6
зрнасти и ситно комадни, веома абразивни	шљунак, руда шљаке	спороходни са умереним пражњењем	OU Z	0,8	0,4...0,8	0,4...0,63
	песак, со, земља, стена	брзоходни са центрифугалним пражњењем	D	0,8	1 ...2	-
средње и крупно комадни (а 2: 60 mm), слабо абразивни	камени угаљ	спороходни са слободно умереним пражњењем	OU Z	0,6 ...0,8	-	0,4... 0,63
	Комадни тресет	брзоходни са центрифугалним пражњењем	D	0,6... 0.7	-	0,6. 1,6
средње и крупно комадни (а = 60 mm), веома абразивни	Камен, руда, шљака	спороходни са слободно умереним пражњењем	OU Z	0,6...0,8	-	0,4... 0,61
ломљени комади који не смеју да се дробе и мрве	ћумур, кокс	спороходни са слободно умереним пражњењем	OU Z	6	0,4... 0.63	0.4... 0,63
Примедба:	D - дубоке кофице P - плитке кофице OU - затворене кофице оштрих углова Z - затворене кофице кружног облика					

Код елеватора а са ланцем, корак кофица мора да буде дељив са једним или два корака ланца.

Из зависности запремине на дужини једног корака стандардних кофица, и ширине B слика 2.24 следи, да елеватори са збијеним кофицама, чак и при смањеној брзини, могу да обезбеде високи капацитет, а због већег односа i_0 / t_k .



Слика 2.24 Зависност односа i_0 / t_k од ширине кофице B (типови кофице P - плитке; D - дубоке; O – оштрих углова; ОК – са округлим дном) [4]

При транспортовању комадних материјала изабране кофице се проверавају према највећој димензији типског комада „а“, сагласно услову:

$$L \geq aX_k \quad (2.14)$$

где је L - дужина кофице (дохват); X_k - коефицијент (за материјале несортиране $X_k = 2 \dots 2,5$; за сортиране транспортоване материјале је $X_k = 4 \dots 5$).

Погонска маса терета који се транспортује дефинише се изразом [4].

$$q_p = i_p \psi \rho \quad (2.15)$$

Где је ψ - коефицијент пуњења кофице (табела 2.3)

$\rho (kg / m^3)$ - густина материјала.

Погонска маса покретних делова елеватора се састоји из погонске масе вучног елемента (трака или ланац) и погонске масе кофице; тј.

$$q_e = q_T + q_{KOF} (kg / m) \text{ - са траком} \quad (2.16)$$

$$q_e = q_L + q_{KOF} (kg / m) \text{ - са ланцем} \quad (2.17)$$

где је:

q_T (kg / m) - погонска маса траке ($q_T = \rho B \delta$)

q_L (kg / m) - погонска маса ланца

q_{KOF} (kg / m) - погонска маса кофице

$$q_{KOF} = \frac{m_{KOF}}{t_k} k_k \quad (2.18)$$

где је:

m_{KOF} (kg) - маса кофице (табела 2.4)

t_k (m) - корак кофице

k_k - коефицијент увећања масе кофице због утицаја елемената за везу ($k_k \approx 1,14$)

Табела 2.4 Карактеристичне масе различитих типова кофица [5]

Ширина кофице, mm	Дебљина зида кофице, mm	Тип кофице			
		дубока	плитка	оштрих углова	округласта
160	2	0,9	0,7	1,2	-
250	3	3,0	2,0	3,0	-
320	3	4,4	4,1	4,4	-
400	4	9,0	9,0	9,5	15,3
500	4	12,0	-	14,7	24,7
650	5	-	-	-	45,5

За приближно одређивање погонске масе покретних делова елеватора може се користити образац

$$q_e \approx k_E Q \text{ (kg / m)} \quad (2.19)$$

где је: k_E - коефицијент погонске масе (табела 2.5)

Q (t / h) - капацитет транспорта

Табела 2.5 Вредност коефицијента k_E на основу погонске масе [5]

Капацитет елеватора Q (t/h)	Тип елеватора					
	Тракасти		са једним ланцем		са два ланца	
	D,P	Z	D,P	Z	D,P	Z,O
до 10	0,6	—	1,1	—	—	—
10...25	0,5	—	0,8	1,1	1,2	—
25...50	0,45	0,6	0,6	0,85	1,0	—
50...100	0,4	0,55	0,5	0,7	0,8	1,1
преко 100	0,35	0,5	—	—	0,6	0,9

2.6.2 Претходни прорачун вуче

Ако је задат капацитет транспорта $Q(t/h)$, погонска запремина кофице је:

$$i_p = \frac{Q}{3,6v\psi\rho} (dm^3/m) \quad (2.20)$$

где је:

$v(m/s)$ - брзина кретања кофице (табела 2.3)

ψ - коефицијент пуњења кофице (табела 2.3)

$\rho(t/m^3)$ - густина материјала

Запремина кофице се одређује коришћењем формуле (2.13) [8].

Потребна снага на погонском вратилу елеватора је

$$P = \frac{1}{3600} QgH \left(1 + \frac{k_p}{H} \right) \quad (2.21)$$

где је:

$H(m)$ - висина дизања материјала

k_p - коефицијент отпора при пуњењу кофица (табела 2.6)

Табела 2.6 Зависност отпора пуњења кофица од материјала и брзине кретања [5]

Особине материјала	Тракасти са једним ланцем					Тракасти са два ланца				
	Брзина кретања кофице (m/s)									
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,6	0,5	0,75	1,0	1,25	1,6
Прашинасти, зрнасти, ситнозрни	1,5	2	2	2,5	3	1	1,2	1,3	1,5	2
Средње и крупно комадно	2,5	3	3	4	5	1,5	1,7	1,7	2,5	3

Обимна сила на погонском добошу (ланчанику)

$$F_0 = 10^3 \frac{P}{v} (N) \quad (2.22)$$

Максимална сила затезања, на основу које се може извршити приближни избор траке, одређује се из израза

$$F_{MAX} = F_0 \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} (N) \quad (2.23)$$

где је:

μ - коефицијент трења између траке и добоша (табела 2.7)

α (rad) – угао обухвата траке око погонског добоша

Табела 2.7. Коефицијент трења између траке и добоша [8]

Материјал спољ. слоја пог. добоша	Стање додирних површина	Атмосверски услови	Услови рада	Трака	
				гумена	челична
				μ_g	μ_c
Челик, сиви лив	Чисте	Суви ваздух	L	0,35	0,20
	Прашњаве	Суви ваздух	S	0,30	0,18
	Запрљане: - угљем или песком - глином				
		Влажан ваздух	T и VT	0,20	0,15
		Влажан ваздух	T и VT	0,10	0,10
Облоге од гуме или дрвета	Чисте	Влажан ваздух	L	0,50	0,35
	Прашњаве	Влажан ваздух	S	0,40	0,30
	Запрљане: - угљем или песком - глином				
		Влажан ваздух	S, T и VT	0,25	
		Влажан ваздух	T и VT	0,15	

Потребан број вучних слојева траке:

$$z > \frac{F_{MAX}}{k_r B k_0} \quad (2.24)$$

где је:

$F_{MAX} (N)$ - максимална сила затезања траке

k_r - Дозвољено радно оптерећење слоја гумене траке

k_0 - коефицијент ослабљења траке због отвора за везу кофице $k_0 \approx 0,9$

Израчунати број вучних слојева траке мора да задовољи и услов

$$z \leq 10D_d \quad (2.25)$$

где је:

$D_d (m)$ - пречник погонског добоша ($2.8 \div 2.11$)

Сила кидања на основу које се може извршити приближни избор ланца одређује из израза

$$F_k = (15 \div 17,5) F_0(N) \quad (2.26)$$

где је:

$F_0(N)$ - обимна сила на погонском ланчанику

Ако је елеватор са два ланца, онда се избор ланца врши са силом

$$F_L = 0,6 F_k \quad (2.27)$$

2.6.3 Тачан прорачун елеватора и прорачуна вуче

Прорачун вуче код елеватора остварује се поступним сабирањем отпора дуж сегмената трасе елеватора. Карактеристична вредност настаје када се узму у обзир настали отпори захватања материјала кофицама раздвојеног распореда везивања и вучних уређаја на доњем делу плашта елеватора, оптерећене гране. Ти отпори се одређују експерименталним путем и њихова величина зависи од карактеристика транспортованог материјала, брзине кретања кофица, типа кофица, растојања између кофица (корака), зазора између кофица и зидова нижих делова плашта, степена испуњености плашта теретом и начина прихватања терета кофицама [4].

Отпор захватања материјала кофицама приближно се одређује из израза

$$W_z = k_z q_t \quad (2.28)$$

где су:

k_z - коефицијент захватања материјала, изражава јединични рад који се улаже приликом

захватања материјала, $\frac{N \cdot m}{N}$

$q_t = \frac{gQ}{3,6v}$ - јединична сила тежине материјала који се транспортује, N/m .

При брзини кофица 1,0...1,25 m/s, за расуте материјале у облику праха, као и за расуте, ситно - комадне материјале, коефицијент захватања износи $k_z = 1,25 \dots 2,5 \frac{Nm}{N}$

за средњекомадне материјале је $k_z = 2 \dots 4 \frac{Nm}{N}$ Маса траке, ланца и кофица усвајају се према каталогу произвођача или у складу са одговарајућим стандардима.

Код елеватора код којих се погон остварује фрикцијом вучног елемента највећа сила затезања износи $S_{\max} = S_n$, и треба је проверити према сили пријањања траке уз погонски добош, сагласно општој теорији фрикционог погона.

Израчунавањем највеће силе затезања проверава се чврстоћа ланца, односно траке. Највећу силу затезања има вучни елемент у тачки на месту наиласка вучног елемента на погонски добош, а најмањи у тачки на месту наиласка вучног елемента на добош затезне главе.

Највећа сила у вучном елементу је:

$$F_{\max} = (F_{\min} + F_{wp}) + (q_0 + q_1) \cdot H_0 \quad (2.29)$$

Када се узме да је:

$$\begin{aligned} F_{\min} + F_{wp} &\approx 0,6q_0 \cdot H_0, \\ F_{\max} &= (1,6q_0 + q_1) \cdot H_0 \end{aligned} \quad (2.30)$$

где су:

$F_{\min}$ - најмање затезање вучног елемента у daN;

F_{wp} - допунски отпор од захватања материјала у доњој глави и од савијања вучног елемента око добоша (или ланчаника) доње главе у daN;

H_0 - пуна висина дизања терета у m;

q_0 - тежина траке или ланца са кофицама у daN/m;

$q_1 = \frac{K}{3,67v}$ - тежина материјала на сваки метар висине u daN/m;

Након прорачуна по контури и рачунања максималне силе, потребно је још и израчунати и усвојити вредност минималне силе затезања и то на:

$$F_{\min} \approx 0,1F_0 > 1000(N) \text{ - за елеваторе са траком} \quad (2.31)$$

$$500 \leq F_{\min} \leq 5gq \text{ - за елеваторе са ланцем} \quad (2.32)$$

Након израчунавања вучне силе W треба израчунати снагу електромотора и изабрати одговарајући модел на основу понуде произвођача а снага се рачуна према:

$$P = \frac{W \cdot v}{1000} [kW] \quad (2.33)$$

Код брзоходних ланчастих елеватора мора се још узети у обзир и динамичка сила при одређивању највеће силе у вучном елементу [4].

За претходне прорачуне може се узети да је:

$$q_0 = R \cdot Q,$$

где је:

R – коефицијент динамичких сила

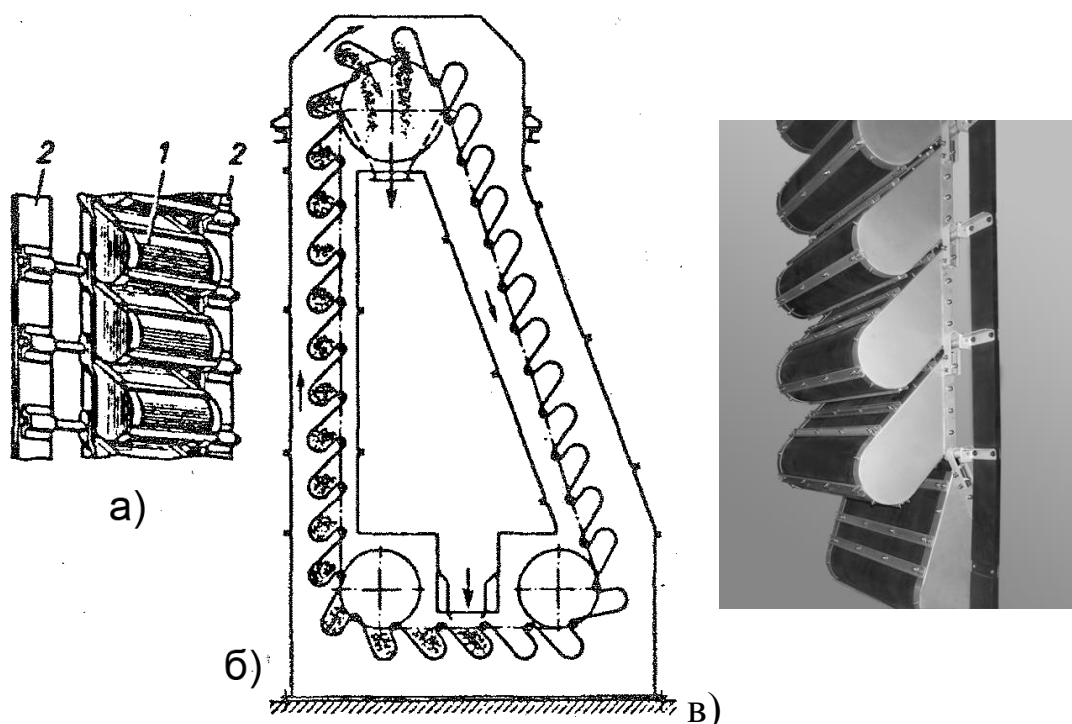
Снага мотора за погон може се оријентационо добити по обрасцу

$$P = \frac{Q \cdot H_0}{367} (1,15 + R_0 v) [kW]; \quad (2.34)$$

3 Кофичасти елеватори специјалног типа

3.1 Елеватор са џеповима

Транспортовање абразивних руда, лако лепљивих брикета и врелих материјала, као што су: препечена опека, клинкер, агломерат, температуре до 900°C , остварује се елеваторима са обликованим кофицама у облику џепова, са централним гравитационим пуњењем и пражњењем приказано је на слици 3.1. Кофице, 1 слика 3.1, а израђују се од гуме, пластичне масе или челика (за вреле материјале) и везују се, једна тик уз другу узаном траком, 2 или ланцима са округлим карикама [4].



Слика 3.1 Цепни елеватор а) покретни део б) шема трасе в) изглед кофица [9]

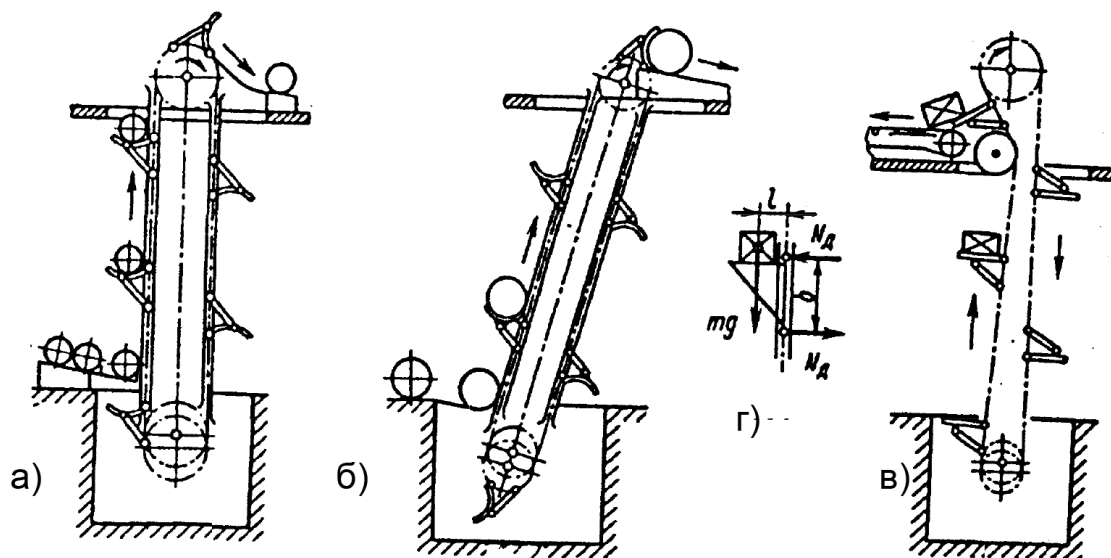
Предност ових елеватора огледа се у томе што се пуњење материјала остварује без захватања, већ се материјал ставља директно у кофице - џепове, а тиме се смањују отпори при пуњењу, односно нема накнадног дробљења и ситњења материјала. Недостатак је што су ове конструкције сложенијег облика, нарочито када постоје две паралелне траке.

Основни параметри су: ширина кофице ($200\ldots 1600\text{ mm}$); висина кофице ($400\ldots 710\text{ mm}$); корак кофица (са збијеним распоредом $250\ldots 710\text{ mm}$); висина дизања до 55 m ; капацитет елеватора ($5\ldots 1000\text{ m}^3/\text{h}$) и брзина транспорта материјала ($0,3\ldots 0,4\text{ m/s}$).

3.2 Виљушкasti елеватори

Виљушкasti елеватори могу били вертикални слика 3.2, а, в и коси слика 3.2, б. Користе се за подизање различитих комадних материјала (буради, сандука, бала, дењака, делова машина итд) [4].

Виљушкasti елеватор слика 3.2, а састоји се из два вертикална, затворене конструкције ланца, који су пребачени преко горњег, односно доњег ланчаника. Ланцима су на одређеном растојању круто везани конзолне захватне полице, чији облик стопе зависи од врсте материјала који се премешта као на слици 3.3. Пуњење и пражњење стопа полица елеватора остварује се аутоматски или ручно. Најподеснији материјал за аутоматско пуњење и пражњење елеватора је цилиндричног облика, који може да се котрља по нагибу пода ваљкастог транспортера и да се лако претовара са полица елеватора. Пражњење елеватора остварује у горњој тачки силазне гране, а могуће је такође и пражњење материјала на пењућој, оптерећеној грани, уградњом отклонског ланчаника којим се остварује скретање наилазећих полица слика 3.2.

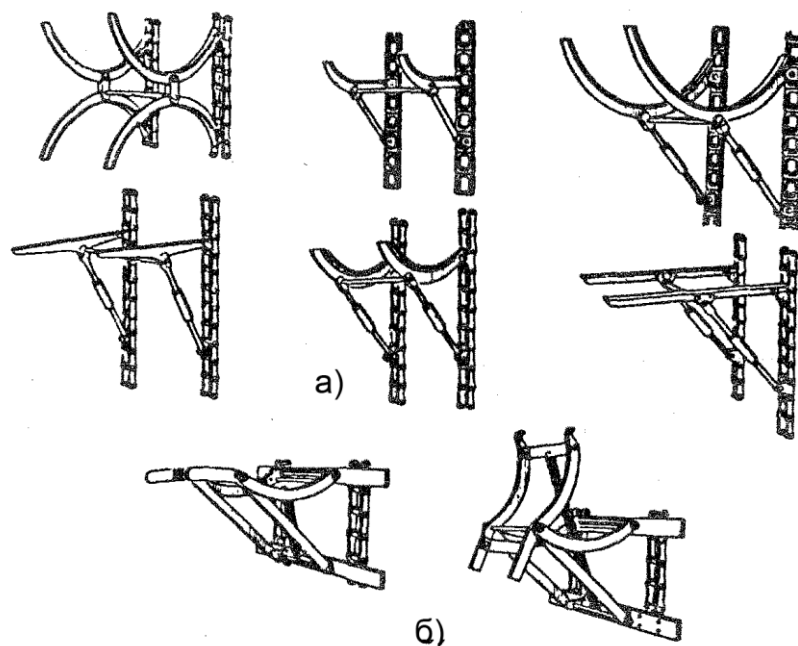


Слика 3.2 Шематски приказ виљушкaстог елеватора:

а) вертикални елеватор; б) коси елеватор; в) вертикални на повратној и косој на радној – оптерећеној грани; д) проралунска шема [4]

Полица за пуњење и ношење материјала може бити у облику конзоле са савијеном или равном стопом за ослањање терета, слика 3.3, а у зависности од врсте материјала који се преноси. Понекад је полица опремљена специјалним окретним уређајем слика 3.3, б, који допушта да се материјал истовара било на коме месту узлазне гране елеватора тако што се на месту истовара полице поставља шина за вођење у истуреном положају или одбојник. Окретни уређај полице враћа се у почетни положај, као по правилу, помоћу опруге или шине за вођење.

Вучни елемент виљушкастих елеватора може бити ламеласти ланац са шупљим осовиницама или Галов ланац. Виљушкасти елеватори имају мале радне брзине (нису веће од 0,2...0,3 m/s).



Слика 3.3 Шематски приказ виљушака за захватање материјала различитих типова код елеватора виљушкара [5]

Прорачун вуче виљушкастих елеватора обавља се на уобичајени начин. Допунски је отпор кретања ослоних ваљака полица дуж непокретних вођица, а који настаје због конзолног положаја терета у односу на осу ланца (слика 3.2, д). Ако је m - маса терета на виљушци (полице); l - растојање од места везивања конзоле до тежишта виљушке са материјалом; b - растојање између тачака везивања полице (виљушке) за ланац, те ће сила притиска на вођице на месту причвршћивања полице (не узимајући у обзир сопствену тежину љуљашака, као и утицај силе затезања ланца) бити следећа:

$$F_p = \frac{gml}{b} \quad (3.1)$$

и допунски отпор

$$W_{dop} \cong 2F_p w = \frac{2gmlw}{b} \quad (3.2)$$

где је w - коефицијент отпора кретања ваљчића ланца дуж вођице.

Укупна потребна сила за вертикално подизање полице са материјалом одређује се из израза:

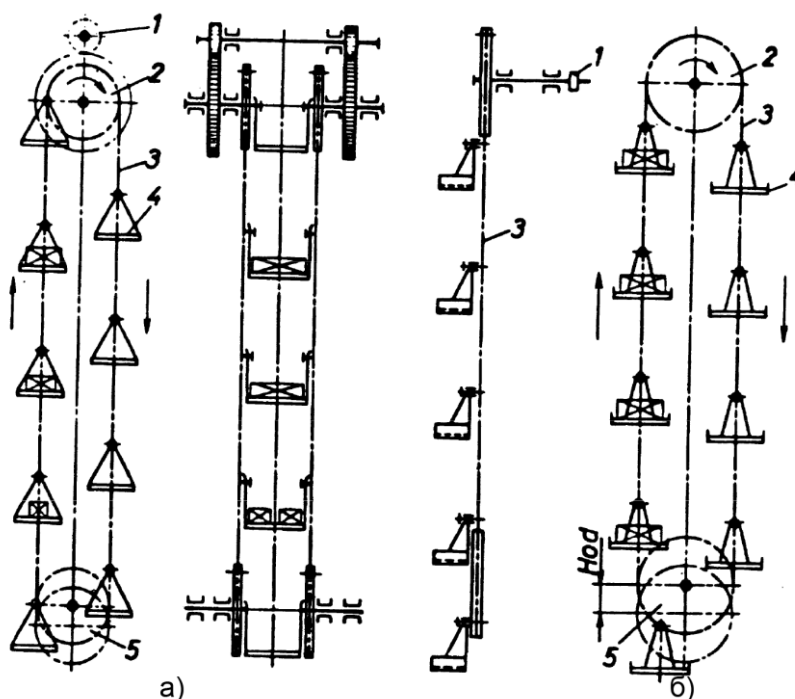
$$F_v = gm + W_{dop} = gm \left(1 + \frac{2lw}{b} \right) \quad (3.3)$$

Минимална сила затезања ланца се усваја у границама

$$F_{min} = 1000 \div 2000 (N) \quad (3.4)$$

3.3 Елеватори са љуљашкама (љуљашкари)

Елеватори са љуљашкама слика 3.4 намењени су за вертикално транспортовање различитих конадних материјала. За разлику од виљушастих елеватора, елементи за ношење терета код елеватора љуљашкара су са зглобним вешањем полица (тзв. љуљашкама) о ланце. Захваљујући постојању таквих љуљашака остварује се пражњење елеватора на било ком месту силазне гране [4].

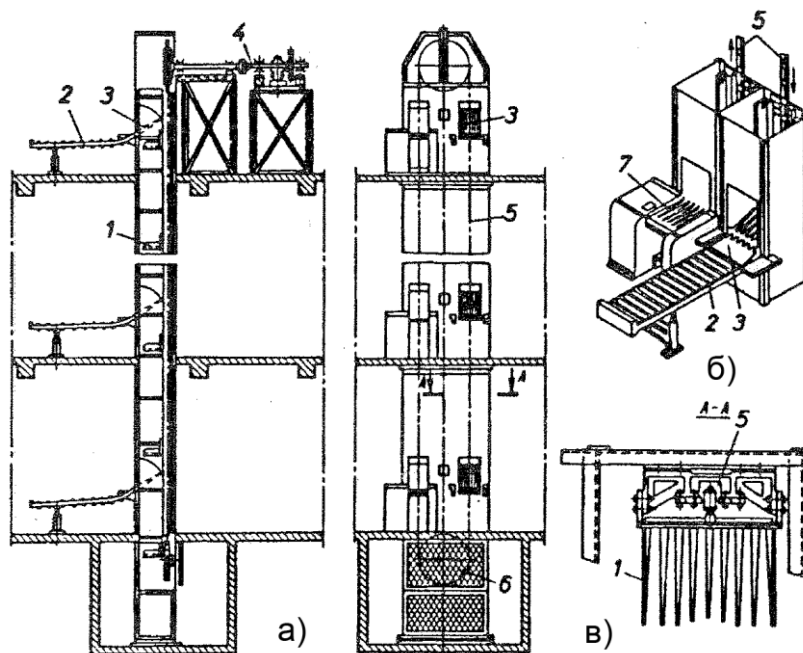


Слика 3.4 Шематски приказ елеватора љуљашкара: а) са два ланца; б) са једним ланцем; 1 – погон; 2 – погонски ланчаник; 3 – вучни ланац 4 – љуљашка; 5 – затезни ланчаник [5]

Елеватори љуљашкари израђују се као и транспортери љуљашкари, а разлика је само у конфигурацији трасе елеватори премештају материјал само вертикално навише, а транспортери наизменично, у хоризонталном и вертикалном смеру. Обично се елеватори љуљашкари израђују са два ланца као на слици 3.4, а. За транспортовање лаких материјала (нпр. књига) примењују се елеватори са једним ланцем приказаним на слици 3.4, б са конзолним љуљашкама. Такав елеватор слика 3.5 опремљен је на свакој етажи уређајем за аутоматско пуњење и пражњење. Притиском на дугме за управљање, решеткасти сто уређаја за утовар се заједно са теретом гура унутар окна елеватора и љуљашка се, решеткасте површине основе, подиже дуж улазне гране, прихватајући терет са стола. Након скидања терета са стола, сто се аутоматски враћа у првобитан положај.

Преко команде за управљање обртни сто се окреће унутар окна елеватора и спуштањем љуљашке оставља терет на сто. Скинути терет по косом столу клизи до ваљкастог транспортера којим се допрема до назначеног места, након чега се обртни

сто враћа у почетни положај. Прорачун елеватора љуљашкара обавља се уобичајеним поступком, на истоветан начин као и код транспортера са љуљашкама.

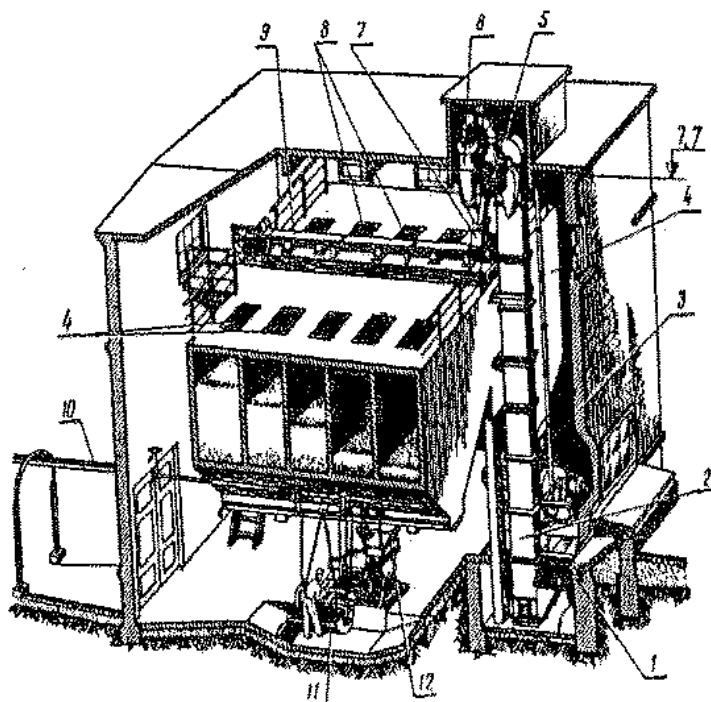


Слика 3.5 Елеватор са љуљашкама са једним ланцем за транспорт књига: а) општи изглед; б) елементи уређаја утовар и истовар; в) склоп конзолне љуљашке; 1 – љуљашка; 2 – ваљкасти транспортер; 3 – сто за истовар терета; 4 – погон; 5 – вучни ланац; 6 – затезни уређај; 7 – решеткасти сто за утовар; [5]

4. Карактеристике елеватора са кофицама у пољопривредној производњи и њихова примена

4.1 Карактеристике елеватора у пољопривредној производњи

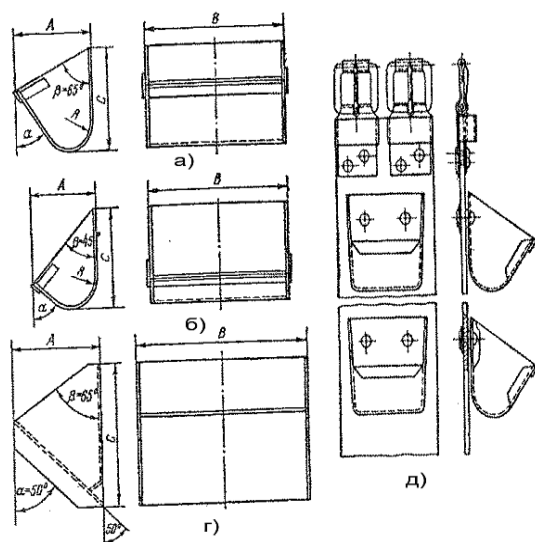
У пољопривредној производњи кофичасти елеватори се примењују за транспорт житарица, брашна, коренастих биљака и других ситнозрнастих и сипкавих материјала пољопривредних култура као што се види на примеру са слике 4.1. Транспортни материјал се допрема у утоварну стопу елеватора, испуњава утоварну стопу елеватора, а кофице елеватора се заривају или испуњавају засипањем, материјалом који треба транспортовати навише, заједно са вучним уређајем - ланцем или траком. Истовар транспортованог материјала обавља се у глави елеватора, тако што на материјал делује центрифугална сила или сила земљине теже, те се под дејством наведених сила на материјал у кофицама врши пражњење кофица. У зависности од физичко - механичких карактеристика транспортованог материјала усваја се брзине преношења материјала, код спороходних елеватора, до 20 m/s, код брзоходних, 4 ... 5 m/s. Код спороходних се истовар материјала врши преко унутрашњег руба кофица под дејством силе земљине теже, док се код брзоходних истовар материјала остварује преко спољашње ивице кофице под дејством центрифугалне силе [4].



Слика 4.1 Транспорт сточне хране у индустрији за производњу сточне хране:

- 1 - утоварни бункер ; 2 - кофичасти елеватор; 3 - пнеуматски транспорт цевима;
4 - бункер; 5 - филтер; 6 - циклон; 7 - утоварни уређај завојног транспортера;
8 - утоварни отвори на бункерима; 9 - завојни транспортер; 10 - висећа жичана железница - жичара; 11 - корпе вагонета жичаре; 12 - уређај за дозирање [4]

Кофице елеватора се израђују као заварене конструкције, од челичног лима, а могу се правити и ливене од кованог сировог гвожђа. Облик кофице зависи од физичко механичких својстава транспортованог материјала, као и од брзине транспорта материјала. Код брзоходних елеватора примењују се два типа кофица и то: дубоке слика 4.2, а, за транспорт веома сипкавих материјала, нпр. зрнастог, сувог песка итд. и плитке за транспорт слабо сипкавих материјала слика 4.2, б, влажне материјале који се слежу и који се одликују већим коефицијентом трења.



Слика 4.2 Врсте кофица и начин везивања
а) дубоке; б) плитке; в) оштроугле; г)
везивање кофица за подлогу [4]

Наведене врсте кофица спајају се за вучне уређаје (ланци или трака) на подједнаком међусобном растојању. Код спороходних елеватора примењују се оштроугле (олучасте) кофице приказане на слици 4.1, в, које се везују са траком једна уз другу. Због тога се брзоходни елеватори називају елеваторима са растављеним кофицама, а спороходни са збијеним распоредом кофица. Распоред, односно корак везаних кофица на вучном уређају у одређеном степену предодређује начин њиховог истовара, односно пражњења.

Да би се повећала крутост тела кофица којима се преносе тешки и абразивни материјали, ивице кофица се савијају или се ојачавају плочицама или се спољашњи руб кофице савија око челичне жице [4].

Облик кофице се одређује у зависности од следећих основних параметара слика 4.2,: угла захватања материјала α , угла површине резања β , ширине кофице B , дужине дохвата кофице A и дубине кофице C . Димензије кофица елеватора опште намене, као и њихове запремине утврђени су стандардима, као и за елеваторе специјалне намене за транспорт зрнастих пољопривредних култура и за њихове прерађевине, запремине кофица износе од 0,81 ... 11 l.

Кофице за транспорт гомиластих биљака, као и за друге комадне материјале су димензија:

$$A \geq l \text{ и } B \geq 1,5l \quad (4.1)$$

где је:

l - највећа дужина честице транспортованог материјала.

За транспорт кукуруза у клипу израђују се специјалне кофице.

Све чешће су у практичној примени елеватори са кофицама од пластичне масе и гумене кофице ; кофице од гуме су импрегниране челичним скелетом. Овакве кофице се учвршћују за траку специјалним поступком лепљења. Наведене конструкције кофица смањују укупну тежину елеватора и смањују степен оштећења транспортованог материјала.

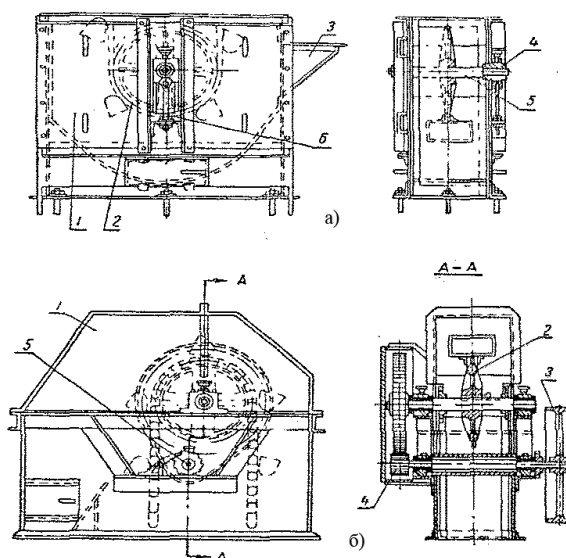
Вучни уређај код елеватора су траке или ланци. Траке се превасходно примењују код брзоходних елеватора за транспорт зрнастих, сипкавих, прашкастих и прашинастих материјала. За комадне терете, а такође и при косом транспорту, чешће се примењују ланци као вучни уређаји.

Трака приказана на слици 4.2, д ширине до 300 *mm* израђује се из равних гумираних профила одговарајућег стандарда. За веће захтеване ширине, траке се израђују од гумиране тканине. Разликују се три врсте конструкција гумираних каишева: нарезани у слојевима, увијени и завојно увијени. Каркасни слој памучног ткања транспортне траке повезује се вулканизацијом са слојем гуме. Бочни рубови слојева каишева транспортне траке такође се штите због могућег продора влаге у њима (на спојевима између каркасног слоја и слоја гуме).

Ланци као вучни уређаји израђују се од ламеластих елемената са шупљим осовиницама, такође могу бити ланци са шупљим осовиницама и ролницама , тзв. Галови ланци, корака до 630 *mm* или се израђују као заварени ланци овалних карика. Понекад се ланци израђују пресовањем или могу били ланци конбиноване конструкције.

Уколико су кофице широке до 250 *mm*, дозвољава се примена једног вучног ланца, за који се кофице учвршћују по средини, задњим зидом; два вучна ланца примењују се само када ширина кофица прелази 320 *mm* . У овом случају кофице се са ланцима могу повезати како задњом страном, тако и бочним зидовима.

Глава елеватора приказана на слици 4.3, а сачињава доњи део елеватора, а састоји се из плашта 1, утоварног бункера 3, система ланчаника 2 (или добоша) са осовином 5, и лежајима 4, која преко специјалног затезног уређаја 6 може да се вертикално помера кроз повезани жлеб у носећем челичном лиму.



Слика 4.3 конструкција елеватора; а) стопе; б) истоварна глава [4]

Најчешће се примењују завојни затезни уређаји са ходом затезања који износи код елеватора са ланцима 1...1,5 корака ланца, а код тракастих елеватора 3...5% од дужине траке. Уређаји за затезање тегом примењују се релативно ретко код тракастих елеватора.

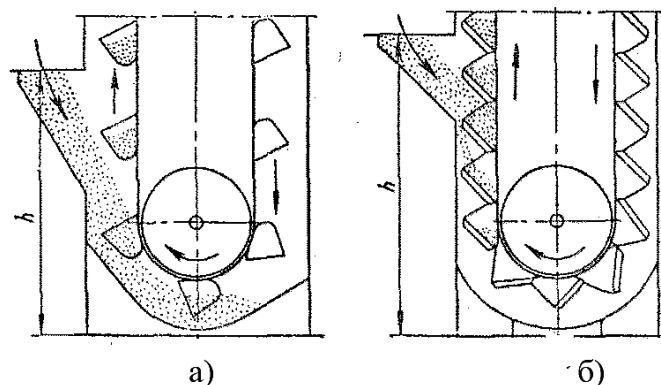
Да би се задржао константан зазор између кофица и дна стопе елеватора, понекад се примењује стопа у облику корита које се качи о осовину добоша. Међутим, ово конструктивно решење умногоме чини конструкцију компликованом, пошто је потребно у том случају обезбедити правилно заптивање између бочних зидова конструкције елеватора и покретног корита стопе елеватора.

У процесу рада елеватора стопа се често запушава нагомиланим материјалом који се транспортује. Да би се спречила могућност ломова (откачињања кофица од вучног елемента, кидања вучног уређаја избочавањем конструкције плашта итд.), то се у стопе уграђује гумена дијафрагма, која се под теретом избочава и тада преко специјалног граничног искључивача који се активира обавља се искључивање погонског уређаја.

Утоварни кљун за пуњење елеватора материјалом може се поставити на улазној грани кофица елеватора, тада се утовар кофица остварује са стране која је супротна од смера кретања траке или на силазној грани, када се утовар кофица остварује у смеру кретања траке елеватора. Предност се даје првој варијанти, због боље испуне кофице и мање силе отпора при утовару кофица материјалом. Утовар кофица врши се на праволинијској, вертикалној грани траке елеватора [4].

Пожељно је да се утоварни кљун код елеватора са центрифугалним начином истовара постави на већу висину, него код елеватора са мешовитим начином истовара (центрифугални и гравитациони).

На слици 4.4, а, приказан је утовар растављених кофица, а на слици 4.4, б, са збијеним распоредом кофица.



Слика 4.4 Шематски приказ начина утовара [4]

Да би се обезбедили нормални услови утовара кофица у смеру утовара који је супротан од смера кретања кофица елеватора, потребно је висину постављеног горњег нивоа утоварног кљуна h од доњег нивоа стопе елеватора одредити из емпиријског израза:

$$h = (0,027...0,03) \frac{izv}{B} + 20, \text{ cm} \quad (4.2)$$

где су:

i – запремина кофице, cm^3 ;

B – ширина кофице, cm ;

z – број кофица на дужном метру траке, kof/m ;

v – брзина траке, m/s .

Из производа $z \cdot v = \frac{1}{t}$, одакле је $t = \frac{1}{z \cdot v}$, може се одредити време прелаза дела траке елеватора између две узастопне кофице, које практично представља корак кофица.

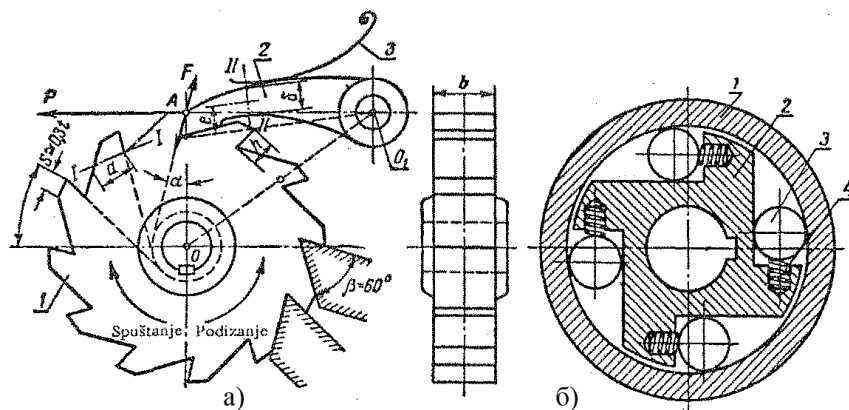
Од правилног избора места постављања утоварног кљуна, као и од његове висине, умногоме зависи начин остваривања пуњења кофица, степен њихове испуњености материјалом и коначно, капацитет елеватора. Ова констатација је од посебног значаја при пројектовању елеватора који се уграђују као стационарне конструкције.

Глава елеватора приказана на слици 4.3, б састоји се из плашта 1, погонског ланчаника 2 (или добоша), зупчастог преносника 4 (или редуктора), каишника 3 и устављача 5. Плашт је ослоњен о постоље и представља оквир конструкције елеватора. Опремљен је истоварним кљуном и обично се израђује заварена конструкције од челичног лима. У неким случајевима плашт главе елеватора израђује се од дрвене конструкције, нпр. код елеватора локалне изведбе, који се уграђују неке машине [4].

У зависности од врсте енергије за погон елеватора, преносни механизам елеватора може се конструисати као зупчасти, каишни преносник или у облику редуктора, а може се и директно извршити спајање спојницом гоњеног и погонског вратила (које је са малим бројем обрта) машине на коју се уграђује конструкција елеватора.

Да би се спречило кретање траке или ланца елеватора у супротном смеру обртања при заустављању, елеватор се опрема устављачем који се уграђује на погонско вратило као на слици 4.5, или на уметнуто вратило које има за циљ промену смера обртања елеватора, односно кофица. Код конструкција елеватора примењују се два типа устављача и то: назубљени устављачи са запорним уређајем и устављачи са ваљчићима.

Да би се обезбедио плашт главе елеватора од удара приликом истовара материјала, плашт главе се тако конструктивно обликује да је његова конфигурација тако подешена да у потпуности прати конструкцију лета честица материјала при истовару из кофица. Због тога се горњи зид плашта главе понекад облаже лимом који је пресвучен гумом ради ублажавања удара истоварних честица материјала [4].



Слика 4.5 Изглед устављача, а) са запорним уређајем, б) са ваљчићима

4.1 Примена елеватора у пољопривредној производњи

У пољопривредној производњи, као и у индустрији прераде пољопривредних култура, примена кофичастих елеватора је веома присутна, међутим треба нагласити да се ређе примењују од тракастих, завојних и грабуљастих транспортера.

Стационарни, који се примењују као елеватори за транспорт материјала у млиновима (зрнастих материјала, брашна), у индустрији прераде сточне хране, за допремање материјала у бункере, до амбара, у силосима, за допрему материјала до дозатора итд...

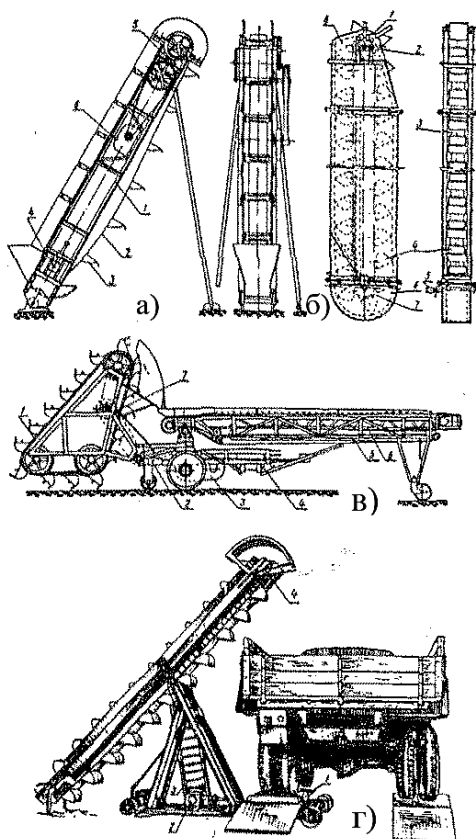
Преносни, користе се за периодично опслуживање при одвијању неких технолошких процеса на сточарским фармама, нпр. елеватор типа ТК-О руске

производње слика 4.6, а. За транспорт оваквог типа примењују се елеватори капацитета до 7 t/h;

Уграђени у различите пољопривредне машине за обављање међуоперације транспорта производа слика 4.6, б, нпр. код стационарних вршалица, уређаја за чишћење зрнастих култура, као и за њихова сушење итд [4].

Кофичасти транспортер приказан на слици 4.6, а састоји се из косог металног рама 1, траке 2 са кофицама 3, затезног уређаја 4 и погонског механизма 5. Погон кретања остварује се преко електромотора 6, са $n = 1426 \text{ min}^{-1}$. Димензије транспортованих продуката (кртоласте културе) одређене су следећим мерама: пречника су до 200 mm, дужине до 300 mm. Радни обод кофице опремљен је зубима у циљу смањења силе отпора при захватању материјала.

Као пример елеватора који се примењује на вршалицама са електричним погоном може да послужи елеватор за подизање жита од тријера за жито, до бункера. Карактеристика ове конструкције огледа се у томе што је упрошћена конструкција плашта елеватора, као и у чињеници да постоји слободна и отворена, без плашта, растерећена грана вучног уређаја.



Слика 4.6 Елеватор који се примењује у пољопривреди

а) елеватор типа ТК – О; б) елеватор машина за припрему сточне хране; в) замододавач конструктора Крутова (Русија); г) подизач са погоном преко педала [4]

Код неких кофичастих елеватора уграђених у сложене конструкције машина, погон је постављен у стопи, а не на врху, у глави. У том случају се затезни уређај траке или ланца мора поставити на врху, у истоварној глави, тј. на горњем добошу, односно ланчанику који су тада затезни, а чему треба водили рачуна при обављању прорачуна елеватора. Елеватор приказан на слици 4.6, б има сличан шематски приказ погона. Каркас елеватора израђен је заваривањем угаоника; затезни уређај 2 налази се у глави 8, вучни уређај 3 је ланчани са кофицама 4, обухвата горњи 1 и доњи ланчаник. Погонско вратило 5 уграђено је преко лежаја у доњу стопу 6 елеватора. Капацитет наведене конструкције елеватора износи $500 \dots 2100 \text{ kg/h}$.

Да би се обезбедио механизовани начин утовара материјала или могућност самоходног премештања машине са кофичастим елеватором, често се примењују подизачи као елеваторски уређаји. Као пример такве машине може да буде универзални самододавач, самоходне конструкције, слика 4.6, в, која се показала добро у експлоатацији, при утовару кукуруза у клипу. Предност ове машине огледа се у могућности самоходног кретања, у добрим маневарским способностима, релативно једноставној конструкцији и релативно малој маси (720 kg).

Самоходни самододавач кукуруза у клипу састоји се из следећих основних елемената: подизног кофичастог елеватора 1, телескопског тракастог транспортера 5, са постољем 6, које се извлачи и самоходних колица 2 са електромотором 4 и редуктором 3 и трансмисије 7 са међуланчаником. Елеватор и транспортер везују се за колица и могу се обрнути у односу на вертикалну осу [4].

Угао заокретања подизнокофичастог елеватора једне машине за дрљање са стубом износи по 35° са обе стране, а заокретање тракастог транспортера којим се врши одвођење материјала, угао износи 180° . Могућност радијалног оптерећања транспортера и самоходног премештања колица брзином од $0,5 \text{ m/min}$ чини приказану машину веома покретљивом, са добрим маневарским карактеристикама.

Дужина телескопског тракастог транспортера може се повећати до 6 m , а висина се мења у границама $0,8 \dots 3,0 \text{ m}$.

Брзина кретања кофица износи $0,1 \text{ m/s}$. Погон кретања од електромотора снаге 6 kN , са $n = 970 \text{ min}^{-1}$, преко редуктора, омогућава остваривање премештања колица: напред-назад, затим релативно заокретање једног од точкова, као и остваривање самоутовара материјала у транспортну машину, односно у њен трап који је постављен под углом од 25° .

Заокретање кофичастог елеватора за дрљање и захватање материјала који је са стубом у процесу рада остварује се аутоматски.

Понекад се кофичасти елеватори примењују за утоварне радове при чишћењу жита које се премешта струјањем. Конструкција једнога од таквих елеватора приказана је на (слици 4.6, г). Израђује се са задатком подизања зрнастих материјала у транспортну машину, а за опслуживање елеватора приликом утовара материјала

потребно је неколико радника. Да би се смањио поменути број радника за опслуживање одговарајућег елеватора покушало се са опремањем наведеног елеватора грабуљастим додавачем али таква конструкција није у потпуности решила све постављене конструктивне задатке, јер после преношења зрнастих материјала до одређеног места, неопходно је извршити преношење елеватора. Овај елеватор је карактеристичан у томе што се утовар материјала добавља остваривањем погона преко покретних точкова (погон преко педала), које се покрећу ауто машином, точкови се котрљају на специјалном ваљку. Обртање од точка, преко ваљка 1, коничног зупчаника 2 и клинасто-ременог каишног преносника 3 преноси се на горњи, водећи добош 4. Конструкција самог елеватора се не разликује од раније описаних конструкција.

5 Пример прорачуна кофичастог елеватора за житарице

5.1 Одређивање капацитета елеватора.

На основу задатих полазних података, прво је потребно усвојити вредност брзине транспортера и тип транспортера.

Брзина транспортера се усваја на основу (табеле 2.3) где на основу материјала (житарице) који елеватор преноси усваја се **брзоходни елеватор са центрифугалним пражњењем**, који се бира из (табела 2.1) где се пренос остварује преко траке за коју се усваја брзина кретања:

$$v \approx (1,25 \div 2) \text{ где се усваја брзина } v = 1,5 \text{ m/s}$$

На основу брзине и врсте елеватора усваја се врста кофице [8]. Усваја се на основу табеле (2.3) **дубока кофица**.

Такође на основу (табеле 2.3) потребно је усвојити *Коефицијент истуне кофице* који на основу претходно изабраних параметара износи:

$$\psi = 0,8$$

На основу (табеле 5.1) усваја се вредност коефицијента k_z који се бира на основу брзине и врсте материјала и износи:

$$k_z = (2,1 \div 4,4) \text{ где се усваја } k_z = 3,25$$

Табела 5.1 Вредност коефицијента k_z [8]

Брзина елеватора $v \left(v = \frac{m}{s} \right)$	Врста материјала	
	цемент,песак	шљунак
0,5	0,6.... 1,8	1,2.... 3,0
0,75	0,92,4	1,8.... 3,2
1,0	1,0.... 2,6	2,2.... 3,3
1,25	1,3.... 3,2	2,84,4
1,5	2,14,4	5,4.... 6,0
1,75	2,5.... 5,6	6,59,4

Да би се одредиле одговарајуће тежине потребно је одабрати коефицијент погонске масе $k_{e.m.}$ који се бира на основу капацитета и начина транспорта материјала из (табеле 2.5) и износи:

$$k_{e.m.} = 0,45$$

Густина материјала ρ се бира на основу препоруке за задати материјал (житарице) и према томе се усваја:

$$\rho = 0,8 \frac{t}{m^3} = 800 \frac{kg}{m^3} \quad (5.1)$$

Да би се одредио капацитет транспортера, потребно је прво одредити запремину његове кофице [8]. Образац за запремину кофице на растојању од $1m^2$ износи:

$$\frac{i_0}{t_k} = \frac{Q_m}{3,6v\rho\psi} \left(\frac{1}{m} \right) \quad (5.2)$$

где је *запремина кофице* према изразу (5.2):

$$\frac{i_0}{t_k} = \frac{Q_m}{3,6v\rho\psi} = \frac{40}{3,6 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = \frac{40}{3,456} = 11,574 \left(\frac{1}{m} \right) \quad (5.3)$$

Према (табели 5.2) за $\frac{i_0}{t_k} = 12,6 \frac{1}{m}$ усваја се дубока кофица запремине $i_0 = 6,3l$, ширина кофице $B_k = 400mm$, ширина траке $B = 500mm$, корак растављених кофица $t_k = 500mm = 0,5m$.

Табела 5.2 Вредност појединих димензија кофица елеватора [8]

Ширина кофице B_k , mm	Ширина траке В mm (код тракастог елеватора)	Корак растављ ених кофица t_k , mm	Дубоке кофице		Плитке кофице		Корак збијених кофица, t_k , mm	Кофице са бочним пражњењем			
			i_0, l	$\frac{i_0}{t_k}, \frac{1}{m}$	i_0, l	$\frac{i_0}{t_k}, \frac{1}{m}$		са оштрим угловима		са заобљеним дном	
								i_0, l	$\frac{i_0}{t_k}, \frac{1}{m}$	i_0, l	$\frac{i_0}{t_k}, \frac{1}{m}$
100	125	200	0,2	1	0,1	0,5	-	-	-	-	-
125	150	320	0,4	1,3	0,2	0,66	-	-	-	-	-
160	200	320	0,6	2	0,35	1,17	160	0,65	4,06	-	-
200	250	400	1,3	3,24	0,87	1,87	200	1,3	6,5	-	-
250	300	400	2,0	5	1,4	3,5	200	2	10	-	-
320	400	500	4,0	8	2,7	5,4	250	4	16	6,4	25,6
400	500	500	6,3	12,6	4,2	8,4	320	7,8	24,4	14	43,7
500	-	630	12	19	-	-	400	16,5	41,2	28	70
650	-	630	18	28,6	-	-	500	-	-	60	120
800	-	800	32	40	-	-	630	-	-	118	187
1000	-	800	45	56,25	-	-	630	-	-	148	235

Маса кофице бира се из (табеле 5.3) где се на основи ширине кофице B_k бира њена маса. Маса кофице m_k за ширину кофице од 400mm износи:

$$m_k = 9\text{kg}$$

Дебљина кофице за дату ширину и масу износи $b_k = 4\text{mm}$

Табела 5.3. Вредности маса и дебљине зидова код различитих типова кофица [8]

Ширина кофице, mm	Дебљина зида кофице, mm	Тип кофице			
		дубока	плитка	оштрих углова	округласта
160	2	0,9	0,7	1,2	-
250	3	3,0	2,0	3,0	-
320	3	4,4	4,1	4,4	-
400	4	9,0	9,0	9,5	15,3
500	4	12,0	-	14,7	24,7
650	5	-	-	-	45,5

Капацитет елеватора рачунамо према следећем обрасцу:

$$Q_{m.r.} = 3,6 \cdot \frac{v \cdot \psi \cdot i_0 \cdot \rho}{t_k} \quad (5.4)$$

На основу обрасца (5.4) стварни капацитет елеватора износи:

$$Q_{m.r.} = 3,6 \cdot \frac{v \cdot \psi \cdot i_0 \cdot \rho}{t_k} = 3,6 \cdot \frac{1,5 \cdot 0,8 \cdot 6,3 \cdot 0,8}{0,5} = 43,54 \frac{t}{h} \quad (5.5)$$

На основу резултата види се да је добијени капацитет $Q_{m.r.}$ елеватора већи од капацитета елеватора Q_m који је задат тако да прва провера $Q_{m.r.} > Q_m$ пролази.

5.2 Одређивање снаге погона

Сада када имамо све параметре кофица, капацитета елеватора потребно је одредити снагу погонског електромотора. Полази се од прорачуна оптерећења и прорачуна траке.

Тежина терета по дужном метру се рачуна према обрасцу:

$$q_{ter} = \frac{Q_m \cdot g}{3,6 \cdot v} \quad (5.6)$$

На основу обрасца (5.6) тежина терета биће:

$$q_{ter} = \frac{Q_m \cdot g}{3,6 \cdot v} = \frac{40 \cdot 9,81}{3,6 \cdot 1,5} = 72,666 \frac{N}{m^{-1}} = 7,4073 \frac{kg}{m} \quad (5.7)$$

где је: $g = 9,81\text{m/s}^2$ - сила земљине теже

Погонска маса терета се рачуна по обрасцу:

$$q_G = i_0 \cdot \psi \cdot \rho \quad (5.8)$$

На основу обрасца (5.8) вредност погонске масе биће:

$$q_G = \frac{i_0}{t_k} \cdot \psi \cdot \rho = 12,6 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 8,064 \frac{kg}{m} \quad (5.9)$$

Одређивање дебљине траке, и провера ширине траке се врши истим путем као и код тракастог транспортера [8]. На основу ширине траке $B = 500mm$ усваја се класа траке 4 Е (за прехранбену индустрију) из (табеле 5.4).

Табела 5.4 Групе и подгрупе трака [8]

Група (тип)	Примена	Специфичност услова рада	Под група	Класа зат. Чврст.	Темп. Трансп. Матер. °C	Темп. Околине °C
1	За транспорт веома абразивних материјала, крупних комада (до 500mm)	Општи	1 – а	А,В	-45	60
		Отпорни на ниске температуре	1 – b	С	-60	60
2	За транспорт веома абразивних материјала, средње крупних комада (до 350mm)	Општи	2 – а	А,В,С	-45	60
	За транспорт угља веома крупних комада (до 700mm)	Отпорне на мраз	2 – b	С	-60	60
	и стена крупних комада (до 500mm)	Отпорне на влагу	2 – c	Д,Е	-25	60
3	За транспорт малоабразивних и неабразивних материјала, комада средње тврдоће (до 150mm)	Општи	3 – а	В,С Е	-45 -25	60 60
		Отпорне на мраз	3 – b	С	-60	60
		Повишена отпорност на температуру	3 – c	Е	-	200
	За транспорт угља средњих комада (до 500mm) и стена крупноће комада до 300mm	Отпорне на температуру	3 – d	Е	-	до 700
		За прехранбену индустрију	3 – e	Е	-25	60
		Отпорне на ветру	3 – f	Д,Е	-25	60
4	За транспорт малоабразивних и неабразивних ситнокомадних (до 80mm) насипних и зрнастих материјала	Општи	4 – а	С Е	-45 -25	60
		За прехранбену индустрију	4 – b	Е	-25	60
5	За транспорт абразивних	Општи	5 – а	Е	-25	60
		За прехранбену индустрију	5 – b	Е	-25	60

Провера ширине траке се врши преко обрасца:

$$B_{MIN} = 3,3 \cdot a_{tip} + 200 \quad (5.10)$$

На основу обрасца (5.10) минимална ширина траке биће:

$$B_{MIN} = 3,3 \cdot a_{tip} + 200 = 3,3 \cdot 7 + 200 = 223,1mm \quad (5.11)$$

где је: a_{tip} - највећа вредност по дијагонали појединог елемента (зрна) $a_{tip} = 7mm$

Одређивање ширине траке елеватора се рачуна по обрасцу:

$$\delta = z \cdot \delta_{pu} + \delta_r + \delta_n + \delta_z \quad (5.12)$$

где је: z – број вучних слојева траке (табела 5.5)

На основу табеле (5.5) где на основу ширине траке и типа елеватора усваја се да је $z = 3$ слоја са затезном чврстоћом од $\sigma_r = 65(N/mm)$ по 1 mm ширине траке.

Табела 5.5 Број уметака проткане траке транспортера [8]

Ширина траке В(mm)	Тип траке														
	1			2				3				4		5	
	Затезна чврстоћа вучног слоја ширине $\sigma_r(N/mm)$														
	400	300	200	400	300	200	150	200	150	100	65	100	65	100	65
100,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3;4	1 ; 2	1 ; 2
300,400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3-5	-	3-5	1 ; 2	1 ; 2
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3-5	-	3-5	1 ; 2	1 ; 2
650	-	-	-	-	-	-	-	-	3;4	3-5	3-6	3;4	3-6	1 ; 2	1 ; 2
800	-	-	3-6	-	3-5	3-6	3-6	3-6	3-6	3-8	3-8	3-5	3-8	1 ; 2	1 ; 2
1000	-	3-6	4-	3-5	3-6	3-6	3-8	3-6	3-8	3-8	3-8	3-6	3-8	1 ; 2	1 ; 2
1200	3-6	3-6	4-6	4-6	3-6	4-7	-8	4-7	4-8	3-8	3-8	3-6	3-8	1 ; 2	1 ; 2
1400	4-7	4-6	4-6	4-8	4-8	5-8	5-8	5-8	5-8	4-8	4-8	4-6	4-8	1 ; 2	1 ; 2
1600	4-8	4-6	-	5-8	5-8	-	5-8	-	5-8	4-8	4-8	-	4-8	-	-
2000	4-8	5-8	-	5-8	5-8	-	5-8	-	5-8	4-8	4-8	-	4-8	-	-
2500	-	-	-			-	-	-		4-8	4-8	-	-	-	-

δ_{pu} - представља дебљину вучног слоја (табела 5.6)

На основу (табеле 5.6) дебљину вучног слоја траке бирамо на основу усвојене затезне чврстоће слоја σ_r , где је за $\sigma_r = 65(N/mm) \Rightarrow \delta_{pu} = 1,15mm$.

Табела 5.6 Дебљина вучних слојева траке [8]

Дебљина вучних слојева код гумених трака $\delta_{pu} (mm)$			
Затезна чврстоћа слоја (N/mm)	Уметци са гуменим слојевима		Уметци без гум. међуслоја, од комб. влакана
	Од синтетичних влакана	Од комбинованих влакана	
65			1,15
100	1,2	1,6	1,3
150	1,3	1,9	1,6
200	1,4	-	-
300	1,9	-	-
400	2,0	-	-

δ_r - представља дебљину облоге на радној страни траке (табела 5.7)

На основу (табеле 5.7) и на основу класе усвојеног типа траке усваја се дебљина радне облоге која износи $\delta_r = 5mm$.

δ_n - дебљина облоге на нерадној грани траке (табела 5.7)

На основу (табеле 5.7) и на основу усвојене дебљине облоге радне стране усваја се дебљина облоге нерадне стране која износи $\delta_n = 2mm$.

Табела 5.7 Дебљина радне и нерадне облоге траке [8]

Дебљина облога радних површина, $\delta_r (mm)$				
Класа/Затезна чврстоћа гуме, $R_m (N / m m^1)$				
A $R_m = 2,5kN / cm^2$	B $R_m = 2,0kN / cm^2$	C $R_m = 1,5kN / cm^2$	D $R_m = 1,2kN / cm^2$	E $R_m = 1,0kN / cm^2$
6;4,5	8;6;4,5	-	-	-
-	-	6;4,5	-	-
6;4,5	8;6;4,5	6;4,5	-	-
-	-	6;4,5	-	-
-	-	-	6;4,5	6;4,5
-	8;6;4,5;3	6;4,5;3	-	-
-	-	6;4,5;3	-	-
-	-	-	-	10;8;6
-	-	-	-	4;5;3
-	-	-	-	3
-	-	-	4;5;3	4;5;3
-	-	2	-	3;2
-	-	-	-	3;2
-	-	-	-	3;2;1
-	-	-	-	3;2;1
Дебљина облога нерадних површина, $\delta_n (mm)$				
$\delta_r (mm)$			$\delta_n (mm)$	
4,5 и изнад			2	
3 и мање			1	

На основу обрасца (5.12) ширина траке елеватора је:

$$\delta = z \cdot \delta_{pu} + \delta_r + \delta_n + \delta_z = 3 \cdot 1,15 + 5 + 2 + 0 = 10,45mm = 0,01045m \quad (5.13)$$

Погонска маса покретних делова се састоји из погонске масе траке и погонске масе кофице, и она се изражава обрасцем (2.16):

$$q_e = q_T + q_{KOF} (kg / m) \quad (5.14)$$

Погонска маса траке представља тежину траке на јединичном метру и рачуна се по следећем обрасцу:

$$q_T = \rho \cdot B \cdot \delta \quad (5.15)$$

На основу обрасца (5.15) вредност погонске масе траке је:

$$q_T = \rho \cdot B \cdot \delta = 800 \cdot 0,5 \cdot 0,01045 = 4,18 \frac{kg}{m} \quad (5.16)$$

Погонска маса кофице представља тежину кофице на јединичном метру траке и рачуна се по обрасцу (2.18):

$$q_{KOF} = \frac{m_{KOF}}{t_k} k_k \quad (5.17)$$

На основу обрасца (5.17) вредност погонске масе кофице је:

$$q_{KOF} = \frac{m_{KOF}}{t_k} k_k = \frac{9}{0,5} 1,14 = 20,52 \frac{kg}{m} \quad (5.18)$$

Где следи да је укупна погонска маса покретних делова једнака:

$$q_e = q_T + q_{KOF} = 4,18 + 20,52 = 24,7 \frac{kg}{m} \approx 242,307 \frac{N}{m} \quad (5.19)$$

5.3 Претходни прорачун одређивања снаге мотора

Прво је потребно одредити отпор захватања терета пре рачунања снаге мотора.

$$W_z = q_{ter} \cdot g \cdot K_z \quad (5.20)$$

На основу обрасца (5.20) отпор захватања терета је:

$$W_z = q_{ter} \cdot g \cdot K_z = 7,4073 \cdot 9,81 \cdot 2,85 = 207,096 N \quad (5.21)$$

где је K_z – коефицијент захватања (табела 5. 8)

Табела 5.8 Коефицијент захватања материјала [8]

Врста терета	Тип транспортера									
	Тракасти и једноланчани					Дволанчани				
	За брзину кретања кофица									
	0,5	0,75	1	1,25	1,6	0,5	0,75	1,0	1,25	1,6
Прашинасти,прашкасти, зрнасти,ситнозрнасти	1,5	2	2	2,5	3	1	1,2	1,3	1,5	2
средње и крупно комадни	2,5	3	3	4	5	1,5	1,7	1,7	2,5	3

Снага електромотора потребног за елеватор се рачуна на основу обрасца.

$$P_o = \frac{1}{3600} Q_m \cdot H \cdot \left(1 + \frac{k_z}{H} \right) \quad (5.22)$$

На основу обрасца (5.22) вредност снаге биће:

$$P_o = \frac{1}{3600} Q_m \cdot H \cdot \left(1 + \frac{k_z}{H}\right) = \frac{1}{3600} 40 \cdot 18 \cdot 9,81 \left(1 + \frac{2,85}{18}\right) = 2,27265 kW \quad (5.23)$$

Обимна сила на погонском добошу се рачуна према следећем обрасцу [8].

$$F_b = \frac{P_o}{v} \quad (5.24)$$

На основу обрасца (5.24) добија се вредност силе:

$$F_b = \frac{P_o}{v} = \frac{2,27265 \cdot 10^3}{1,5} = 1515,1 N \quad (5.25)$$

Максимална сила на траци се рачуна према изразу.

$$F_t = F_b \frac{e^{\mu \alpha_r}}{e^{\mu \alpha_r} - 1} \quad (5.26)$$

На основу израза (5.26) вредност максималне силе је:

$$F_t = F_b \frac{e^{\mu \alpha_r}}{e^{\mu \alpha_r} - 1} = 1515,1 \frac{2,56}{2,55 - 1} = 2486,3179 N \quad (5.27)$$

где је: $e^{\mu \alpha_r}$ - фактор вуче (табела 5.9) μ - коефицијент пријањања траке и добоша (табела 5.9), $\alpha_r = \pi$, $e^{\mu \alpha_r} = 2,56$ (табела 5.9).

Табела 5.9 Фактор вуче и коефицијент пријањања [8]

Материјал спољне површине добоша		влажност околног ваздуха	коефицијент атхезије,пријањања, μ
ливено гвожђе,челик		веома влажан	0,1
		влажан	0,2
		суви	0,3
Дрво,гума(одложени добоши)		веома влажан	0,15
		влажан	0,25
		суви	0,4
Вредност коефицијентра пријањања између гумене траке и добоша			
0,1	1,37	0,25	2,18
0,12	1,46	0,3	2,56
0,15	1,6	0,35	3,01
0,2	1,87	0,4	3,51

Број уметака траке и њихова провера. Конструктивно је усвојен број уметака траке али је због сигурности потребно накнадно проверити његову вредност. Број уметака се рачуна по образцу.

$$z_r = \frac{F_t \cdot K}{B \cdot \sigma_m} \quad (5.28)$$

И на основу једначине (5.28) број уметака ће бити:

$$z_r = \frac{F_t \cdot K}{B \cdot \sigma_r} = \frac{2486,3179 \cdot 11}{500 \cdot 65} = 0,84152 \quad (5.29)$$

где је: $K = 11$ - степен сугурности

Из услова да је $z > z_r$ $3 > 0,84152$ види се да је прорачунати број слојева мањи од усвојеног што задовољава.

Пречник погонског добоша је рачуна преко једначине [8].

$$D_{p.d.} = 120 \cdot z \quad (5.30)$$

Одакле је вредност пречника и једначине (5.30):

$$D_{p.d.} = 120 \cdot z = 120 \cdot 3 = 360 \text{ mm} \quad (5.31)$$

Провера пречника погонског добоша се проверава из његовог услова о центруфугалном начину пуњења.

$$D_{p.d.} \leq 0,204 \cdot v^2 \quad (5.32)$$

Одакле се према изразу (5.32) добија вредност:

$$0,360 \leq 0,204 \cdot 1,5^2 \Rightarrow 0,360 \text{ m} \leq 0,459 \text{ m} \text{ где се види да пречник добоша задовољава.}$$

А такође је потребно проверити број уложака према пречнику добоша према обрасцу.

$$z \leq 10 \cdot D_{p.d.} \quad (5.33)$$

Где на основу обрасца (5.33) добијамо вредности услова:

$$3 \leq 10 \cdot 0,36 \Rightarrow 3 \leq 3,6 \text{ где и овај услов задовољава.}$$

Ширина добоша се рачуна према:

$$L_d = B + 100 = 500 + 100 = 600 \text{ mm} \quad (5.34)$$

Број обртаја погонског добоша добијамо према следећем обрасцу.

$$n_{p.d.} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{p.d.}} \quad (5.35)$$

Где следи да је број обртаја према (5.35) једнак:

$$n_{p.d.} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{p.d.}} = \frac{60 \cdot 1,5}{\pi \cdot 0,36} = 79,58 \text{ min}^{-1} \quad (5.36)$$

Потребно је проверити да је радијус добоша већи од растојања пола и преко услова. $r_d > h_p$

$$\text{где је: } r_d = \frac{D_{p.d.}}{2} = \frac{0,360}{2} = 0,180 \text{ m} \quad (5.37)$$

r_d - радијус добоша

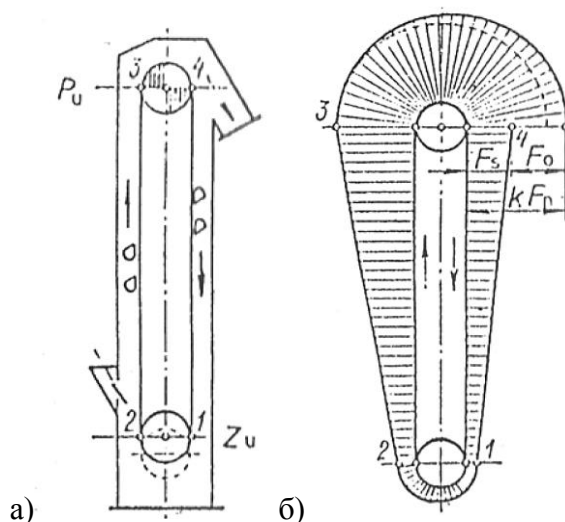
$$h_p = \frac{895}{n^2} = \frac{895}{79,58^2} = 0,141 \text{ m} \quad (5.38)$$

h_p - растојање пола

Одакле видимо да је услов задовољен $0,180 > 0,141 \Rightarrow r_d > h_p$

5.4 Прорачун снаге методом обиласка по контури

Приликом прорачуна снаге методом „претходног прорачуна“ добија се вредност снаге на излазу електромотора. Добијена вредност не представља стварну вредност снаге већ њену оријентациону вредности. Тачну вредност снаге једино се добија прорачуном снаге преко методе обиласка по контури елеватора, где је на слици 5.1 приказан изглед контуре са свим њеним специфичним позицијама и тачкама које је дефинишу [8].



Слика 5.1 Изглед елеватора а) његов шематски приказ, б) дијаграм сила затезања вучног уређаја траке [8]

Потребно је нумерисати карактеристичне тачке на затвореној контури транспортера. Полази се од тачке у којој је позната најмања вредност силе затезања. У овом случају та позиција је означена са бројем (1).

Затезање у тачки (1):

$$\text{Овде је } F_1 = F_{\min} \quad (5.39)$$

На основу обрасца (5.20) отпор захватања терета је:

$$W_z = q_{\text{тер}} \cdot g \cdot K_z = 7,4073 \cdot 9,81 \cdot 2,85 = 207,096 \text{ N} \quad (5.40)$$

где је K_z – коефицијент захватања (табела 5.8)

Затезање у тачки (2):

$$F_2 = K_p \cdot F_1 + W_z \quad (5.41)$$

где је: K_p - коефицијент повећања затезања вучног уређаја услед отпора на месту обртања за угао обухвата добоша вучним уређајем (или ланчанику); за $\alpha = 90^\circ$ је $K_p = 1,03 \dots 1,05$; за $\alpha = 180^\circ$ је $K_p = 1,05 \dots 1,07$ тако да је:

$$F_2 = 1,06 \cdot F_1 + 207,096 \text{ N} \quad (5.42)$$

За усвојених $K_p = 1,06$

Затезање у тачки (3):

$$F_3 = F_t = F_2 + (q_{ter} + q_e) \cdot g \cdot H \quad (5.43)$$

где је: F_t - сила на наилазној грани траке елеватора у тачки 3, N ;

$$q_{ter} - \text{Тежина терета по дужном метру } q_{ter} = 7,4073 \frac{kg}{m} \text{ (образац 5.3)}$$

$$q_e - \text{укупна погонска маса покретних делова } q_e = 24,7 \frac{kg}{m} \text{ (образац 2.16)}$$

тако да је:

$$F_3 = F_t = F_2 + (q_{ter} + q_e) \cdot g \cdot H = 1,06F_1 + 207,096 + (31,4) \cdot 9,81 \cdot 18 = 1,06F_1 + 5876,6N \quad (5.44)$$

Затезање у тачки (4):

$$F_4 = F_1 + q_e \cdot g \cdot H = F_1 + 24,7 \cdot 9,81 \cdot 18 = F_1 + 4361,526N \quad (5.45)$$

Код тракастог елеватора да не би наступило клизање траке према добошу треба да се обавезно испуни и услов:

$$F_3 \leq F_4 e^{\mu \alpha_r} = F_4 e^{0,1\pi} = 1,37F_4; \quad (5.46)$$

тако да је:

$$1,06F_1 + 5876,6 \leq 1,37(F_1 + 4361,526)$$

$$F_1 \geq -318,35N$$

Ако се узме у обзир услов

$$F_{\min} \approx F_b > 1000N \quad (5.47)$$

где је: F_b - вучна сила (обимна) на погонском добошу, N ;

Можемо усвојити минималну сили која ће бити:

$$F_1 = F_{\min} = 1500N \quad (5.48)$$

при томе је:

$$F_2 = 1,06 \cdot F_1 + 207,096 = 1,05 \cdot 1500 + 207,096 = 1797,096N \quad (5.49)$$

$$F_3 = 1,06F_1 + 5876,6 = 1,06 \cdot 1500 + 5876,6 = 7466,603N \quad (5.50)$$

$$F_4 = F_1 + 4361,526 = 1500 + 4361,526 = 5861,526N \quad (5.51)$$

Највеће затезање траке износи $F_3 = F_{\max} = F_t = 7466,603N$ што је већа вредност од претходно израчунате вредности $F_t = 2486,3179N$, скраћеним поступком.

Тачан број потребних уметака према изразу износи:

$$z \geq \frac{F_t}{K_r \cdot B \cdot K_0} = \frac{7466,603}{7 \cdot 500 \cdot 0,9} = 2,37 < 3 \quad (5.52)$$

Вучна сила на погонском добошу одређује се као:

$$F_b = K_p \cdot F_3 - F_4 = 1,06 \cdot 7466,603 - 5861,526 = 2053,07318N \quad (5.53)$$

Снага на погонском вратилу електромотора одређује се према образцу [8].

$$P_0 = \frac{F_b \cdot v}{10^3} \quad (5.54)$$

где се према образцу (5.53) вредност снаге бити:

$$P_0 = \frac{F_b \cdot v}{10^3} = \frac{2053,07318 \cdot 1,5}{10^3} = 3,0796kW \quad (5.55)$$

Потребна снага електромотора износи.

$$P_r = \frac{K_s \cdot P_0}{\eta} \quad (5.56)$$

где су: K_s - степен сигурности $K_s = 1,1 \dots 1,35$

η - степен корисног дејства од електромотора до погоњеног вратила елеватора.

За усвојено $\eta = 0,96$; $K_s = 1,15$ према образцу (5.56) следи да ће вредност снаге бити:

$$P_r = \frac{K_s \cdot P_0}{\eta} = \frac{1,15 \cdot 3,0796}{0,96} = 3,689N \quad (5.57)$$

Потребан број обртаја на погонском добошу према прорачуну се рачуна:

$$n_{p.d.} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{p.d.}} \quad (5.58)$$

где према образцу (5.58) број обртаја биће:

$$n_{p.d.} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{p.d.}} = \frac{60 \cdot 1,5}{\pi \cdot 0,36} = 79,58 \text{ min}^{-1} \quad (5.59)$$

Из каталога произвођача „SEW” – Немачка, усваја се електромотор са конично – завојним и цилиндрично косим редуктором ознаке K 67 DV 112M4, снаге $P = 4kW$, са бројем обртаја на радуктору $n_{red} = 81 \text{ min}^{-1}$, преносним односом редуктора $i_{red} = 17,54$, масе склопа редуктора и електромотора $m = 64kg$, моментом на излазном вратилу редуктора $M_{red} = 470Nm$, највећем дозвољеном оптерећењу $F_{max} = 12500N$ при претходно наведеном моменту, максималном моменту на излазу редуктора $M_{max} = 740Nm$ [12].

Број обртаја погонског добоша на основу усвојеног електромотора је једнак са бројем обртаја на излзном вратилу и износи:

$$n_{p.d.em.} = n_{red} = 81 \text{ min}^{-1} \quad (5.60)$$

Док је број обртаја електромотора [8].

$$n_{em.} = i_{red.} \cdot n_{p.d.} = 17,54 \cdot 470 = 1400 \text{ min}^{-1} \quad (5.61)$$

Пошто постоје одступања код бројева обртаја између прорачунате вредности потребно је извршити проверу бројева обртаја погонског добоша и одступања

$$\text{према обрасцу: } \Delta n = \frac{|n_{p.d.} - n_{p.d.em.}|}{n_{p.d.}} \cdot 100\% \quad (5.62)$$

где на основу обрасца (5.62) грешка бројева обртаја (исто важи за преносни однос)

$$\text{износи: } \Delta n = \frac{|n_{p.d.} - n_{p.d.em.}|}{n_{p.d.}} \cdot 100\% = \frac{|79,58 - 81|}{79,58} \cdot 100\% = 1,78 < 4\% \quad (5.63)$$

Пошто је грешка мања од 4%, провера задовољава и може се усвојити одабрани уређај.

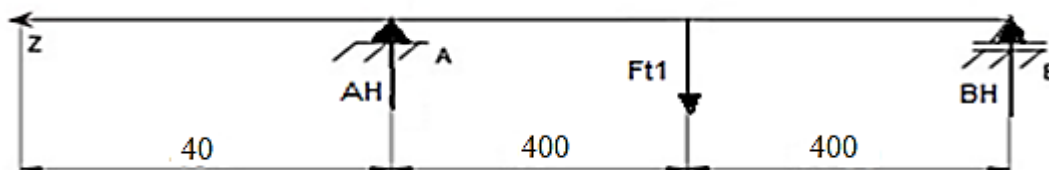
5.5 Прорачун вратила

Прво је потребно на основу претходно израчунатих вредности сила које утичу на саму конструкцију нацртати шему оптерећења вратила да би се на основу ње одредиле остале димензије вратила. На слици 5.2 је приказана шема истог [10].

Обимна сила на погонском добошу на основу усвојеног електромотра биће:

$$F_b = \frac{P \cdot \eta_s}{v} = \frac{4 \cdot 0,98 \cdot 10^3}{1,5} = 2613,13N \quad (5.63)$$

где је: η_s - степен корисног дејства спојнице $\eta_s = 0,98$



Слика 5.2 Шема сила које делују у хоризонталној равни [10]

Напомена. У вертикалној равни вредности радијалних и аксијалних сила су минималне и приближно једнаке нули, тако да немају утицај на прорачун вратила.

Отпори ослонаца у хоризонталној равни

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow F_{t1} \cdot 400 - B_H \cdot 400 = 0 \quad (5.64)$$

$$B_H = \frac{F_{t1} \cdot 400}{800} = \frac{2615,13 \cdot 400}{800} = 1306,565N \quad (5.65)$$

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow F_{t1} \cdot 400 - A_H \cdot 800 = 0 \quad (5.66)$$

$$A_H = \frac{F_{t1} \cdot 400}{800} = \frac{2615,13 \cdot 400}{800} = 1306,565N \quad (5.67)$$

$$\text{Провера: } \sum F_i^H = 0 \Rightarrow A_H + B_H - F_{t1} = 0 \quad (5.68)$$

$$1306,565 + 1306,565 - 2615,13 = 0$$

$$0 = 0$$

Резултујући отпори ослонаца

$$F_A = A_H = 1306,565N$$

$$F_B = B_H = 1306,565N$$

Моменти савијања у хоризонталној равни

$$M_{AH} = 0$$

$$M_{H1} = A_H \cdot 400 = B_H \cdot 400 = 1306,565 \cdot 400 = 522626Nmm$$

$$M_{BH} = 0$$

Резултујући момент савијања

$$M_A = M_{AH} = 0$$

$$M_1 = M_{H1} = 522626Nmm$$

$$M_B = M_{BH} = 0$$

Моменти увијања

$$T_S = 470000Nmm$$

$$T_A = 470000Nmm$$

$$T_1 = 470000Nmm$$

$$T_B = 0$$

Димензионисање вратила

материјал вратила

Усвајамо материјал вратила Č 4130 (челик за побољшање) са карактеристикама:

Увојна издржљивост: $\tau_{D(0)} = (250 \div 500) MPa \Rightarrow \tau_{D(0)} = 400 MPa$

Савојна издржљивост: $\sigma_{D(-1)} = (360 \div 450) MPa \Rightarrow \sigma_{D(-1)} = 400 MPa$

Затезна чврстоћа: $R_m = (700 \div 850) MPa$

Степен сигурости

Степен сигурности се бира из интервала

$$S = 1,5 \div 2,5 \Rightarrow S = 2$$

Фактор **K** и дозвољени напон

На основу (табеле 5.10) усваја се вредности фактора **K** за одређене случајеве, док се дозвољени напон рачуна према:

$$\sigma_{doz} = \frac{\sigma_{D(-1)}}{K \cdot S}. \quad (5.69)$$

У (табели 5.10) се налазе усвојене вредности фактора **K** и дозвољеног напона [10].

Табела 5.10 Вредност усвојеног **K** фактора и дозвољеног напона [10]

Место	K фактор	σ_{doz}, MPa
S	2,3	86,95
A	2,3	86,95
1	2,2	90,9
B	2,3	86,95

Еквивалентни момент

се рачуна према обрасцу :
$$M_i = \sqrt{M^2 + \left(\frac{\sigma_{D(-1)} K_A T_t}{\tau_{D(0)}} \right)^2}, Nmm \quad (5.70)$$

Док су његове вредности приказане у (табели 5.11).

Табела 5.11 Вредност еквивалентног момента [10]

Место	M, Nmm	T _t , Nmm	M _i , Nmm
S	0	470000	286406,25
A	0	470000	286406,25
1	522626	470000	595958,45
B	0	0	286406,25

где је: K_A - фактор радних услова, K_A = 1,25

Идеални пречници вратила

Идеални пречници вратила се рачунају према обрасцу:
$$d_i = \sqrt[3]{\frac{32M_i}{\pi\sigma_{doz}}}, mm \quad (5.71)$$

Где на основу образаца (5.71) добија се вредности пречника у (табели 5.12).

Табела 5.12 Вредност идеалних пречника [10]

Mesto	M _i , Nmm	σ _{doz} , MPa	d _i , mm
S	286406,25	86,95	32,25
A	286406,25	86,95	32,25
1	595958,45	90,9	40,57
B	286406,25	86,95	32,25

Рачунски и стандардни пречници вратила

Вредост ових пречника дата је у (табели 5.13) као и начин њиховог израчунавања.

Табела 5.13 Вредност стандардних пречника [10]

Mesto	d _i , mm	t, mm	d _{vr} =d _i +t, mm	d _{st} , mm
S	32,25	4,1	36,35	40
A	32,25	4,1	36,35	42
1	40,57	4,7	45,27	48
B	32,25	4,7	36,35	42

Провера пречника вратила

Провера пречника вратила се обавља преко прорачуна следећих образаца (5.72 до 5.76) по поступку како су они поређани, а добијени резултати се налазе у (табела 5.14) [10].

$$d_{vr} = d_{st} - t, mm \quad (5.72)$$

$$W = \frac{\pi(d_{vr})^3}{32}, mm^3 \quad (5.73)$$

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W}, mm^3 \quad (5.74)$$

$$\sigma_{i\max} = \sigma_i \cdot K, Mpa \quad (5.75)$$

$$S = \frac{\sigma_{D(-1)}}{\sigma_{i\max}} \geq S_{usv} \quad (5.76)$$

Табела 5.14 Резултати провере пречника вратила [10]

Mesto	d_{st}, mm	t, mm	d_{vr}, mm	M_i, Nmm	W, mm^3	σ_i, Mpa	K	$\sigma_{i\max}, Mpa$	S_{us}	S
S	40	4,9	35,1	286406,25	4245,42	67,46	2,3	155,158	2	2,5
A	42	4,9	37,1	286406,25	5013,27	57,12	2,3	131,376	2	2,9
1	48	5,5	42,5	595958,45	7536,44	79,09	2,2	173,96	2	2,24
B	42	4,9	37,1	286406,25	5013,27	57,12	2,3	131,376	2	2,9

где је: W, mm^3 – отпорни момент пресека,

σ_i, mm^3 - напон на савијање,

$\sigma_{i\max}, Mpa$ - максимални напон на савијање,

S_{usv} - усвојени степен сигурности,

S - добијени степен сигурности.

Избор лежаја вратила

На основу пречника вратила елеватора на местима где је потребно усвојити лежајеве са улежиштењима и на основу каталога лежајева усваја се радијално – аксијални ваљчасти лежај са следећим карактеристикама [13] :

$d = 40mm$ - пречник вратила,

$A = 60mm$ - ширина лежишта,

$H = 114mm$ - висина лежишта,

$H_1 = 60mm$ - висина до осе,

$L = 205mm$ - дужина лежишта,

$C = 98,5kN$ - динамичка моћ ношења,

$C_0 = 90kN$ - статичка моћ ношења,

$n_{\max} = 1900 min^{-1}$ - максимални број обртаја.

Пошто постоји потреба да се приликом самог прорачуна уместо траке користи ланчани пренос у (табелама 5.15 и 5.16) се налазе оне које дефинишу тип кофице и врсту ланца који би се користили при прорачуну. Сам поступак прорачуна остаје исти.

Табела 5.15 Избор карактеристика ланчаника елеватора [8]

Положај кофице на ланцу	Корак кофице	Корак ланца	Бр. зуба пог. ланчаника	Бр. зуба затезног ланчаника
Растављене	200	100	13	10
	320	160	8	6
	400	100	16	13
		200	8	6
	500	125	16	10
		250	6	6
	630	315	6	6
	800	200	12	10
		400	6	6
Састављене	160	160	8	6
	200	200	8	6
	250	250	12	12
	320	160	16	12
		320	8	6
	400	200	12	12
		400	6	6

Табела 5.16 Карактеристике и избор кофица на основу улазних параметара [8]

Тип елеватора	Ширина кофице B(mm)	Корак кофице tk(mm)	Број ланаца		Брзина кофице (mm/s)	Капацитет трансп. (m3/h)	
			ламелни	заварени			
LD-100	100	200	1	—	1,00-2,00	3,2	
125	125	320		2		1,25-2,50	4,0
160	160						5,0
200	200	10,0					
250	250	16					
320	320	500			25		
400	400			40			
500	500			63			
650	650	630	—		100		
LP-100	100	200	1	—	1,00-2,00	1,6	
125	125	320		2		1,25-2,50	2,0
160	160						3,2
200	200	5					
250	250	10					
320	320	500			16		
400	400			25			
500	500			40			
650	650	630	—		63		
LO-160	160	160	1	—	0,40-0,63	6,3	
200	200	200				10	
250	250					16	
320	320					25	
400	400	320				40	
LZ-320	320	250	2			40	
400	400	320				63	
500	500	400				100	
650	650	500				160	
800	800	630				250	
1000	1000		320				

6 Моделирање елеватора

Моделирање се дефинише као комплетно представљање неког објекта или система визуалним путем. Познато је још као и геометријско моделирање. Оно претвара улазне податке геометријског објекта или система у рачунарску базу података и приказује слику објекта или система на графичком екрану у 2D или 3D простору. Постоје разне врсте цртежа потребне у различитим областима инжењерства и науке. У области машинства, цртеж машинских делова се користи на доста начина, све како би се олакшала употреба машинског дела, као и његова израда, склапање, ремонтовање...

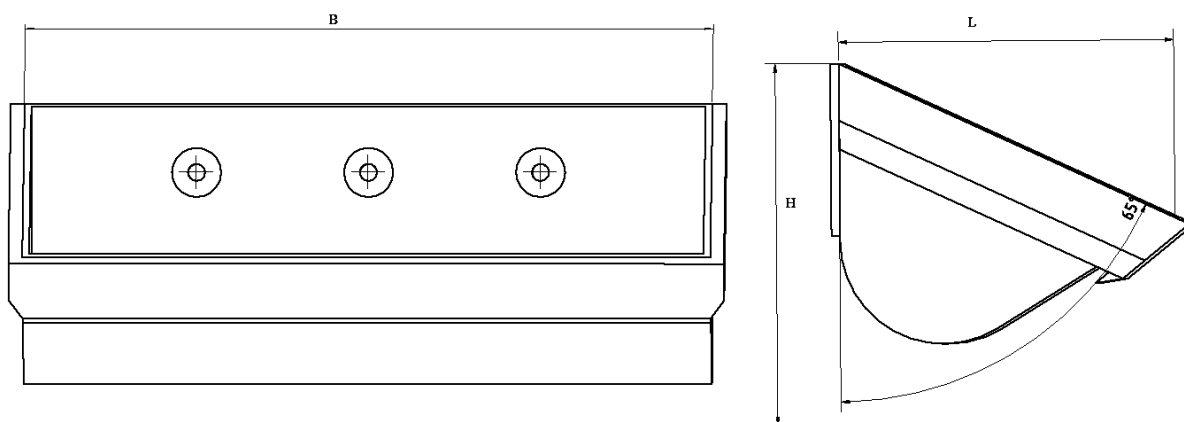
Употреба CAD софтвера омогућава велики низ погодности самом конструктору да може:

- направи концепт своје идеје
- веома лако измени дизајн
- направи анимацију
- изврши прорачун
- користи боје и разне естетске функције како би што боље приказао идеју.

6.1 Делови кофичастог елеватора

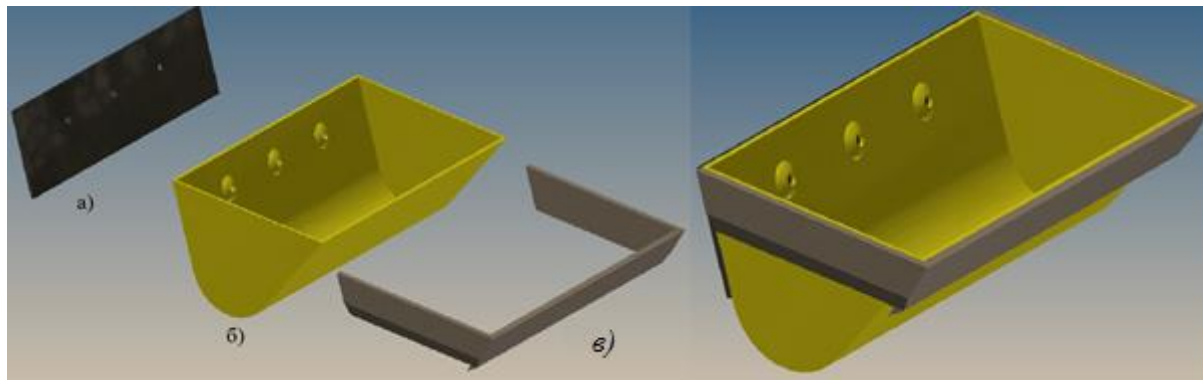
6.1.1 Кофица

У раду је усвојен тип „дубоке кофице“ који је усвојен због врсте материјала који се преноси (житарица) и начина транспорта, и пражњења материјала (центрифуглним пражњењем). На основу габарита кофице елеватора $B = 400mm$, $L = 195mm$, $H = 210mm$ које се могу видети на слици 6.1, може се направити модел као на слици 6.2. Сви димензије су преузете из одговарућих табела а цртежи и модели су дело самог аутора овог рада.



Слика 6.1 Изглед модела у 2D пројекцији са габаритним мерама

Модел који је приказан на слици 6.2 представља, подсклоп кофице са њеним основним елементима које се састоји од: заштитне гуме, кофице и додатног ојачања кофице. Кофица је израђена од конструкционог челика C0545 док је материјал од којег је израђено ојачање челик за побољшање C4130 .

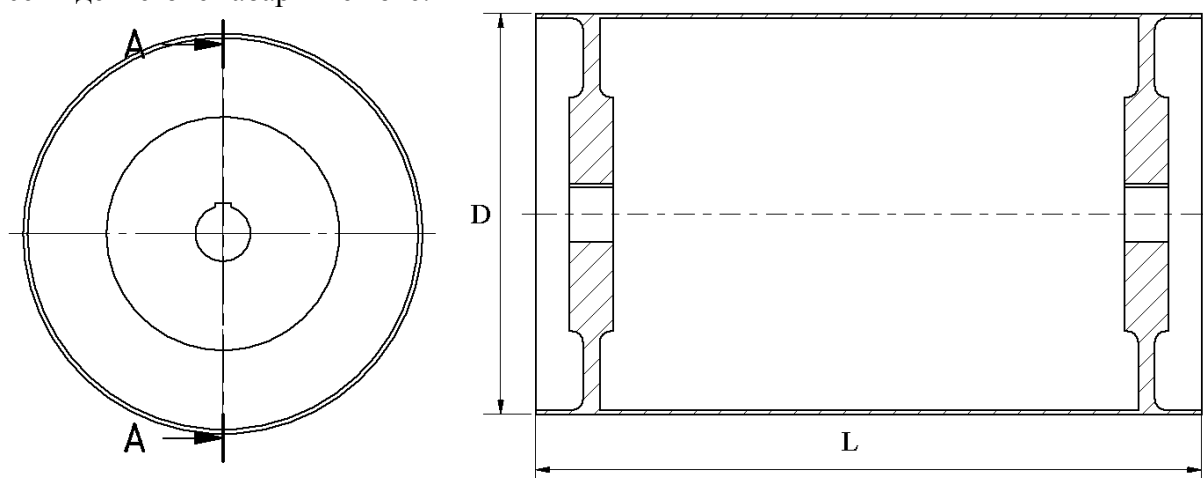


Слика 6.2 Изглед склопа кофице са деловима: а) заштитна гума, б) кофица, в) ојачање кофице и изглед склопљеног модела

Ојачање кофице се спаја са кофицом методом заваривања по ивицама и местима на којима је то означено. Након заваривања такав склоп се спаја са заштитном гумом која се налази између кофице и траке елеватора. Њена улога је да штити траку елеватора од оштећења које би јој кофица могла проузроковати. Кофице се преко одговарајућих специјална завртњева $M12$ спајају са траком. Укупна тежина самог склопа износи 7.94kg где је маса кофице 5.37kg , маса ојачања 2.35kg и маса заштитне гуме 0.185kg . Дебљина зида кофице је 4mm , која је усвојена на основу каталога.

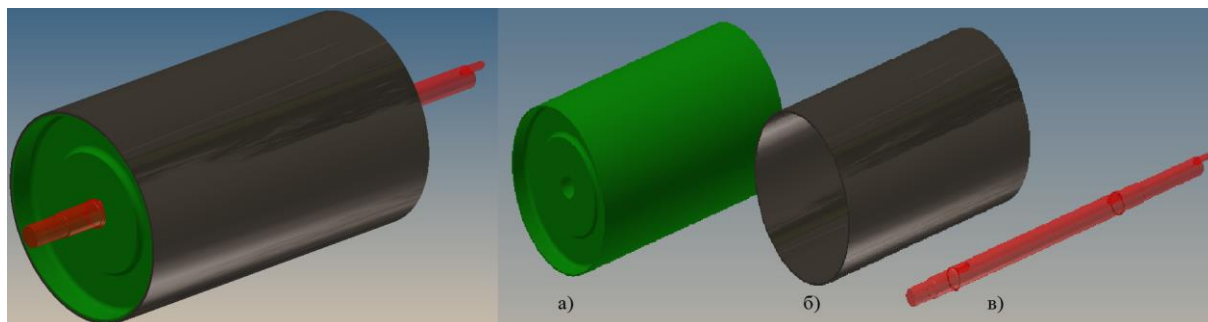
6.1.2 Добош

Код елеватора постоје две врсте добоша, погонски и гоњени. Погонски добош се налази у горњем делу елеватора где се преко вратила и спојнице повезује преко погонског електромотора. На слици 6.3, приказан је изглед добоша у 2D пројекцији где се виде његове габаритне коте.



Слика 6.3 Изглед погонског и гоњеног добоша са габаритним мерама

Димензије погонског и гоњеног добоша имају исте вредности а оне су: $D = 360\text{mm}$, $L = 500\text{mm}$ где је дебљина зида добоша 4mm . Материјал од којег су направљени добоши је конструкциони челик Ѓ0645 . Преко добоша се налази трака која повезује погонски и повратни добош, па је тиме улога добоша да пренесе траку на којој се налазе кофице са материјалом. На слици 6.4, се налази изглед подсклопа добоша са вратилом.

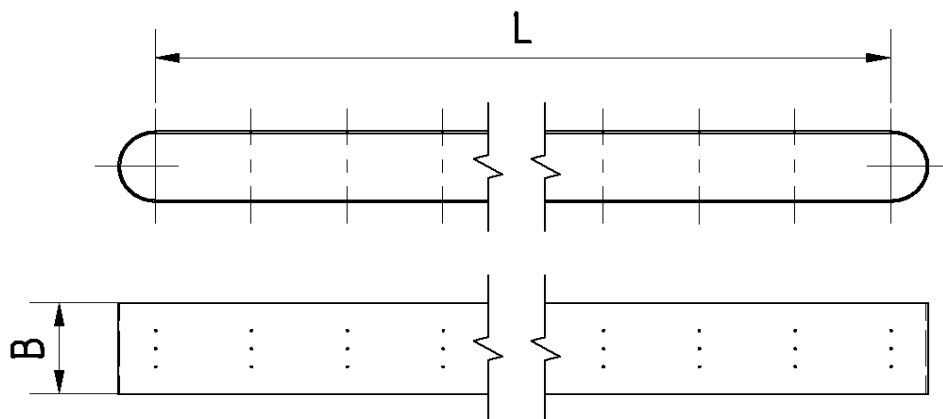


Слика 6.4 Изглед подсклопа добоша са деловима: а) добошом, б) заштитном превлаком, в) подсклопом вратила

На слици 6.4, може се видети подсклоп погонског добоша састављен од добоша преко којег се пресвлачи заштитна пресвлака од гуме. Помоћу ње се добош штити од нежељених утицаја удара и оштећења а самим тим се повећава коефицијент трења између добоша и траке која је потребна при раду. Маса целог подсклопа износи $72,86\text{ kg}$, где је маса добоша $57,14\text{ kg}$, маса заштитне гуме $3,19\text{ kg}$, маса вратила $12,153\text{ kg}$.

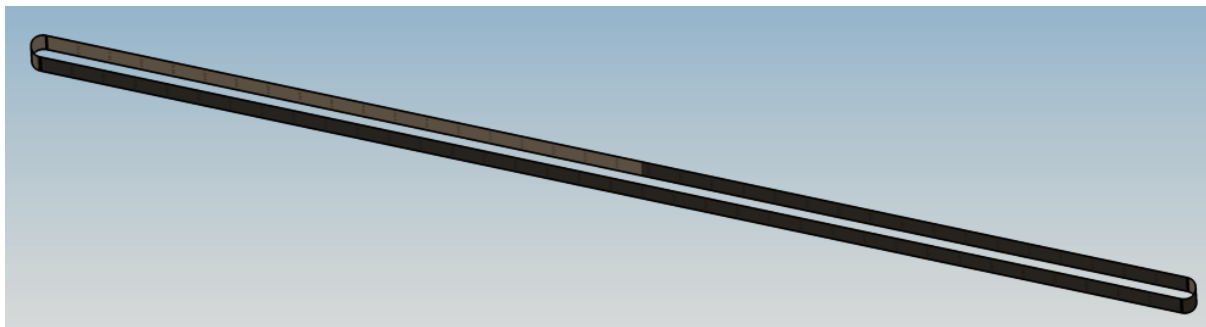
6.1.3 Трака

Трака елеватора представља вучни уређај који спаја погонски и гоњени добош. Угљвном је направљена од гуме са неколико вучних слојева влакана који се налазе по средини попречног пресека саме траке. Трака има са горње стране заштитни слој а са доње нерадни део. На слици 6.5, се види њена пројекција у 2D простору са габаритним котама.



Слика 6.5 Приказ траке са њеним габаритним мерама

На слици 6.5, се види приказ траке са њеним габаритним котама где је ширина траке B а висина елеватора L а њихове вредности су $B = 500mm, L = 18000mm = 18m$. Такође се на траци виде отвори који се налазе на одговарајућем растојању, где кроз њих пролазе специјални завртњеве који спајају траку и кофице. На слици 6.6, је приказан изглед траке у простору.

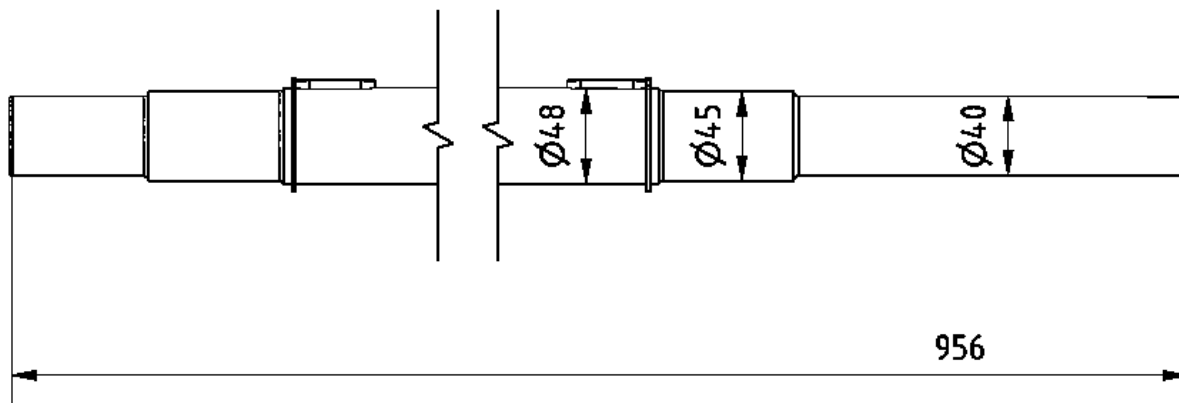


Слика 6.6 Приказ траке елеватора у простору

Дебљина траке је задата прорачуном и износи $10,45mm$. Маса траке израђене од гуме износи $180,57 kg$. Трака се након одмотавања поставља на позицију и спаја се крај са почетком путем специјалне стеге која се причвршћује завртњевима да би могла да пренесе оптерећење. Трака се након тога наноси на погонски и повратни добош па се преко затезног уређаја причвршћује и затеже.

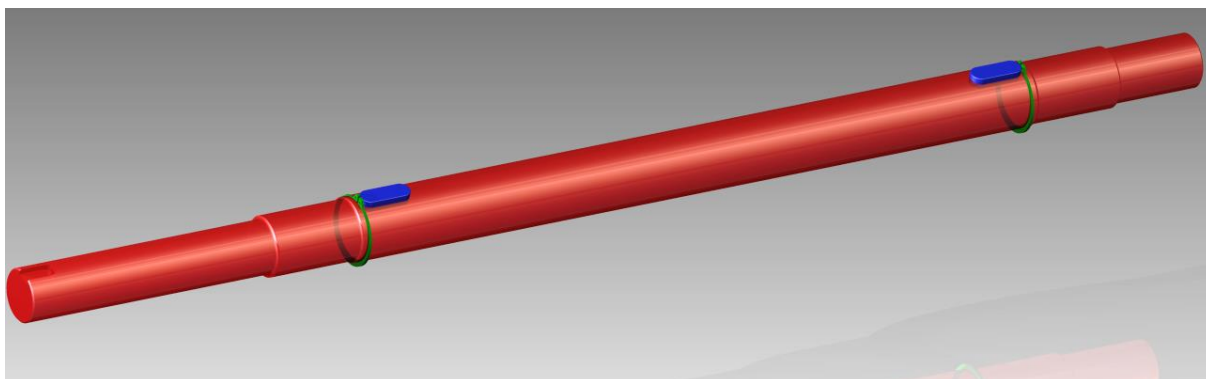
6.1.4 Вратило

Вратило представља део елеватора који служи да би пренео оптерећење од електромотора до погонског добоша. Вратило се преко клинова спаја са добошем и спојницом, а зегеров прстен држи вратило у аксијалном положају. На слици 6.7 се види 2D приказ вратила са својим габаритима. За материјал вратила је узет челик за побољшање $\check{S} 4130$, пошто је велика снага на улазу а такође и због велике обимне силе на добошу која је потребна да би елеватор могао да пренесе оптерећење тј. да подигне кофице са материјалом.



Слика 6.7 Изглед погонског вратила у 2D пресеку са габаритним мерама

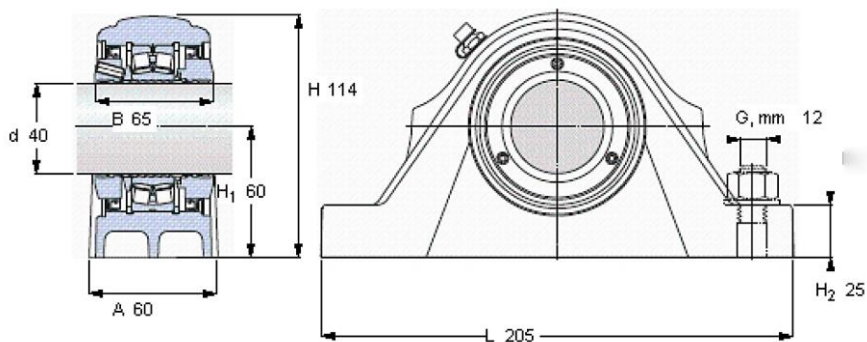
Као што је претходно речено маса вратила је $12,153\text{ kg}$, док је маса повратног вратила мања због мање дужине вратила и износи $10,84\text{ kg}$. На слици 6.8, приказан је изглед вратила у простору.



Слика 6.8 Приказ погонског вратила у простору

6.1.5 Лежај са улежиштењем

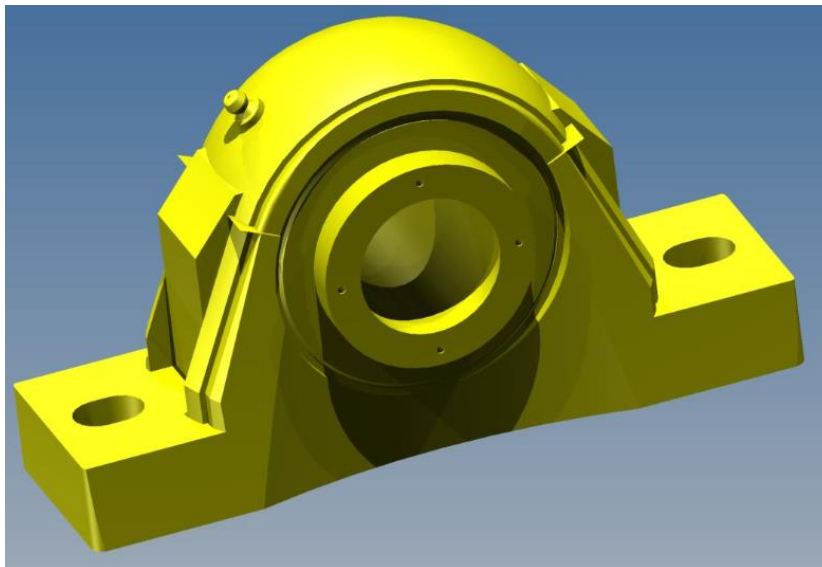
Пошто је оптерећење које трпи добош и цео систем велико, у овом случају је усвојен лежај које уместо куглица има ваљке који преносе знатно већа оптерећења од кугличних лежаја. Усвоја се радијал – аксијални лежај чија је динамичка моћ ношења $98,5\text{ kN}$. Лежиште се налажи на одговарајућим ослонцима преко којих је причвршћено одговарајућим завртњевима. Такође му се и обезбеђује аксијални ослонац ка вратилу. На слици 6.9, је приказан лежишта у 2D приказу где се виде габаритне мере [13].



Слика 6.9 Дијаграм лежишта са габаритним мерама [13]

На основу слике 6.9 види се да лежиште има габаритне мере, дужину лежишта $L = 205\text{ mm}$, висину лежишта $H = 114\text{ mm}$, ширину лежишта $A = 60\text{ mm}$. Маса лежишта са свим његовим компонентама износи $2,43\text{ kg}$. Лежиште се поставља код гоњеног добоша на затезном уређају који је подесиво по вертикали, док је код погонског добоша фиксирано за кућиште на којем се налази погонски добош. Кућиште лежишта је направљено од ливеног гвожђа док је рукавац направљен од фино обрађене, ојачане легуре.

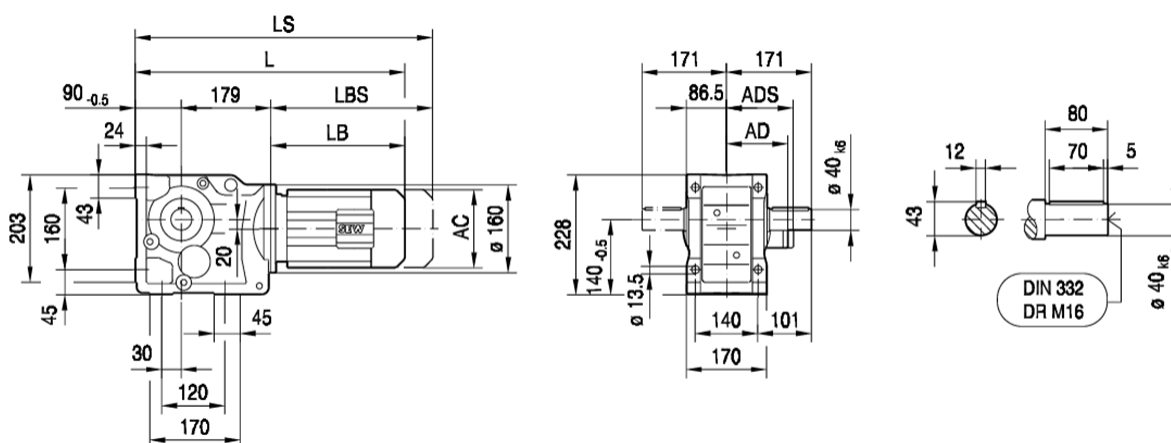
На слици 6.10, може се видети изглед модела лежаја са кућиштем фирме „SKF“ из чијег каталога је преузет лежај и сам модел.



Слика 6.10 Изглед модела лежаја са улежиштењем у простору [13]

6.1.6 Електромотор са редуктором

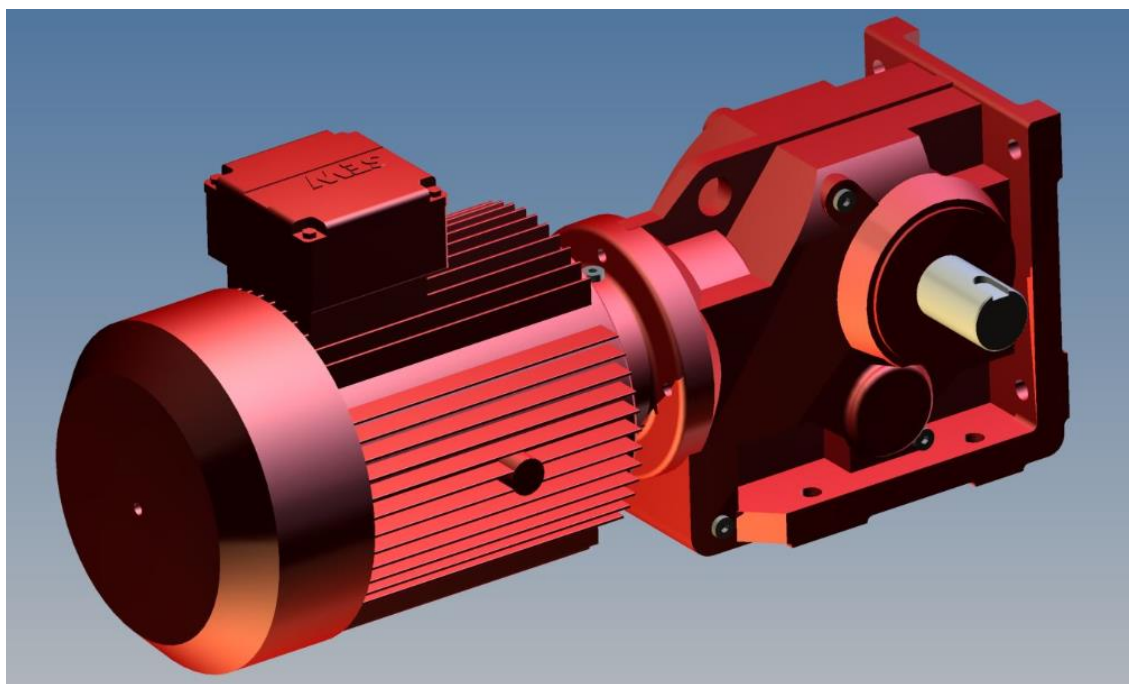
На основу вредности броја обртаја који је потребан да би се задовољила жељена брзина и вредности снаге која треба да се задовољи, врши се усвајање и бира се електромотор. Његова функција је да произведе одговарајућу снагу преко које ће да се врши погон осталих елемената елеватора и самим тим он представља погонски уређај. Због специфичности излазних параметара бројева обртаја које треба усагласити са системом уређаја изабран је електромотор – редуктор произвођача „SEW“ који се може видети на слици 6.12, док се на слици 6.11 могу видети габаритне мере [12].



Слика 6.11 Приказ габаритних мера мотор – редуктора где је:

$AC = 132mm$, $AD = 105mm$, $ADS = 105mm$, $L = 454mm$, $LS = 509mm$, $LB = 185mm$, $LBS = 240mm$ [12]

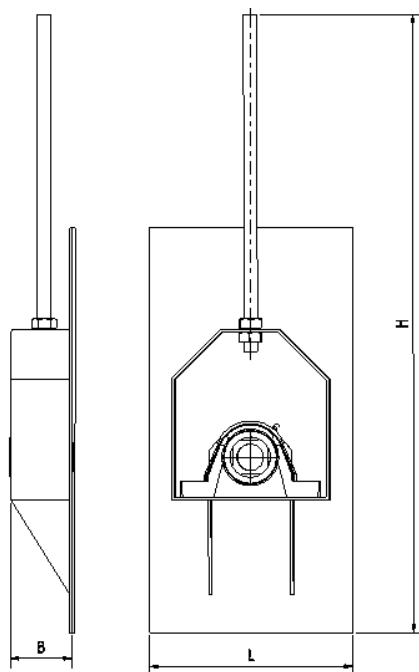
Карактеристике самог мотор - редуктора су дате у прорачуну где се могу видети његове најосновније карактеристике, док су остале које су битне приказане на слици 6.11, где се виде габаритне мере које су битне за монтажу и постављање на одговарајуће постоље да би се на основу тога одабрало постоље које ће да задовољи критеријуме издржљивости и да буде постојано при разним ударима и оптерећењима. На горњем делу налази се кућиште до којег долази погонски кабал. Препорука је да ради на собној температури али нека максимална вредност температуре до које би смео да ради је 75°C. Након тога би требало да се заустави рад док се електромотор не охлади. Због своје једноставне конструкције не постоји неко специјално одржавање осим замена лежајева на 15000 радних часова и повремена њихова контрола.



Слика 6.12 Модел мотор – редуктора у простору произвођача „SEW“ [12]

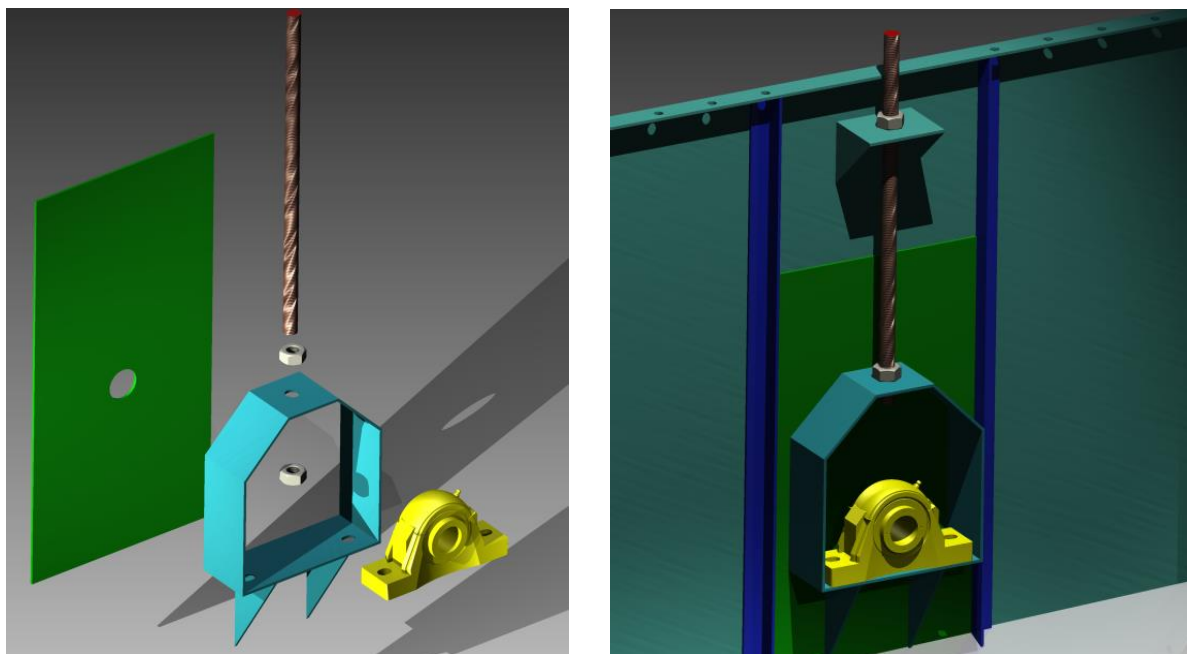
6.1.7 Затезни уређај

Као што му и сам назив каже, затезни уређај има улогу да затегне траку елеватора, а самим тим обезбеди одговарајуће трење између површине добоша и површине траке која належе на добош. У супротном ако би трака била лабава у односу на добош, дошло би до клизања траке по добошу тако да елеватор не би радио континуално и дошло би убрзо до преоптерећења и до могућих оштећења. Код овог елеватора уређај за затезање се налази на повратном добошу који је вертикално подесив преко њега. Сам затезни уређај се налази причвршћен за бочну страну доњег постоља. На слици 6.13, се види приказ пројекције затезног уређаја са његовим габаритним мерама. Направљен је од конструкционог челика С0545 а састоји се од плоче и кућишта које су заварени једно за друго док се на кућишту налази навртка М18 преко које се елеватор подешава по вертикали приказаних на слици 6.14.



Слика 6.13 Пројекција затезног уређаја са габаритним мерама и то: ширина $B = 100\text{mm}$, висина $H = 950\text{mm}$, дужина $L = 300\text{mm}$.

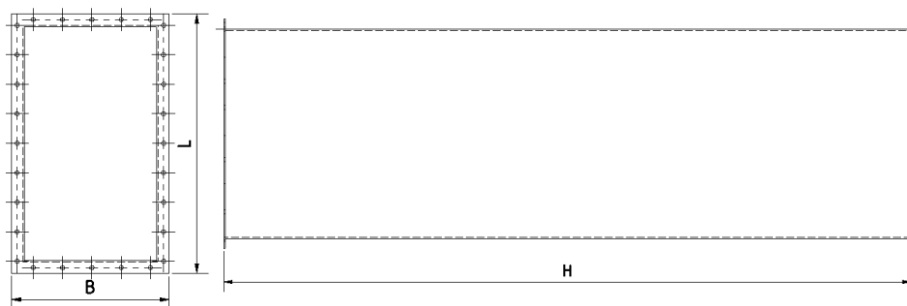
На слици 6.14, може се видети раздвојен подсклоп затетног уређаја на најосновније делове, као и изглед затезног уређаја монтираног на елеватору у простору.



Слика 6.14 Изглед растављеног затезног уређаја и његов склоп монтиран на постољу доњег кућишта

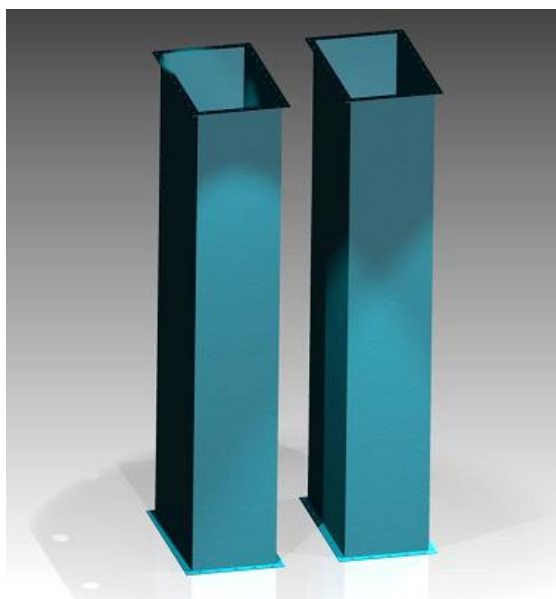
6.1.8 Нога елеватора

Такозвана нога профила или међупрофил, има улогу да споји горњу и доњу главу елеватора односно њихове подсклопове. Њена улога је и да држи елеватор стабилним како не би дошло до отказа због хаварије нанете утицајем спољашње средине на елеватор (ветар, киша, снег, и др.). Дебљина зида елеватора је $2mm$. Конструктивно је усвојена дужина самог профила и у овом случају износи $2m$, мада по препоруци висина не би требало да буде већа од $3m$, јер би сама конструкција била мање постојана и више подложна увијању и извијању. На слици 6.15, могу се видети габаритне мере једне секције ноге елеватора.



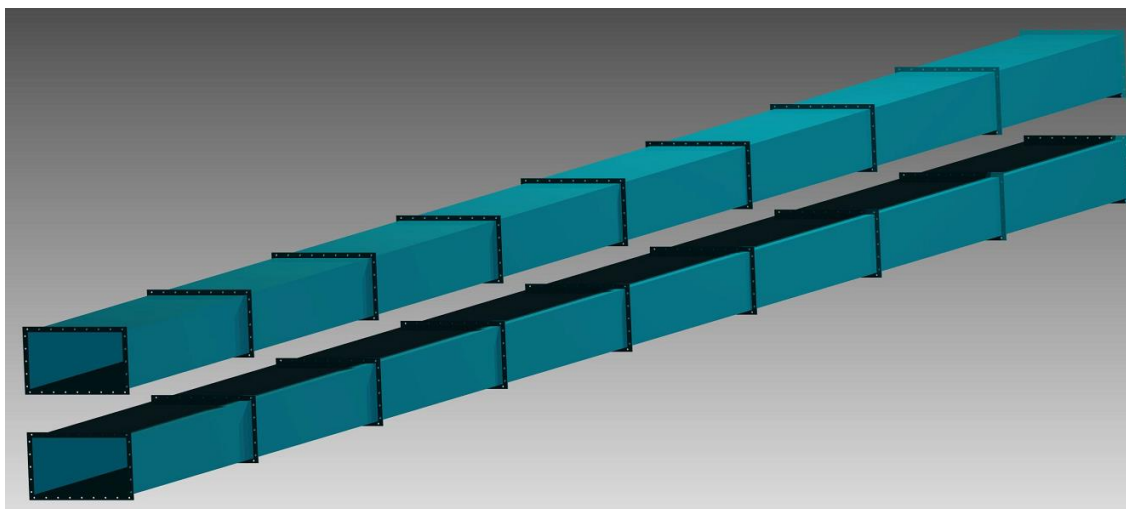
Слика 6.15 Пројекција ноге елеватора у 2D простору са габаритима: висином $H = 2000mm$, дужином $L = 688mm$ и ширином $B = 418mm$

Маса ноге једне секције где их има две износи 130 kg , док је маса целокупног подсклопа ногица којих укупна има 16 подељених у два реда износи 1040 kg . Материјал од којих су направљене је конструкциони челик ознаке Č0545 . Ове ноге се причвршћују међусобно завртњевима а такође су њима причвешћени погонску и повратну главу елеватора. На слици 6.16, може се видети модел секције ноге елеватора.



Слика 6.16 Модел секције ногице елеватора

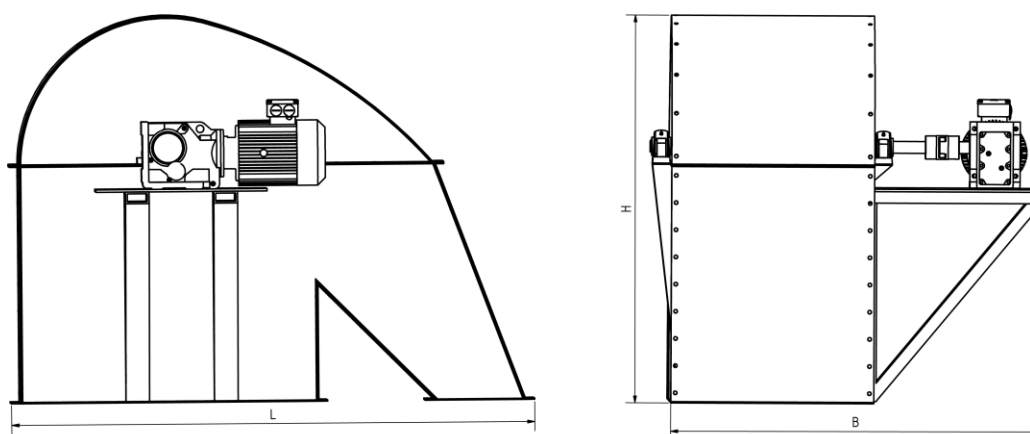
Кроз обе ноге пролази трака са кофицама и то у једној грани подиже кофице пуне терета, док у другој их враћа празне. На слици 6.17, може се видети приказ у простору целог склопа ногица.



Слика 6.17 Склоп ногица у простору

6.1.9 Погонска глава елеватора

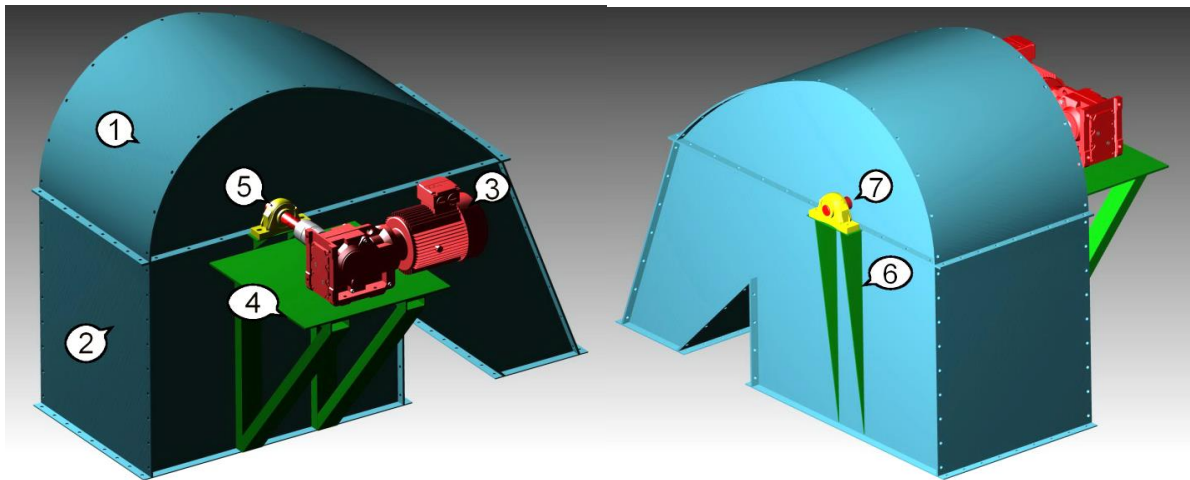
Погонска глава елеватора представља горњи део елеватора чија је улога да врши истовар материјала на одређено место тј на одређену висину у овом случају. Састоји се од неколико мањих подсклопова којих чине: електромотор са редуктором, подсклоп вратила са добошом, држач мотор – редуктора, држачи лежишта, подсклоп доњег и горњег дела самог кућишта. Сви ови елементи се спајају М10 завртњевима како би се осигурали њихова статичка веза и сигурност. На слици 6.18, је приказана 2D пројекција са габаритним мерама погонске главе.



Слика 6.18 Пројекција погонске главе са габаритним мерама: дужина $L = 1750\text{mm}$, висина $H = 1400\text{mm}$, ширина $B = 1300\text{mm}$

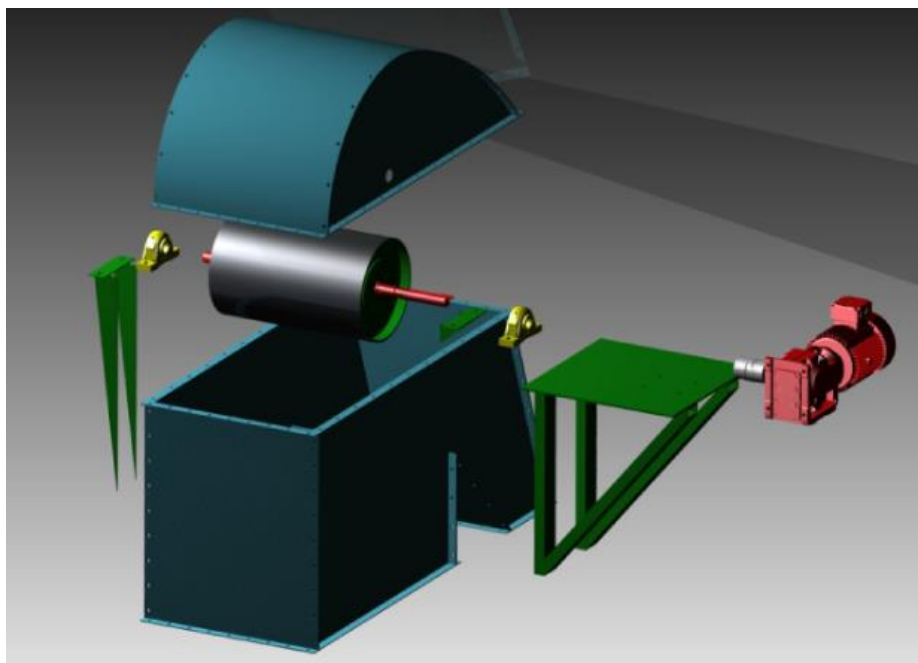
Маса целокупне горње главе износи 360 kg а елементи који чине само кућиште, горњи и доњи подсклоп, носачи лежишта и мотора и редуктора су направљени од

конструкционог челика Š0545. На слици 6.19, је приказан изглед погонске главе у простору са свим својим елементима.



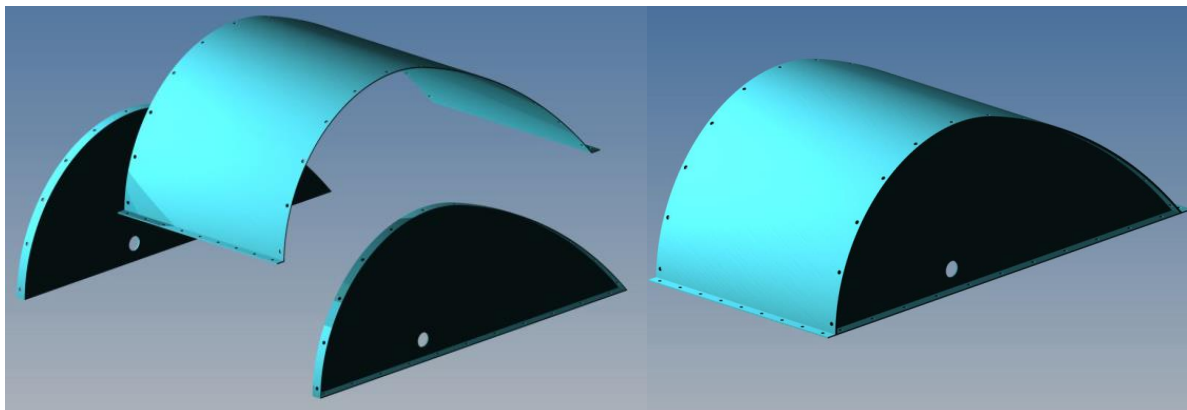
Слика 6.19 Модел Погонске главе елеватора у простору са основним деловима:
1) горњи подсклоп, 2) доњи подсклоп, 3) електромотор са редуктором, 4) носач електромотора и редуктора, 5) лежиште, 6) носач лежишта, 7) подсклоп вратила са добошем

Пошто је цео склоп састављен од доста подсклопова и делова потребно их је све раставити како би се јасније видели сви скривени делови склопа и како да се монтирају што је приказано на слици 6.20.

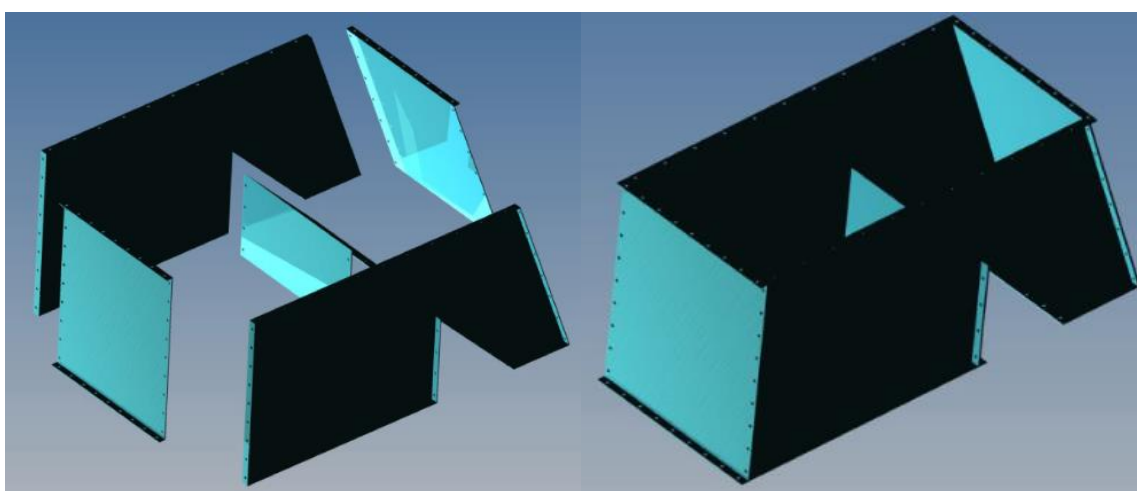


Слика 6.20 Пројекција растављене погонске главе у простору

Пошто је труп погонске главе направљен од два подсклопа, потребно је сваки од њих раставити на основне елементе што ће бити приказано на сликама 6.21 и 6.22.



Слика 6.21 Изглед растављеног (лево) и састављеног горњег подсклопа (десно)



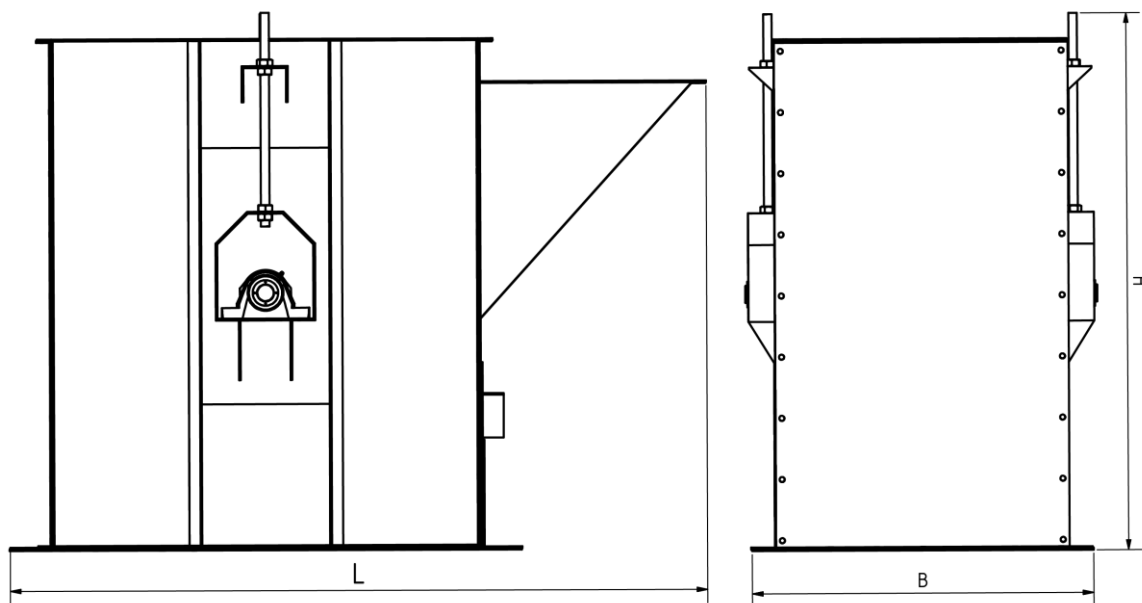
Слика 6.22 Изглед растављеног (лево) и састављеног доњег подсклопа (десно)

6.1.10 Повратна глава елеватора

Улога повратне главе елеватора је да врши врши утовар материјала односно да прими материјал у кофице не би ли се он даље подигао и транспортовао на одређену висину. Састоји се од неколико мањих подсклопова којих чине: подсклоп кућишта, подсклоп подизача. Сви ови елементи се спајају М10 завртњевима како би се осигурали њихова статичка веза и сигурност. На слици 6.23, је приказана 2D пројекција са габаритним мерама погонске главе.

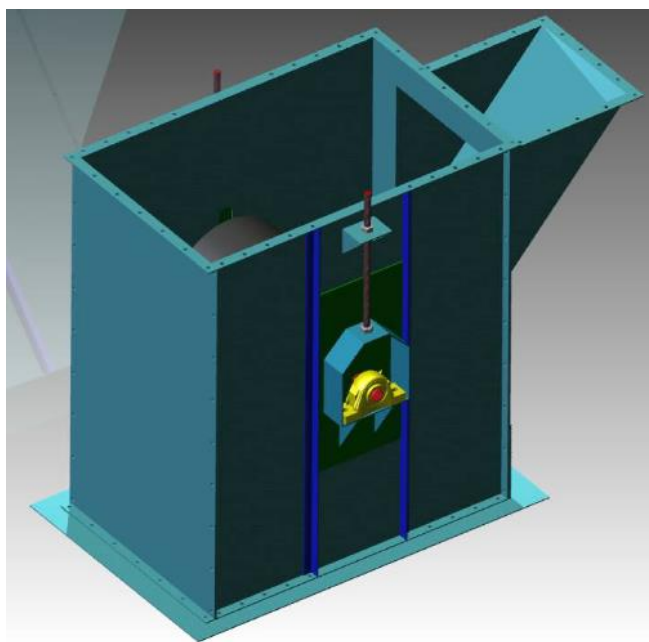
Маса целокупне доње главе износи 240 kg а елементи који чине сам подсклоп кућишта, подсклоп подизач са носачима лежишта, подсклоп гоњеног добоша са вратилом направљени су од конструкционог челика Š0545.

Доње кућиште поред утовара има улогу и да држи комплетну конструкцију елеватора јер је све постављено на њој и оно треба да издржи целокупно оптерећење које се јавља.



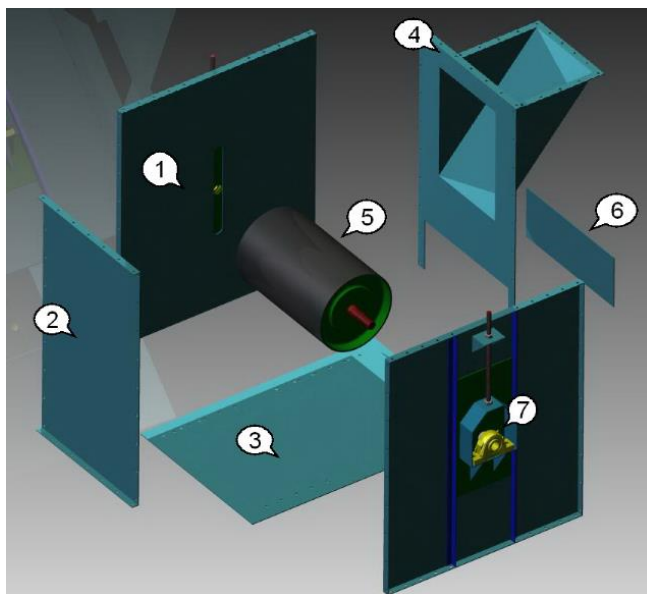
Слика 6.23 Пројекција повратне главе са габаритним мерама: дужина $L = 1965\text{mm}$, висина $H = 1400\text{mm}$, ширина $B = 800\text{mm}$

На слици 6.24, је приказан изглед повратне главе у простору са свим својим елементима.



Слика 6.24 Изглед повратне главе у простору

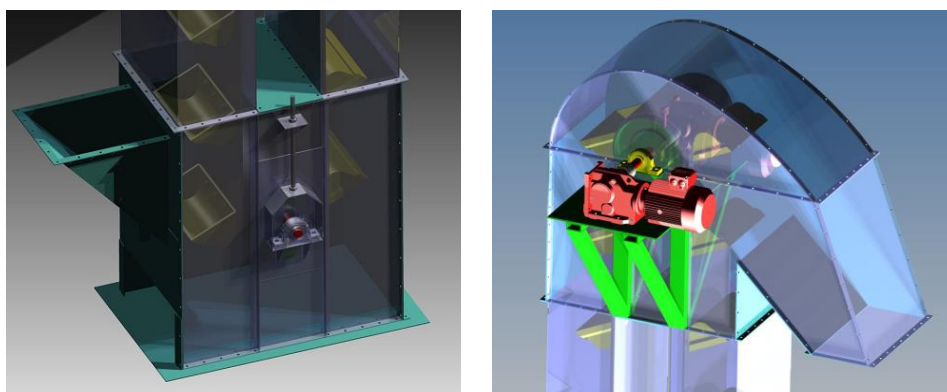
Пошто је цео склоп састављен од доста подсклопова и делова потребно их је све раставити како би се јасније видело од чека се састоји склоп и како да се монтира што је приказано на слици 6.25.



Слика 6.25 Модел Погонске главе елеватора у простору са основним деловима: 1) подсклоп бочне стране и затезнох уређаја, 2) задња страна елеватора, 3) постоље, 4) утоварни део, 5) подсклоп погонског добоша, 6) подизач, 7) подсклоп затезног уређаја

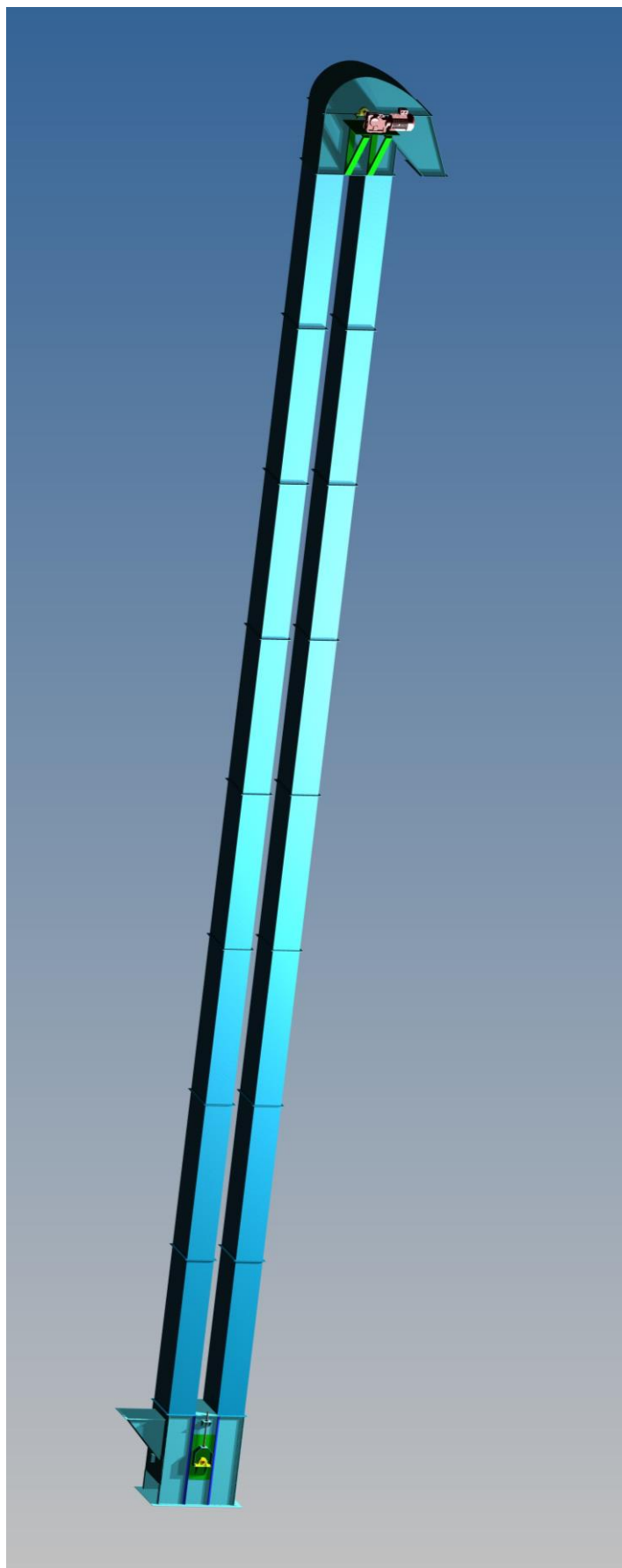
6.1.11 Модел склопа елеватора

Након одрађених модела погонске и повратне главе елеватора, затезног уређаја, добоша, вртила, лежишта, траке, кофице, и свих осталих елемената било ситних или крупних, следеће што је потребно урадити је сложити, односно спаковати све то у једну целину и добити комплетан склоп елеватора. Након формирања оваквог модела потребно је прописати техничку документацију за сваки део појединачно, подсклопове и склопове уређаја као и самог елеватора. А такође је и потребно прописати услове рада елеватора како не би дошло до преоптерећења и хаварије машине. На слици 6.26, се може видети модел погонске и гоњене главе са а такође и њихови скривени делови.

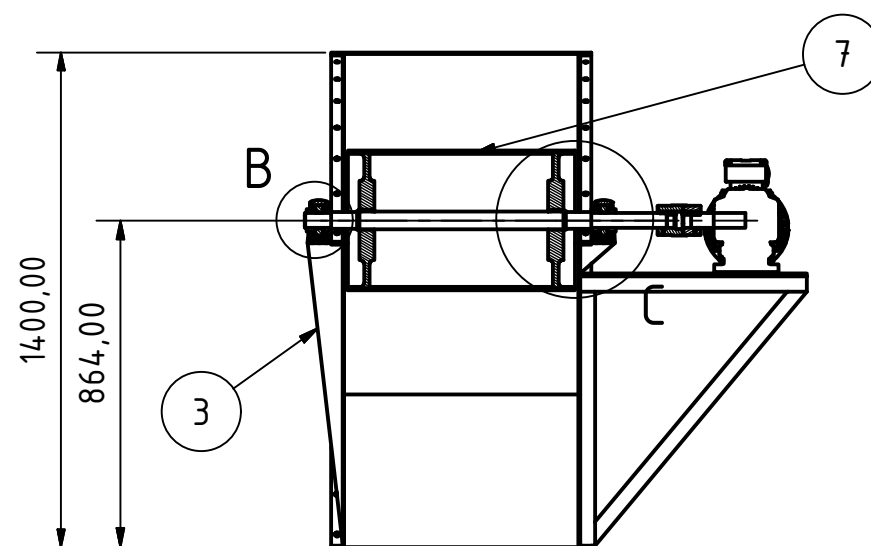
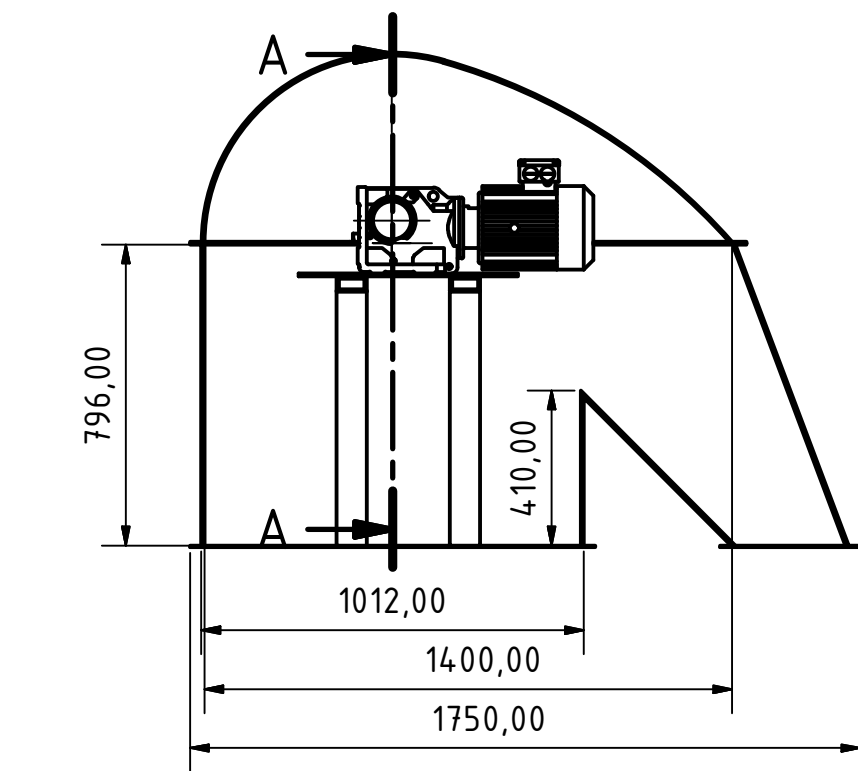


Слика 6.26 Изглед погонске(десно) и гоњене(лево) главе са скривеним детаљима

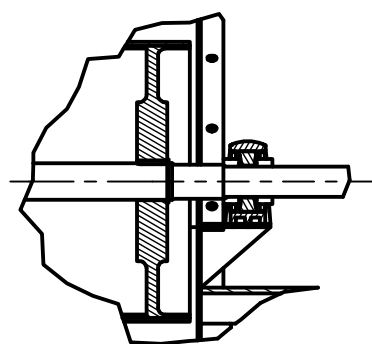
На слици 6.27, је приказан изглед комплетног склопа елеватора са свим својим деловима и подсклоповима, док се у наставку налази техничка документација склопа елеватора као и погонске и повратне главе.



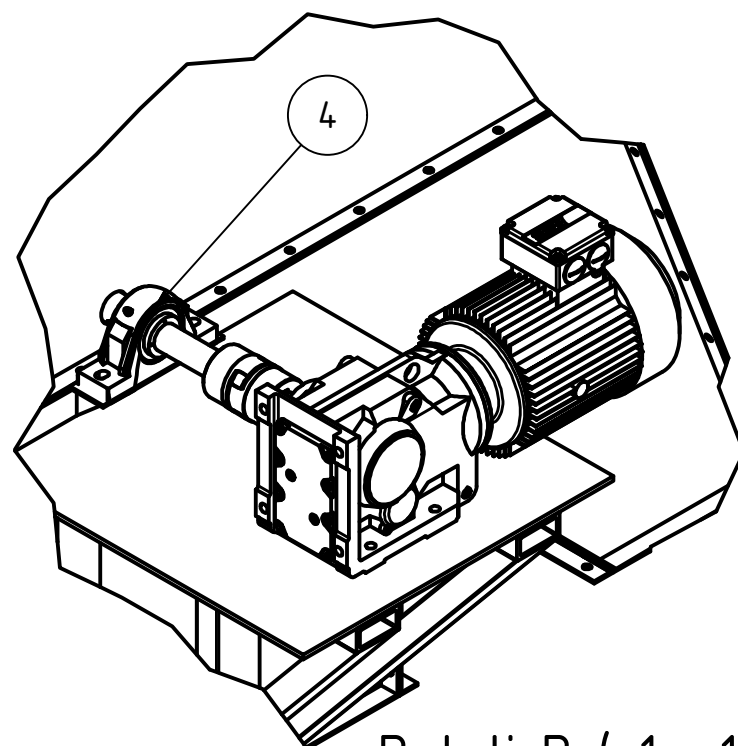
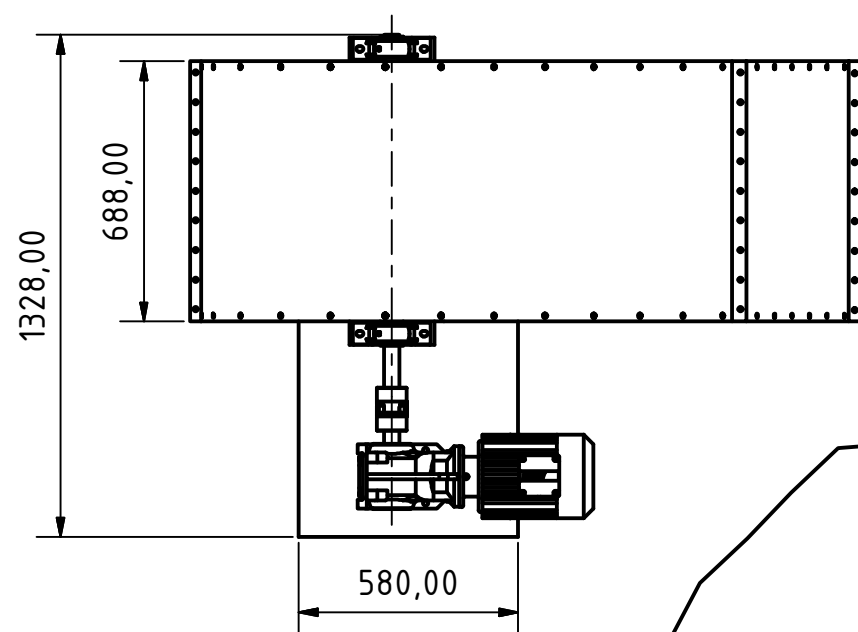
Слика 6.27 Изглед склопа елеватора



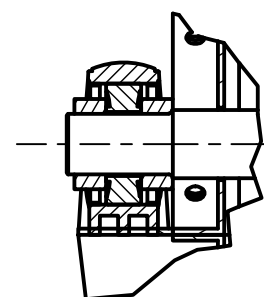
Presek A-A



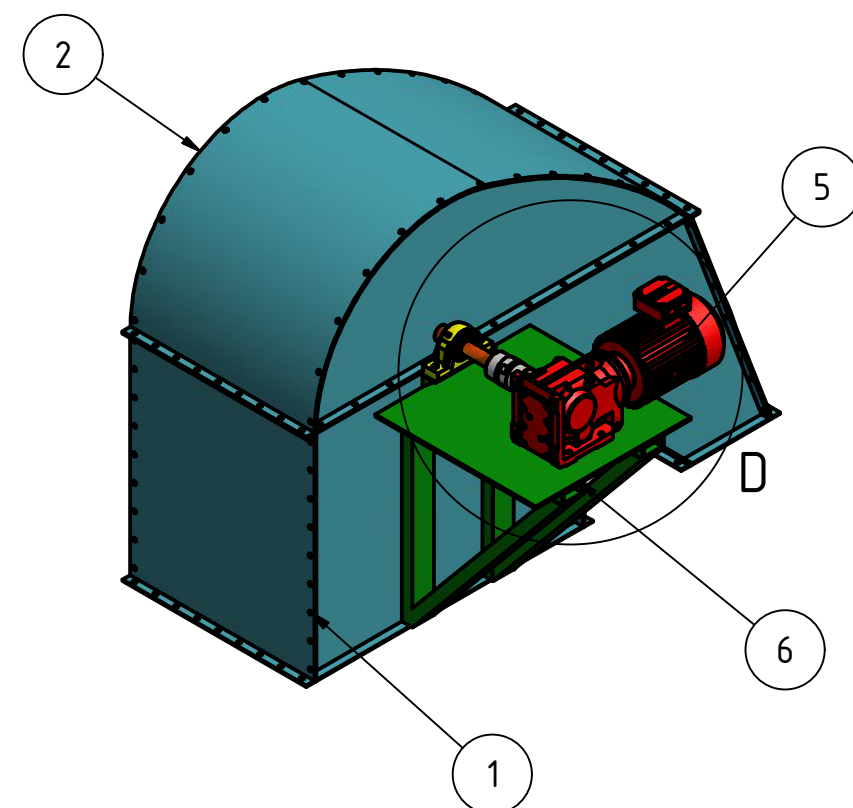
Detalj C (1 : 10)



Detalj D (1 : 10)

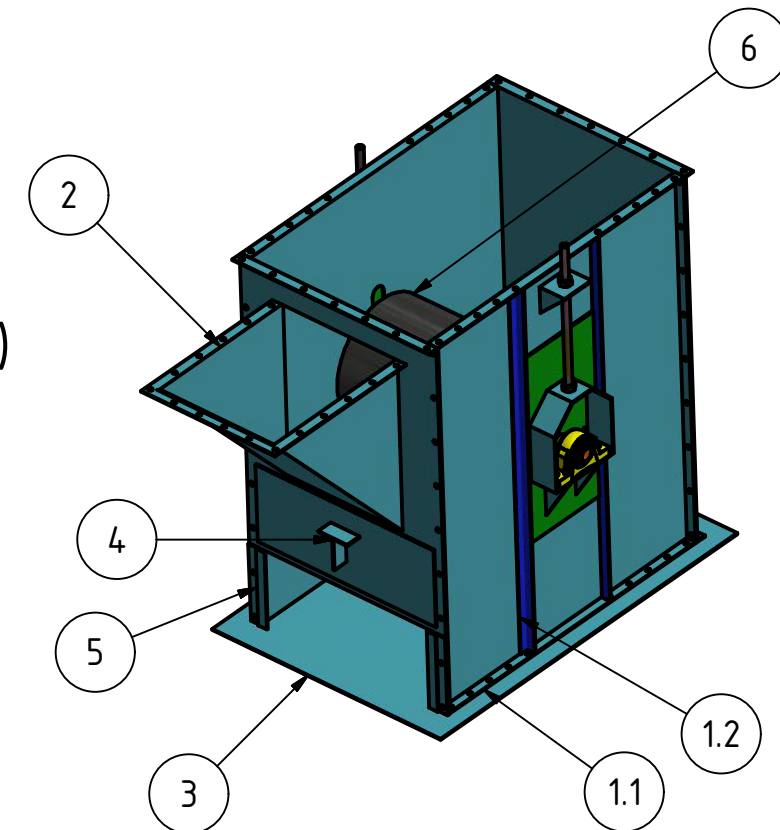
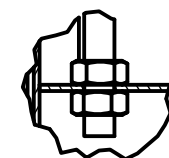
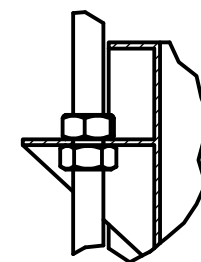
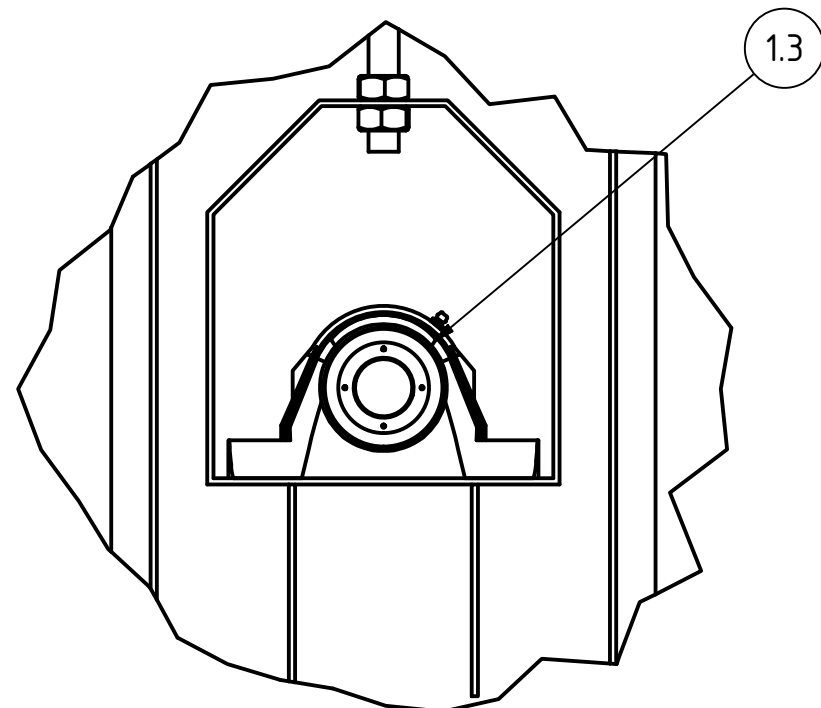
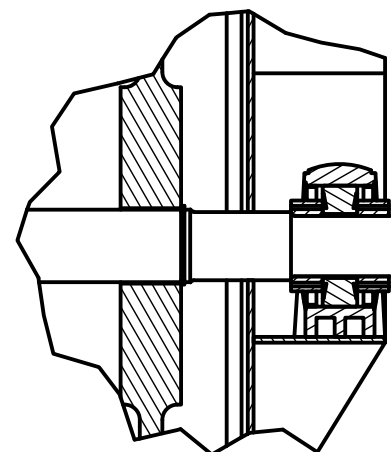
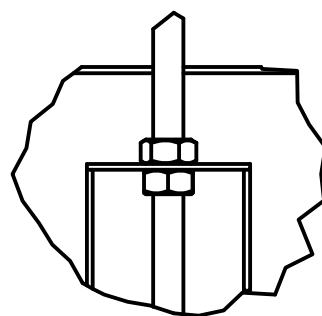
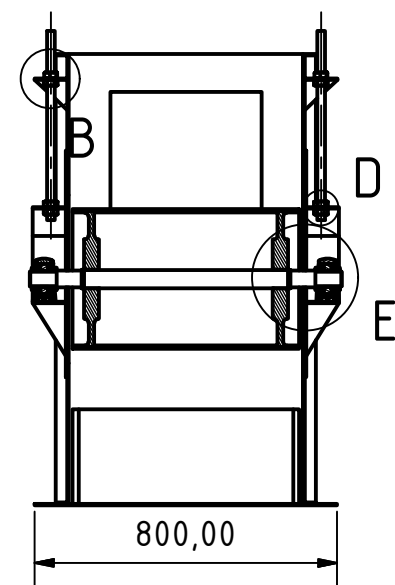
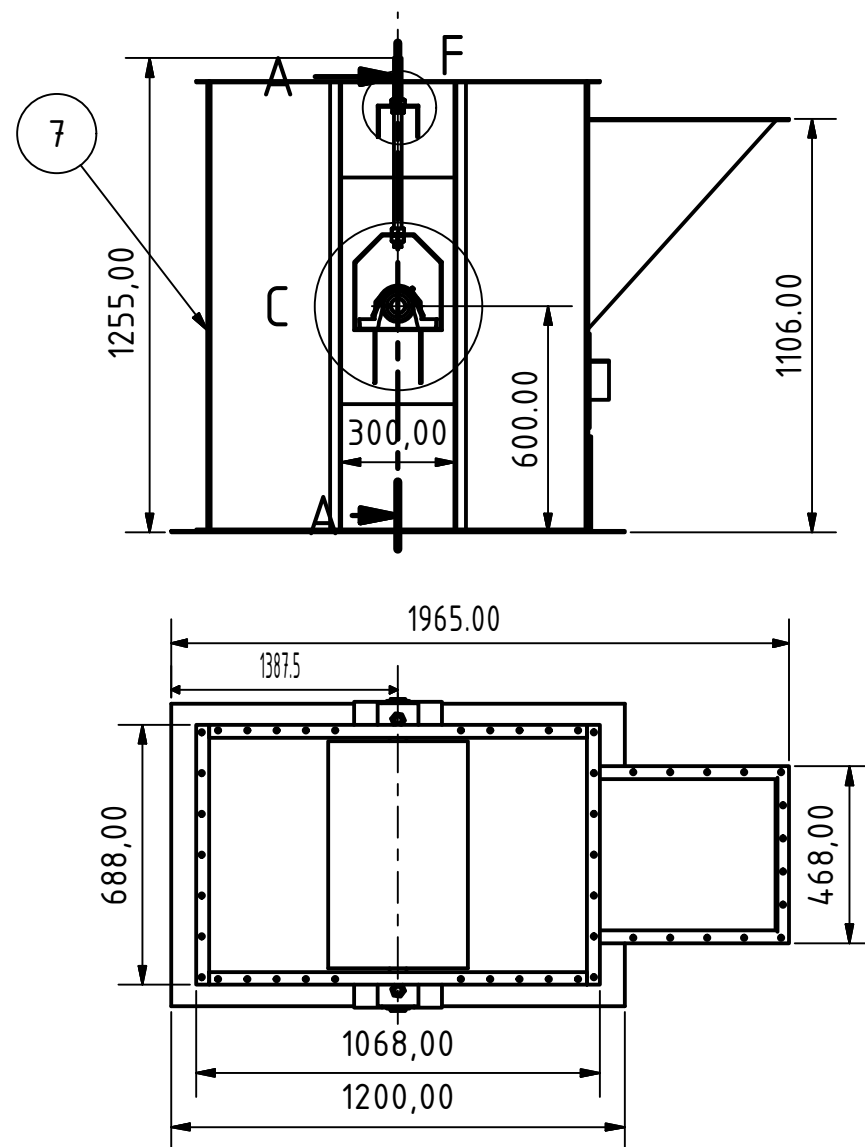


Detalj B

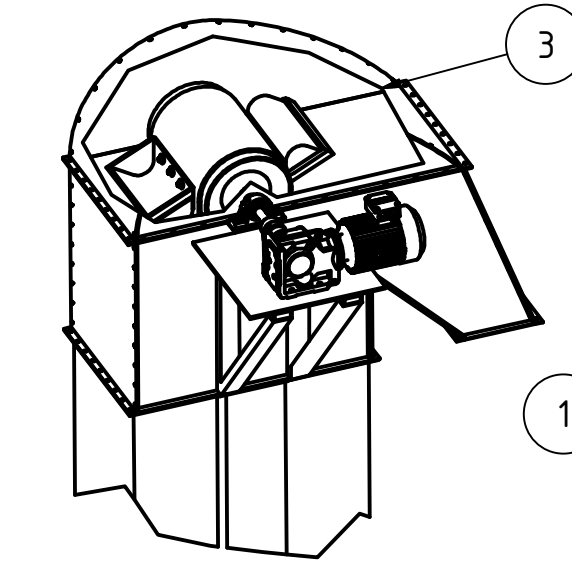
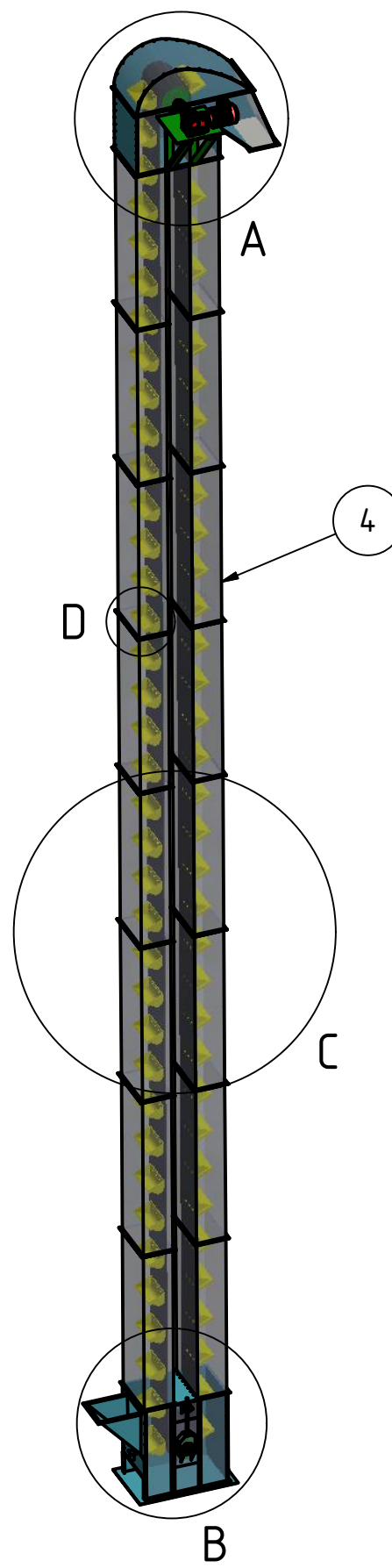
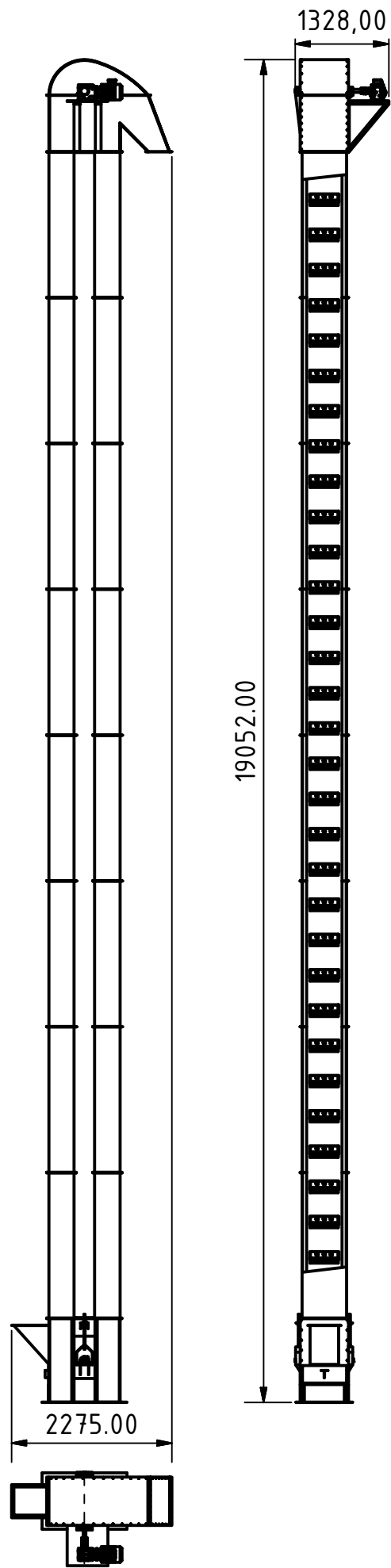


7	1	Podsklop dobosa	956x360	Č0645	72.86 kg
6	1	Nosac elektromotora i reduktora	580x600x720	Č0545	50.582 kg
5	1	Elektromotor sa reduktorom	454x170x228	Č0545	64 kg
4	2	Leziste vratila	205x60x114	Č0545	2.43 kg
3	2	Nosac neopterećenog lezista	225x62.5x800	Č0545	3.2 kg
2	1	Gornji podsklop kucista	1400x604x688	Č0545	45.709 kg
1	1	Donji podsklop kucista	1750x864x688	Č0545	115.378 kg
Poz.	Kol.	Naziv	Dimenzije	Materijal	Masa

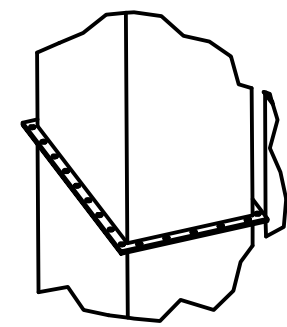
Dimenzije: 1750x1328x1400		Masa: 360 kg	Materijal:	Termička obrada:	Razmera: 1:20
				Površinska zaštita:	
			Datum	Ime	Pogonska glava elevatora
			Crtao	30.8.2015.	
			Overio		
			Standard		
			Fakultet inženjerskih nauka Kragujevac		EV-01
St. i	Izmene	Datum	Ime		
					1 A3



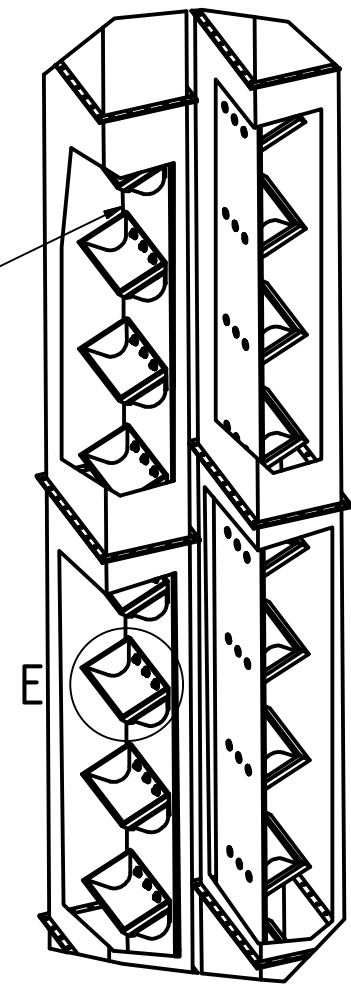
7	1	Zadnja ploca	688x34x1190	Č0545	10.34 kg	
6	1	Podsklop dobosa	850x360	Č0645	71.520 kg	
5	2	Granicnik podizaca	60x8x250	Č0545	0.495 kg	
4	1	Podizac	600x4x250	Č0545	5.212 kg	
3	1	Podnozna ploca	1200x800x10	Č0545	25.073 kg	
2	2	Prednja ploca	688x534x1190	Č0545	17.23 kg	
1.3	1	Podsklop zateznog uredjaja	320x85x920	Č0545	14.034 kg	
1.2	2	Bocni nosac zateznog uredaja	30x30x1182	Č0545	2.078 kg	
1.1	1	Bocna ploca	1000x34x1190	Č0545	31.231 kg	
1	2	Podsklop bocne strane	1000x34x1190	Č0545	49.581 kg	
Poz.	Kol.	Naziv.		Dimenzije	Materijal	Masa
Dimenzije: 1965x800x1400			Masa: 240 kg	Materijal:	Termička obrada: Razmera: 1:20	
			Površinska zaštita:			
				Datum	Ime	
				Crtao	30.8.2015.	Slobodan Garić
				Overio		
				Standard		
				Fakultet inženjerskih nauka		
				Kragujevac		
St. i	Izmene	Datum	Ime	EV - 02		
				1 A3		



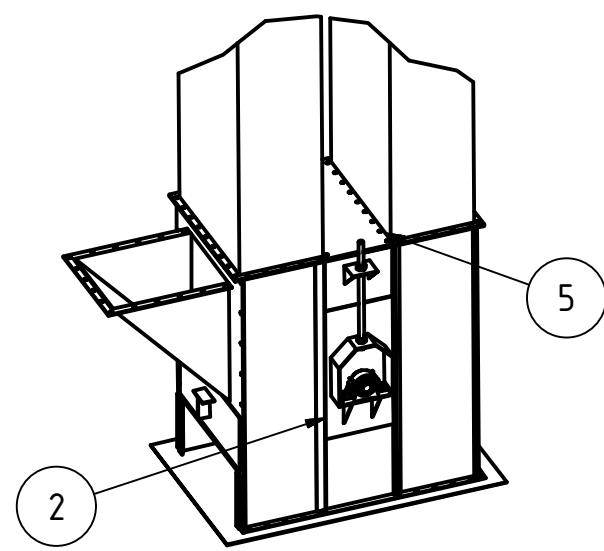
Detalj A (1 : 20)



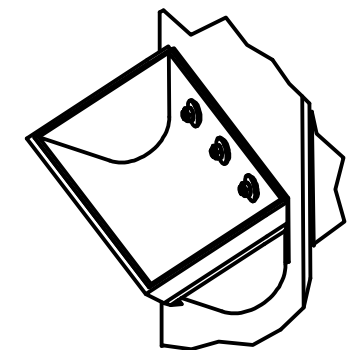
Detalj D (1 : 20)



Detalj C (1 : 20)



Detalj B (1 : 20)



E (1 : 10)

5	2	Zaptivna ploca	688x292x4	Č0545	0.851 kg
4	1	Sklop nogica	1008x628x1655	Č0545	1040.00 kg
3	1	Sklop pogonske glave	1750x1328x1400	Č0545,Č0645	360.00 kg
2	1	Sklop povratne glave	1965x800x1400	Č0545,Č0645	240.00 kg
1	1	Podsklop trake i kofice	500x727.5x18390	Guma, Č0545	285.00 kg
Poz.	Kol.	Naziv	Dimenzije	Materijal	Masa
Dimenzije:		Masa:	Materijal:	Termička obrada:	Razmera: 1 : 100
2275 x 1328 x 19023		1925.851 kg		Površinska zaštita:	
			Datum	Ime	Kofičasti elevator
			Crtao	30.08.2015	
			Overio		
			Standard		
			Fakultet inženjerskih nauka		EV
			Kragujevac		
St. i	Izmene	Datum	Ime		1 A3

7. Закључак

Кофичасти елеватори као једна од врста елеватора и машина за непрекидни транспорт представљају главно средство за пренос разних врсте материјала, углавном ситнозрнастог и комадног растреситог материјала и то како у вертикалном тако и у косом правцу према хоризонталу. Од свог настанка када су примењивани за основне људске потребе развијали су се кроз време да би смо данас видели да се употребљавају свуда где је потребно подизање ситнозрнастог материјала на висине, како мале тако и велике. Посебну примену су нашли у пољопривреди где им је главна примена код млинова за подизање житарица у млиновима и силосима, где имају незаменљиву улогу.

Данас постоји доста врста елеватора, поред кофичастих које заузимају главно место постоје и виљушкасти, љуљашкари и неки видови специјалних елеватора а сви они могу да буду тракасти и ланчани а такође постоје и брзоходни и спороходни, стационарни и нестационарни. Овде можемо видети да су се елеватори временом толико развили да је без њих немогуће неке гране привреде и индустрије. Њихова главна карактеристика је да могу да подигну терет на велике висине а такође имају и велики капацитет самог уређаја. Поред ове особине веома су лаки у односу на своју величину и не заузимају пуно простора што их уз тракасте транспортере најчешће коришћени уређаји за транспорт. Сама конструкција елеватора није компликована, те је лак за монтажу и демонтажу јер је углавном састављен од великог броја мањих елемената тако да му и то представља веома добру особину. А такође још једна њихова битна особина им је и сигуран и миран рад те ређе долази до хаварија и не ометају у великој мери околину својим радом.

Поред добрих особина кофичасти елеватори и остали елеватори имају и по неку своју ману а то су: могућност зачепљивања и залепљивања уколико се преноси лепљив материјал, могућност сударања кофица услед слабог затезања траке и ударање у зидове оклопа услед чега настају оштећења и буке а такође и у случају отказа траке услед кидања долази до потпуног престанка рада елеватора на дужи период код се трака не замени. Поред свих добрих особина елеватора, лоше се могу ставити по страни и једним делом занемарити јер не постоји уређај или машина која може да подигне велике капацитет на великим висинама, поготово житарица у млиновима у силосима где су незаменљиви и да ће у будућности да се све више и више усавршавају.

Литература

- [1] <http://www.fao.org/docrep/010/ah810e/ah810e05.htm>, приступљено 01.06.2015 године.
- [2] <http://chestofbooks.com/reference/Wonder-Book-Of-Knowledge/The-Story-In-Elevators-And-Escalators.html#.Vek-Pvmqqko>, приступљено 05.06.2015. године.
- [3] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [4] С. Тошић, Транспортни уређаји, Механизација транспорта Машински факултет, Београд, 1999.
- [5] М. Гашић, Транспортни уређаји, непрекидни транспорт Машински факултет, Краљево, 1997.
- [6] http://www.statik.rs/koficasti_elevatori.php, приступљено од 01.06.2015. до 05.07.2015. године.
- [7] <http://www.agrokons.co.rs/index.php/sr/koficasti-elevator>, приступљено од 01.06.2015. до 05.07.2015. године.
- [8] <http://www.slideshare.net/amaravatutkarsh/design-and-model-of-bucket-elevator>, приступљено од 01.06.2015. до 05.07.2015. године.
- [9] С. Тошић: Прорачун машина непрекидног транспорта и дизаличних уређаја, Машински факултет, Београд, 2001.
- [10] <http://www.mechanicalengineeringblog.com/tag/bucket-elevator-how-it-works/>, приступљено од 01.06.2015. до 05.07.2015. године.
- [11] Вера Николић, Машински елементи, Крагујевац 2004.
- [12] <http://www.seweurodrive.com/produkt/helical-bevel-gearmotor-k-series.htm>, приступљено 10.08.2015. године.
- [13] <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/bearing-units/roller-bearing-units/plummer-block-roller-bearing-units/index.html>, приступљено 10.08.2015. године.