

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: 329/2015

Ивана Д. Тодоровић
Прорачун бродског витла за
хидрографска испитивања
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 механизма за дизање терета код машина са периодичним радом.
- Прикаже кратак осврт на историјски развој витла као елемента механизма за дизање терета.
- Наведе и опише врсте механизма за дизање терета са витлом и да прикаже њихове главне карактеристике.
- Прикаже улогу и карактеристике бродског витла за хидрографска испитивања.
- За усвојено решење бродског витла за хидрографска испитивања изврши одговарајући прорачун главних елемената.

Препоручена литература:

- [1] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [2] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [3] Тошић, С., Прорачун машина непрекидног транспорта и дизаличних уређаја, Машински факултет, Београд, 2001.
- [4] Дедијер, С., Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.

Крагујевац, 01. 03. 2017.

Ментор:
Др Ненад Милорадовић, доцент

Садржај

1. Увод.....	7
2. Историјски развој витла	8
3. Примена витла	10
4. Хидрографска испитивања	12
5. Добоши за вучу (витла)	17
5.1 Витло на ручни погон	17
5.1.1 Параметри за прорачун	18
5.2 Витла са моторним погоном.....	19
5.2.1 Параметри за прорачун	20
5.2.2 Витла са фрикционим добошем.....	21
5.3 Дизалични механизам за дизање	22
5.3.1 Механизам за дизање терета код колица мосне дизалице	24
6. Бродско витло за хидрографска испитивања.....	26
6.1 Уже.....	27
6.2 Коаксијални кабл.....	28
6.3 Добош (бубањ).....	32
6.3.1 Прорачун пречника добоша	34
6.3.2 Прорачун радних карактеристика добоша.....	39
6.4 Систем за вођење ужета или коаксијалног кабла.....	41
6.5 Погонске јединице	42
6.6 Кочнице.....	43
6.6.1 Појасна кочница (тракаста кочница).....	44
6.6.1.1 Прорачун појасне кочнице	45
6.7 Клизни прстен.....	46
6.7.1 Модел 176.....	47
6.8 Рам	48
6.9 Прорачун сила на добошу витла.....	49
6.10 Анализа.....	58
7. Закључак.....	64
8. Литература	65

Summary

An important role for transport devices and machines has a mechanism for lifting loads. This mechanism is the most common windlass whose construction can be very simple and very complex. Nowadays, winches are often made that are customized for specific use or are made according to customer's wishes.

The aim of this paper is to verify the already existing construction solution of the boat winch for hydrographic tests. It is necessary to describe its construction, its components and the way in which it functions. Also, it is necessary to make calculations and analysis, all in order to make the most efficient winch.

Key words: winch, hydrographic tests, load, drum, cable

Резиме

Важну улогу код транспортних уређаја и машина има механизам за дизање терета. Тај механизам је најчешће витло чија конструкција може да буде врло једноставна, а и врло сложена. У данашње време се често праве витла која су прилагођена за специфичну употребу или се праве по жељи купца.

Задатак овог рада је да се уради провера већ постојећег конструкционог решења бродског витла за хидрографска испитивања. Потребно је да се опише његова конструкција, саставни делови и начин њиховог функционисања. Такође, потребно је да се ураде прорачуни и анализа, све у циљу да се направи што ефикасније витло.

Кључне речи: витло, хидрографска испитивања, терет, добош, кабл

Предговор

Велика мотивација за избор теме мастер рада „Прорачун бродског витла за хидрографска испитивања“ је дошла од тога што сам у зимском семестру, у периоду од три месеца била на стручној пракси у фирми „Rapp Zastava“, у Грузи. Такође, за избор теме велика мотивација је дошла од тога што се при изради овог мастер рада решавају практични проблеми.

Желим да се захвалим свима који су ми на било који начин помогли да стигнем до краја израде мастер рада и до краја студијског програма.

1. Увод

Човек се од давнина суочавао са проблемом подизања и премештања терета. Свој опстанак у природи и напредак морао је олакшавати различитим помагалима. Проблем је решаван примитивним направама и уређајима, које су се из дана у дан усавршавале све до данас и на тај начин се олакшало и унапредило обављање многобројних послова.

Разноврсне конструкције уређаја за дизање, спуштање и преношење материјала имају врло велики значај у развоју привреде једне индустријске земље. Користе се у индустрији превоза за утовар и истовар терета, у грађевинарству за преношење материјала, у прерађивачкој индустрији за састављање тешке опреме, у пристаништима за истовар и утовар робе, у ливницама за преношење одливака и материјала, у железарама за складиштење руде, хидро и термо електранама, итд. Њихова употреба је веома значајна јер се могу повећати капацитети преношења и дизања терета у поређењу са могућношћу коју је пружао човек својом физичком снагом.

Једна од најважнијих и најприменљивих конструкција уређаја за дизање и спуштање терета је витло. Његова конструкција може бити једноставног типа која је састављена само од добоша, ужета и ручице за покретање, а може бити и сложенијег типа која има различите врсте погона (електрични, хидраулични, итд.) и додатне делове као што су кочница, катурача и сл, што ће у даљем раду бити детаљно објашњено. Такође, у раду, поред објашњења могућих конструкција витла, биће дате и описане њихове основне смернице за прорачун.

У данашње време се често праве витла веома сложене конструкције која се разликује према распореду компонената и елемената механизма, према начину вођења ужета или кабла, према врсти погона добоша за намотавање ужета или кабла и према примени. У такав тип конструкције спада и бродско витло за хидрографска испитивања које ће у овом раду бити предмет детаљног описивања.

На основну листе захтева купца и почетног идејног решења конструкције бродског витла за хидрографска испитивања биће описани његови делови, њихов начин функционисања, начин прорачуна и објашњен начин анализе за најкритичнији део витла за хидрографска испитивања у програму Autodesk Inventor Professional 2017 са приказаним добијеним резултатима.

2. Историјски развој витла

На основу споменика материјалне културе може се видети да почетак примене уређаја за дизање терета досеже све до древних цивилизација. Разним проучавањима истраживачи су дошли до чињенице да се транспортни уређаји примењују већ негде око 5000 година [1].

Витла спадају међу најстарије уређаје које људи користе већ хиљадама година. Први писани трагови о коришћењу најједноставнијих конструкција витла могу се наћи још за време Херодота из Халикарнаса (антички Грчки град у Малој Азији, данашњи Бодрум у Турској). Таква витла су се правила од дрвета и имала су значајну улогу у доба персијских ратова (480. године пре нове ере) јер су се користила за затезање ужета на мосту. Међутим, постоје подаци да су Асирци користили витла и пре тога. У доба Аристотела (4. век пре нове ере) почела су да се користе прва витла у грађевинарству.

У почетку једна од најједноставнијих конструкција витла користила се за захватање воде из бунара у Кини 2200. године пре нове ере (слика 2.1). Витло се састојало од добоша, ужета које се намотава на добош и ручице за покретање. Добош је сличан добошу са глатком површином који се данас користи и правио се од дрвета. Веза између ужета и добоша се остваривала тако што се један крај ужета обмота око добоша па се веже за исто уже, а други крај ужета се везивао за посуду којом се захватала вода. Витло је покретао човек својом физичком снагом помоћу ручице која се налазила на добошу.



Слика 2.1 Бунар у Кини 2200. године п.н.е. [2]

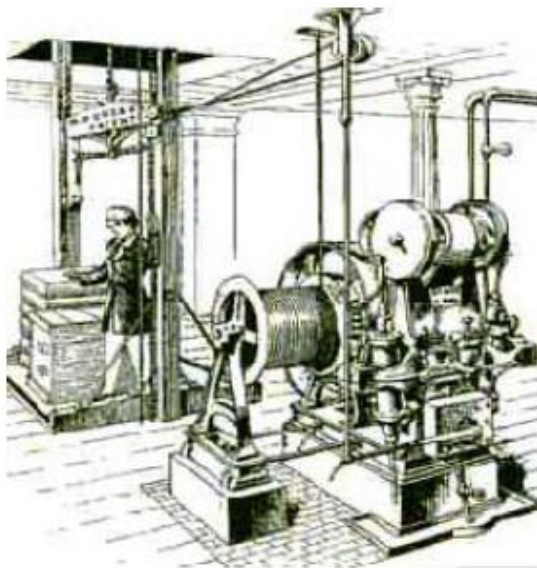
У најједноставније конструкције витла спадају и такозвана маневарска витла која човек покреће својом физичком снагом. Маневарско витло (слика 2.2) уместо добоша за намотавање ужета има добош са широким жлебом око кога се намотава уже. Уже се могло обмотати само два до три пута на жлеб што ограничава примену маневарско витла. Параболични профил жлеба омогућава да уже увек буде смештено у средини жлеба. Слична оваква витла данас се примењују за дизање једра код једрилица и за прецизно позиционирање брода у завршној фази пристајања.



Слика 2.2 Маневарско витло

У почетку витла је покретао човек својом физичком снагом, а касније је човека заменила животиња, што је омогућило подизање већих терета. Такође, употреба точка и зупчаника је знатно омогућила и олакшала подизање већих терета, а самим тим долази до појаве нешто сложенијих конструкција витла.

Велике промене у привреди настале су у Европи током 19. века. Прва индустријска револуција и изум парне машине омогућили су огроман напредак у индустрији. Механичка енергија добијена из парних мотора доводи до конструисања парних дизалица, а неке од тих дизалица су остале у употреби и у 20. веку. На слици је приказан први лифт на парни погон направљен 1857. године (слика 2.3).



Слика 2.3 Лифт на парни погон 1857. година [1]

Данас су у употреби витла која користе моторе са унутрашњим сагоревањем или електромоторе и хидрауличне системе, и имају много већу способност дизања од витла које је човек сопственом снагом покретао. Могу да се праве до огромних величина с добом пречника и до 10 m и вучном силом преко 250 Mt (мегатона). Постоје и витла која су прилагођена за специфичну употребу или се праве по специфичној жељи купца.

3. Примена витла

Витло је механички уређај чије су основне функције спуштање, подизање и вуча терета помоћу ужета. Може да се користи за унутрашњи или спољашњи транспорт. Најчешће се користи као неизоставна опрема на бродовима, у грађевинарству и рудницима.

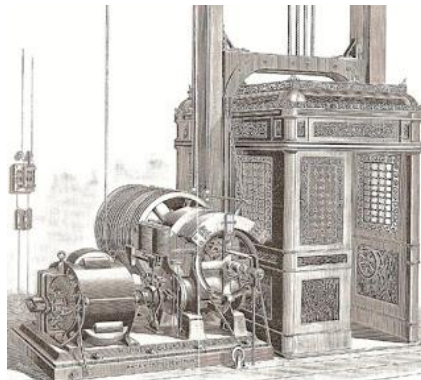
Витло има широку употребу. Пре свега примењује се:

- на дизалицама



Слика 3.1 Примена витла на дизалици

- код лифтова



Слика 3.2 Примена витла код лифтова [2]

- у шумарству



Слика 3.3 Примена витла код трактора за вучу дрва

- на теренским возилима



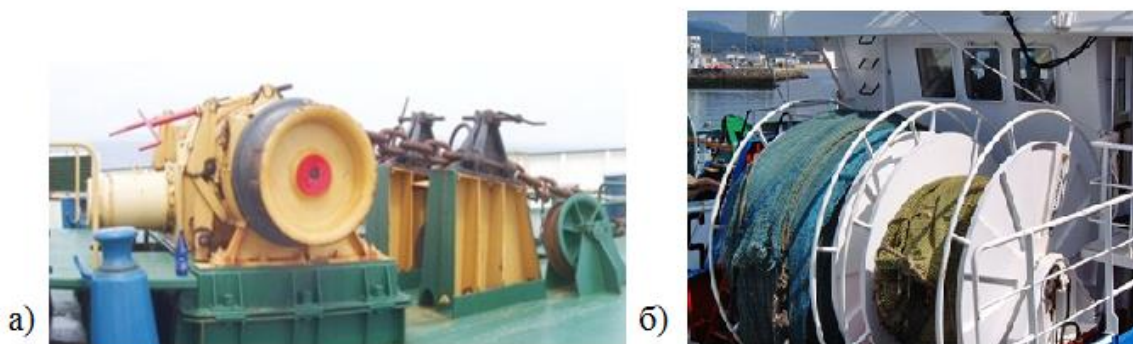
Слика 3.4 Примена витла на теренским возилима [3]

- код једрилица за дизање једра



Слика 3.5 Примена витла код једрилице за дизање једра

- на бродовима за извлачење сидра, за риболов, итд.



Слика 3.6 Примена витла на бродовима а) за извлачење сидра, б) за риболов [4]

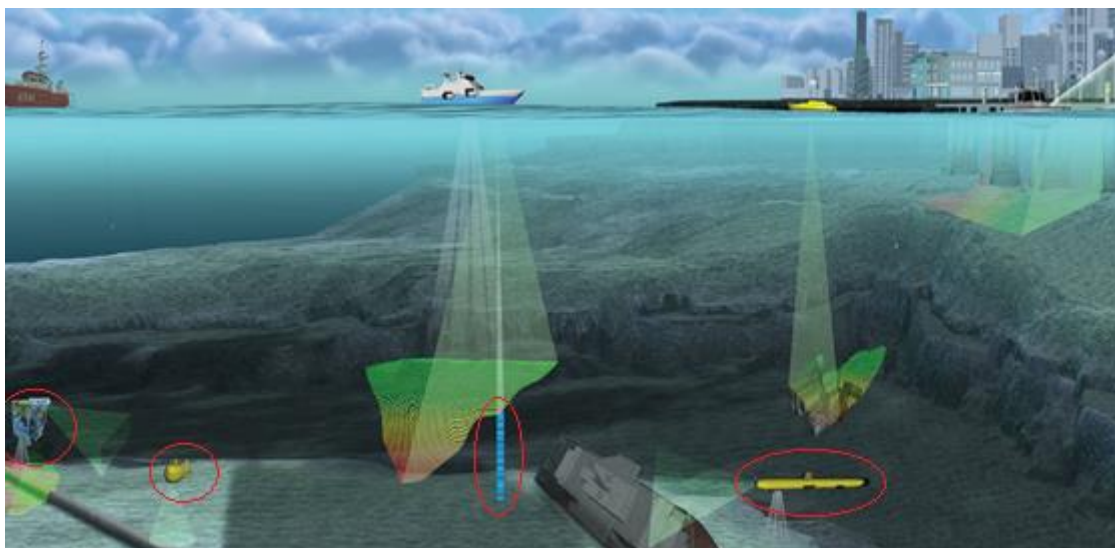
4. Хидрографска испитивања

Хидрографија је грана примењених наука која се бави мерењем и описом физичких карактеристика океана, мора, приобалних подручја, језера и река, као и са предвиђањем њихових промена током времена за примарну сврху сигурности пловидбе, као и подршка свим осталим поморским активностима.

Најпознатија примена хидрографских информација је за израду наутичких карата које сви морнари користе приликом пловидбе.

Прве хидрографске карте настале су у 13. веку у Италији, Португалији и Шпанији познате под именом портолани. Направљени су како би пружили реалне описе обале и лука и послужили као помоћно средство при пловидби. Најраније карте приказивале су руте, препреке и правац ветра, али нису садржавале дубинска мерења попут данашњих карата [5].

Основни задатак хидрографије је мерење дубине мора. За тај задатак, током историје, развијени су многобројни уређаји и алати (слика 4.1). То се углавном ради са специјализованим бродовима и чамцима који користе дубиномере и сонаре (слика 4.2). Најпре се употребљавао ручни дубиномер. Данас је у најширој употреби ултразвучни дубиномер (слика 4.3) и саставни је део свих већих пловних објеката. До 20. века дошло је до употребе ехосондера са једним снопом помоћу акустичних предајника и пријемника за мерење дубине засноване на временској разлици између акустичног преноса и примљеног еха. Технички напредак у наредним деценијама довео је до употребе ехосондера са више снопова, са првим системима развијеним у војне сврхе шездесетих година прошлог века.



Слика 4.1 Бродови и чамци са уређајима за испитивање [5]



Слика 4.2 Side scan sonar [6]



Слика 4.3 Ултразвучни дубиномер JFE-680 [7]

Дубиномер је справа за мерење дубине мора. Постоје дубиномери за навигацију и дубиномери за океанографију који су познати под именом батометри.

На основу начина мерења дубиномери за навигацију се деле у три основне групе:

- дубиномери који мере дубину дужином мотке или ужета;
- дубиномери који мере дубину на основу хидростатичког притиска;
- дубиномери који мере дубину звуком.

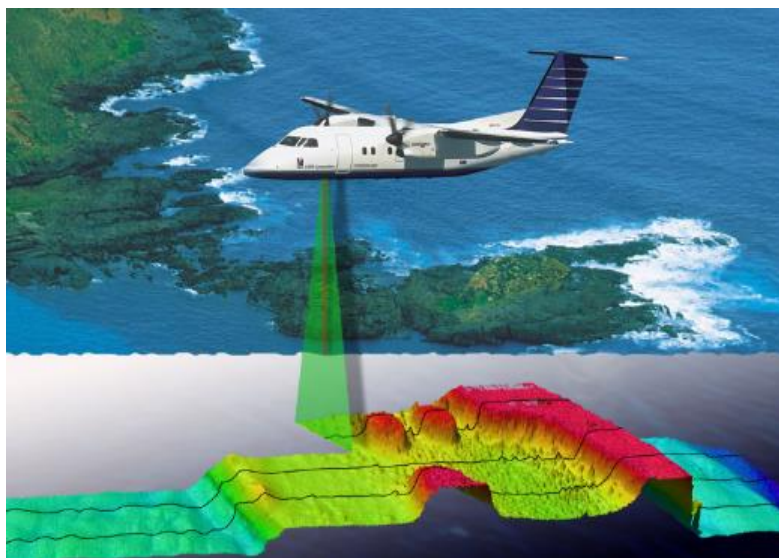
Ручни дубиномер се састоји од ужета и тега. Дужина ужета које је потребна да се спусти тег на дно показује дубину. Верује се да су први дубиномери постојали још пре нове ере. Данашњи ручни дубиномери су нешто другачији од првобитних, али раде по истом принципу.

Мерење дубине на основу хидростатичког притиска се врши на основу дубиномера који ради на принципу Бојл-Мариотовог закона (Бојлов закон).

Нешто компликованији начин мерења представља мерење дубине звуком. Мерење се врши тако што се изврши јак удар на површини воде мора који узрокује стварање низ звучних таласа који ће се распрострети на све стране. Створени таласи ће се ширити ка дну мора, а након што дођу до дна они се враћају на површину мора као таласи еха. На основу добијених резултата брзине ширења звука и мерења времена које је протекло од када је звук дошао од површине мора до дна и еха може се добити вредност дубине мора.

У данашње време најчешће се употребљавају ултразвучни дубиномери. Ултразвучни дубиномери су инструменти намењени за подводна снимања. Разликују се по конструкцији и начину прикупљања података. Мерењем дубина одређује се вертикална растојање између тренутног нивоа воденог огледала и дна.

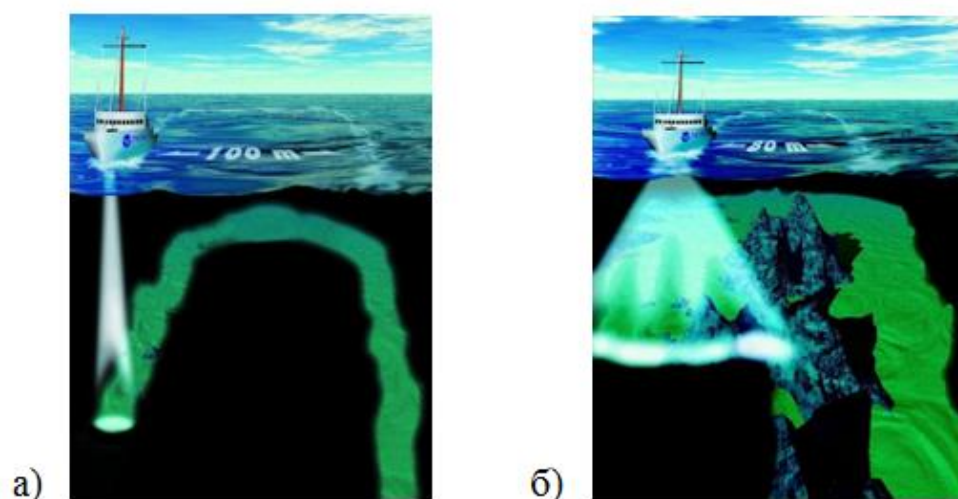
Развојем савремених технологија, методе мерења дубина су знатно олакшане у погледу брзине и прецизност добијених резултата у односу на класичне методе одређивања дубина. Најчешће се употребљавају једноснопни ултразвучни дубиномери – једноснопни ехосондер (Single Beam Echo Sounder System - SBES), вишеснопни ултразвучни дубиномери – вишеснопни ехосондер (Multi Beam Echo Sounder System - MBES) и ласерски дубиномери који се уграђују на авионе (Airborne Laser Sounding System - ALS) (слика 4.2) [8].



Слика 4.2 Приказ начина снимања ласерским дубиномером за авионе [9]

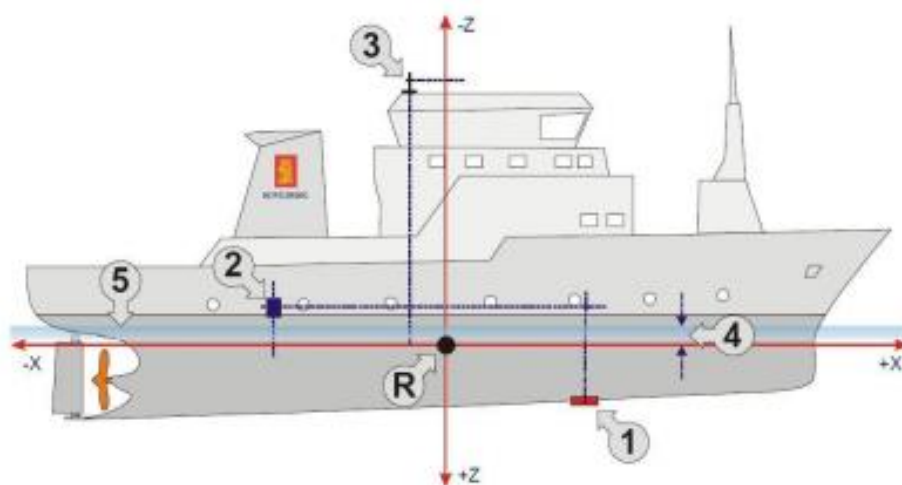
Ехосондер (ултразвучни дубиномер) је уређај који мери брзину којом се звучни таласи простиру кроз воду од површине воде до дна и назад, од дна до површине. Како је брзина простирања звучних таласа кроз воду константна (при одређеној температури воде), дубина је сразмерна времену путовања таласа [7]. Уз бројчани податак о тренутној дубини већина ултразвучних дубиномера даје и сликовни приказ рељефа морског дна или подводних објеката. Такви уређаји могу радити и за проналажење рибљих јата, мерење дебљине леда и сл.

Једноснопни ("single beam") ехосондер, који снима дно дуж линије кретања брода (слика 4.3 а), се најчешће користи за снимање корита пловних река. Једноснопни дубиномери развијени су прилагођавањем сонара који су се користили у војне сврхе. Поред тога, у новије време се користи и вишеснопни ("multi beam") ехосондер за снимање целе површине дна (слика 4.3 б). Предност ехосондера са више снопова је у томе што могу лоцирати сви фини топографски облици и објекти најмањих димензија. Током прошле декаде, увођењем вишеснопног дубиномера, хидрографска мере је доживео измену при мерењу дубина, како у технологији мерења, тако и методолошки [7].



Слика 4.3 Приказ начина снимања а) једноснопним ехосондером; б) вишеснопним ехосондером[10]

Примарни задатак хидрографије је мерење дубина тачака испод водене површине. Дубина тих тачака су дефинисане тродимензионалним координатама (X, Y, Z). X и Y координате представљају положај мерења, док вертикална димензија Z представља дубину. Добијање тродимензионих координата омогућава нам интегрисани ГПС ултразвучни дубиномери. Хоризонтални и вертикални положај одређује ГПС пријемник, док дубину испод регистроване тачке одређује ултразвучни дубиномер [7].



Слика 4.4 Систем ултразвучног дубиномера (1 – положај ултразвучних сензора; 2 – положај сензора брзине кретања; 3 – положај ГПС антене за георефернцирање ехограма; 4 – релативни однос водене површине и референтне тачке ; 5 – водена површина) [7]

Вредности дубина су безначајне уколико се не односе на ниво референтног датума. Површина мора, од које се мере дубине, не може послужити као референтни ниво због флукуације изазваних месечевим менама. Мора се одабрати произвољан датум и свака измерена дубина мора бити смањена за висину плиме изнад одабраног нивоа у тренутку и у месту мерења [6].

Технике мерења дубина осигуравају адекватан приказ природног рељефа морског дна, али изоловани објекти као што су врхови олупина могу промаћи детекцији, па у том случају специјалне технике помажу при решавању проблема.

Приликом израде поморских карата хидрографских мерења осим мерења дубина подразумевају се и додатне радње као што је: одређивање материјала морског дна, одређивање положаја светионика, позиционирање топографских детаља и видљивих објеката, одређивање највишег и најнижег нивоа воде, итд.

Хидрографска мерења укључују и информације о: плими и осеци, морским струјама и таласима, физичких и хемијских особина воде и морског дна. Такође укључује и мерење морског дна, али са посебном важношћу на морска геолошка обележја као што су стене, гребени итд. који представљају ризик за пловидбу.

Системи за мерење код хидрографских испитивања [11]:

- систем за позиционирање,
- систем за мерење дубина,
- систем за претраживање,
- систем за геолошка мерења,
- систем за магнетску детекцију,
- систем за карактеризацију дна,
- систем и програми за обраду података итд.

Поред подршке сигурне и ефикасне пловидбе бродова, хидрографија се заснива готово на свакој другој активности везаној за море, укључујући [9]:

- истраживање и искоришћавање ресурса,
- заштиту животне средине,
- границу приморског ограничења
- националну инфраструктуру поморских просторних података,
- испитивање физичких и хемијских карактеристика воде,
- рекреативну пловидбу,
- поморске одбране и сигурност,
- поплаве цунамија и поплаве уопште,
- управљање приобалним подручјем,
- просторне податке и планирање,
- поморску одбрану,
- туризам, и сл.

5. Добоши за вучу (витла)

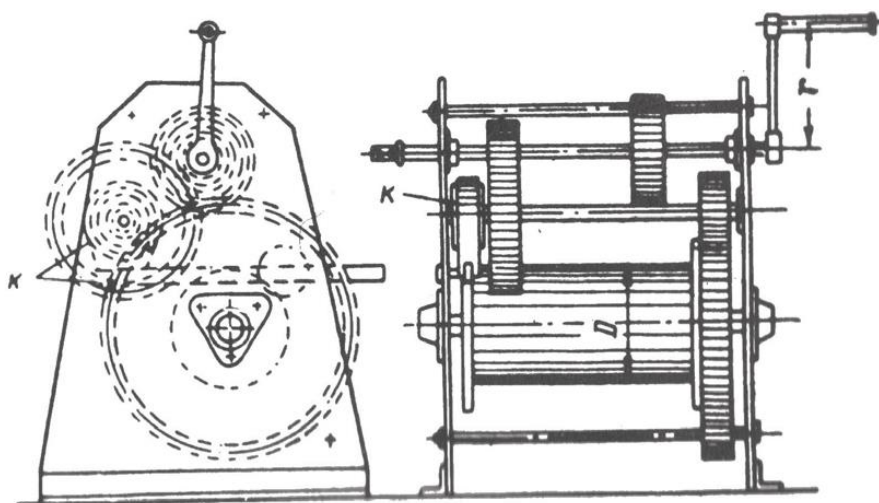
Витло је један од основних делова механизма за дизање и спуштање терета. Примењује се као самостални механизам за дизање терета и као саставни део механизма дизалица. Добоши претварају обртно кретање делова механизма за дизање у транслаторно кретање терета, служе за намотавање ужета или ланца, и цилиндричног су облика. Могу бити на ручни и моторни погон. У свом најједноставнијем облику састоји се од осовине и ручице за покретање.

5.1 Витло на ручни погон

Добош за вучу са ручним погоном (слика 5.1) се примењује за мале терете, који се ретко дижу. Састоји се од тела (два вертикална челична лима, који су међусобно повезани деловима за одржавање једнаког растојања), добоша, преносног механизма, ручице и кочнице. Добош је гладак, па се приликом одређивања његових димензија мора водити рачуна о намотавању ужета у више слојева. За добоше мање носивости 1 – 1,5 t примењује се зупчasti преносни механизам за дизање терета са једном брзином. Код добоша веће носивости (слика 5.2) примењују се механизми са променљивим зупчастим преносима који омогућавају две брзине: већу брзину дизања за мање терете и мању брзину дизања за веће терете. Кочница може да буде са папучама или са траком, а најчешће се за кочење терета примењује тракаста кочница.



Слика 5.1 Добош за вучу са ручним погоном [12]



Слика 5.2 Шематски приказ добоша за вучу са ручним погоном веће носивости [13]

5.1.1 Параметри за прорачун

Главни параметри за прорачун добоша са ручним погоном су:

Q – носивост;

L – дужина ужета која се намотава на добош;

F_r – сила на ручици.

Момент силе на ручици је у равнотежи са моментом силе на добошу:

$$F_r \cdot r = F_u \cdot \frac{D_d}{2} \cdot \frac{1}{i_o} \cdot \frac{1}{\eta_o} \quad (5.1)$$

где су:

F_u – сила у ужету које се намотава на добош;

D_d – пречник добоша;

r – пречник ручице;

i_o – преносни однос механизма;

η_o – степен корисности.

Обимна брзина на ручици је $\vartheta_{руч} = 0,5 - 1 [m/s]$.

Снага једног радника дефинише се као: $F_r \cdot \vartheta_{руч} < 10 [daNm/s]$.

Крак ручице је $r = 35 - 45 [cm]$.

Обимна брзина добоша одређује се на основу израза:

$$\vartheta_{dob} = \frac{\vartheta_{руч}}{i_o} \quad (5.2)$$

Пречник добоша одређује се на основу израза:

$$D_u = \left(\frac{D}{d}\right)_d \cdot d_u \quad (5.3)$$

где је:

$\left(\frac{D}{d}\right)_d$ – однос завијан од погонске класе;

d_u – пречник ужета.

Број преносних парова механизма бира се из општег потребног преносног односа i_o . Преносни однос једног пара зупчаника бира се 5 – 6, а у ретким случајевима и до 8. Пужни пренос се ретко примењује због малог степена корисности.

Степен корисности добоша за вучу одређује се на основу израза:

$$\eta_o = \eta_{dob} \cdot \eta' \cdot \eta'' \cdot \dots \quad (5.4)$$

где су:

$\eta_{dob} \approx 0,94 - 0,97$ – степен корисности добоша;

η', η'' – степени корисности осталих преносних парова.

Ако су зупчаници обрађени, а вратила се okreћу у клизним лежајевима, степен корисности једног преносног пара је 0,95 – 0,96. Ако се вратила okreћу у лежиштима са котрљањем, онда је степен корисности сваког пара 0,98.

Степен корисности пужног преносника је

$$\eta_{\text{пуз}} = 0,95 \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)} \quad (5.5)$$

где су:

α – угао нагиба завојне линије;

ρ – угао трења завојних површина.

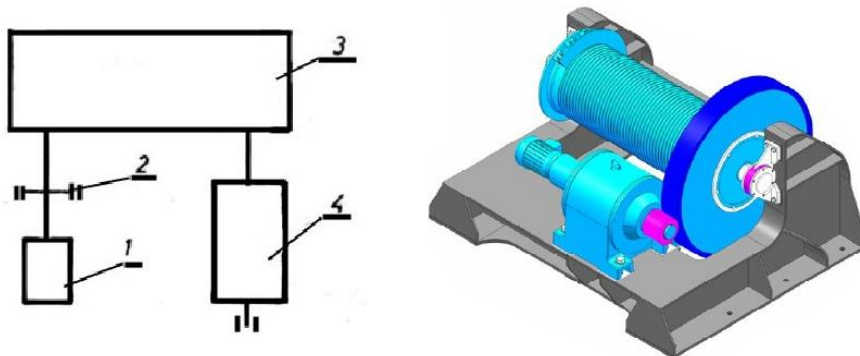
Код самокочећих пужних преноса је $\eta_{\text{пуз}} \approx 0,5$.

Добоши за вучу са ручним погоном који нису самокочећи обавезно су снабдевени кочницама (могу имати и сигурносне ручице).

5.2 Витла са моторним погоном

За унутрашњи или спољашњи транспорт терета, при опслуживању аутоматских линија машинске обраде у великосеријској производњи примењују се стабилна витла за дизање и вучу предмета, а која осим ручног погона могу да имају и моторни погон. Као погонски мотори примењују се електромотори, парни мотори и мотори са унутрашњим сагоревањем. Најраспрострањенији је електрични вид погона, који поред могућности израде потпуно независних и одвојених погона за механизме као и великог степена искоришћења, омогућава и најлакшу контролу рада, минималну потрошњу енергије, обезбеђује и услове за аутоматизацију управљања. Основни недостатак примене електричног погона је напајање покретних уређаја електричном енергијом.

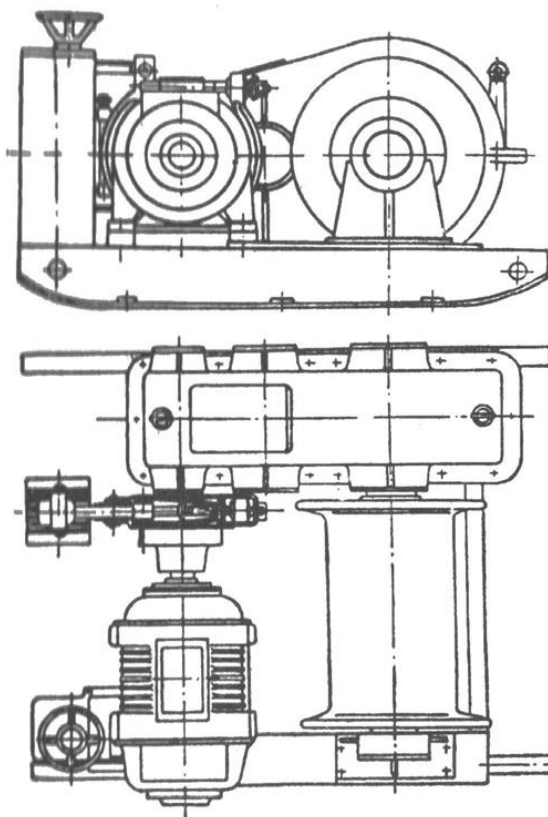
Најраспрострањенији је добош за вучу са електричним погоном (слика 5.3) код којег је добош 4 везан са електромотором 1 зупчастим или пужним преносом. Промена правца кретања терета постиже се променом смера обртања електромотора 1; кочење се врши кочницом 2, док откочивање електромагнетом. Добош за вучу са електромоторним погоном има добош од ливеног гвожђа или од челика (заваривањем од челичних лимова). Кочнице 2 (са папучама или са траком) постављају се између електромотора 1 и редуктора 3 на делу спојнице ка редуктору. Пренос обртног момента од мотора до добоша је остварен преко редуктора (крути преносни механизам), а од добоша до терета је остварен преко ужета (гипког преносног елемента). Оваква витла се често примењују при обављању радова монтаже у грађевинарству или приликом обављања ремонтних радова.



Слика 5.3 Добош за вучу на електрични погон са позицијама елемената [2]

Зупчаници зупчастог преноса израђују се од челика и морају се механички обрађивати; при обимној брзини зупчаника $v \geq 1,5 \text{ m/s}$ они морају бити подмазивани уљем.

Откривени зупчasti парови су обично неправилно узупчени услед грешака у монтажи, па се зато ретко и примењују. На слици 5.4 приказана је конструкција једног добоша за вучу са електричним погоном. На тој машини су сви зупчasti преноси уграђени у редуктору. Кочница је са две папуче, које се притежу опругом. Рам машине је заварен из ваљаних профила [13].



Слика 5.4 Шематски приказ добоша за вучу на електрични погон [13]

5.2.1 Параметри за прорачун

Обртни момент на добошу:

$$M_d = F_u \cdot \frac{D_d}{2} \quad (5.6)$$

Број обртаја добоша:

$$n_d = \frac{\vartheta_d}{\pi \cdot D_d} \quad (5.7)$$

Преносни однос између мотора и добоша:

$$i_o = \frac{n_m}{n_d} = \frac{M_d}{M_m \cdot \eta_o} \quad (5.8)$$

Обртни момент на вратилу електромотора:

$$M_m = \frac{M_d}{i_o \cdot \eta_o} = \frac{Q \cdot D_d}{2 \cdot t \cdot i_o \cdot \eta_o \cdot \eta_k} \text{ [kNm]} \quad (5.9)$$

Снага мотора:

$$P = M_m \cdot \omega \quad \text{или} \quad P = \frac{Q \cdot v_{diz}}{\eta} \quad [kW] \quad (5.10)$$

где су:

F_u – сила у ужету које се намотава на добош;

D_d – пречник добоша;

Q – тежина терета;

m – број кракова ужета катураче;

η_k – степен корисности катураче ($\eta_k = 0,96 - 0,98$);

η – степен искоришћења механизма за дизање ($\eta = 0,8 - 0,85$);

v_d – брзина добоша;

η_o – степен корисности преноса од мотора до добоша;

ω – угаона брзина мотора;

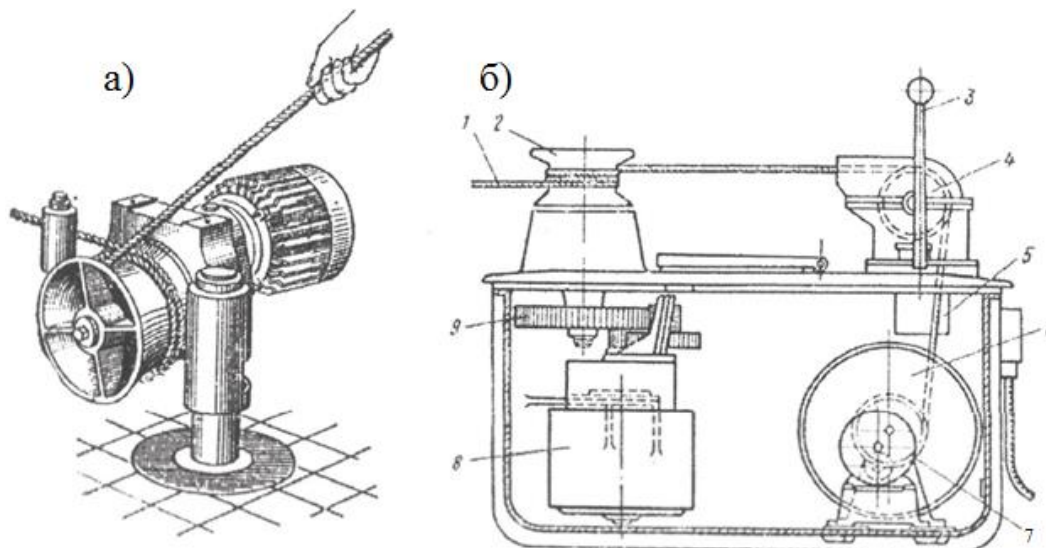
v_{diz} – брзина дизања терета.

На основу израчунате снаге усваја се електромотора из каталога произвођача тако да $P_{EM} > P$.

5.2.2 Витла са фрикционим добошем

Витла са фрикционим добошем (слика 5.5) се примењују при обављању маневарских радова на железници, у лукама и на доковима, при подизању сидра брода или при повлачењу различитих терета. Они се примењују за хоризонтално премештање терета, а могу се применити и за вертикално премештање терета само у случају када могући пад терета не би представљао проблем.

Уже на чијем се крају налази терет није учвршћено са добошем као код уобичајених конструкција добоша, већ је спрегнуто са добошем трењем, које настаје између површине добоша и неколико намотаја ужета које се намотава на добош. На тај начин омогућава се рад са ужетом које је велике дужине, при малим димензијама добоша.



Слика 5.5 Витла са фрикционим добошем: а) са хоризонталним добошем;

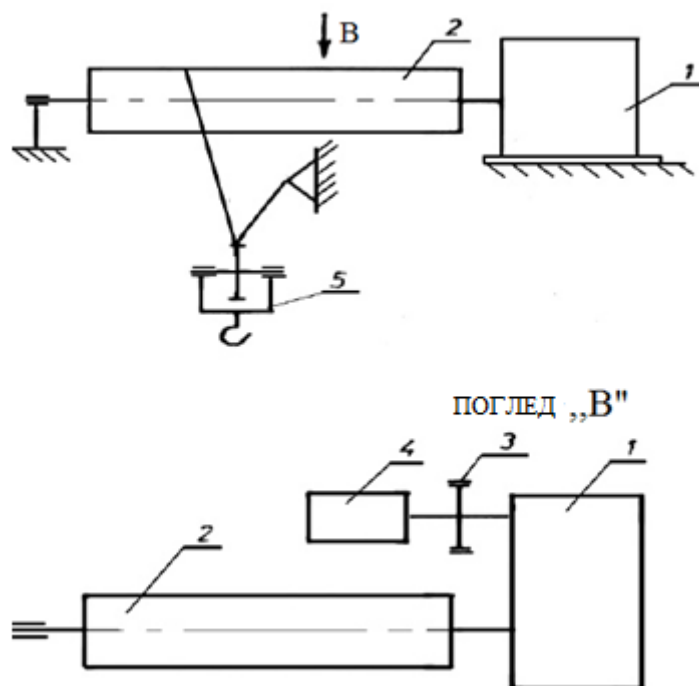
б) са вертикалним добошем [14]

Постоје фрикциони добоши са уграђеним помоћним добошем за намотавање ужета (слика 5.5 б). Код ових конструкција од три до пет намотаја вучног ужета 1 намотано је преко фрикционог добоша 2 и преко превојног котура 4. Уже се намотава на помоћни добош 6 који се погони помоћним електромотором 7 мале снаге, а који је снабдевен електромагнетним кочионим уређајем. Фрикциони добош 2 се доводи у обртно кретање обртањем основног електромотора 8 преко редуктора 9 [14].

Управљање радом оба електромотора обавља се ручицом за управљање 3 са контролером 5. При повлачењу терета оба електромотора (основни и помоћни) се обрћу истовремено и ручица за управљање 3 стоји у положају за намотавање. Фреквенција обртања помоћног мотора постиже се аутоматски и одговара брзом намотавању ужета на фрикциони добош 2. Приликом постављања ручице за управљање у положај - одмотавање ужета - основни електромотор започиње обртање у супротном смеру, а помоћни електромотор наставља да развија обртни момент у претходном смеру и тако делује супротно у односу на уже које се одмотава, па се уже тако задржава и деље у затегнутом положају [14].

5.3 Дизалични механизам за дизање

Механизам за дизање или витла са моторним погоном су намењени за дизање, задржавање, премештање и спуштање терета помоћу челичног ужета или ланца. Могу да реду самостално или у саставу дизалице. Главни делови механизма за дизање су (слика 5.6): редуктор 1, добош 2, кочница 3, електромотор 4 и котурача 5. Пренос обртног момента од мотора до добоша је остварен преко редуктора (крути преносни механизам), а од добоша до терета је остварен преко ужета (гипког преносног елемента).



Слика 5.6 Шема конструкције механизма за дизање [2]

На слици 5.7 су приказане неке од шема могућих концепција механизма за дизање терета [2].

Шема а – садржи електромотор 1, еластичну спојницу са кочницом 2, хоризонтални редуктор 3, добош 6 и спољашњи зупчасти пар (4-5), који дају могућност конструктору да постигне жељени преносни однос између вратила електромотора и добоша.

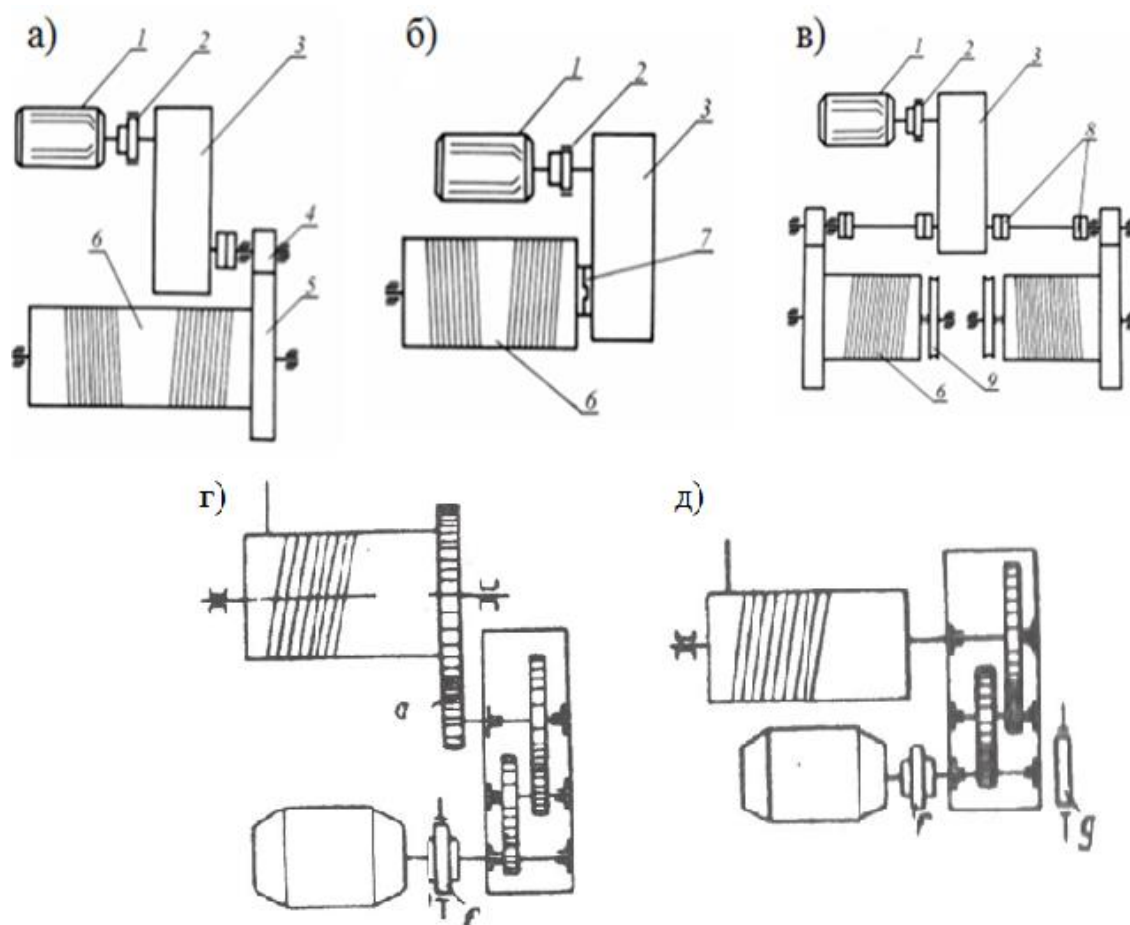
Шема б – садржи електромотор 1, еластичну спојницу са кочницом 2, хоризонтални редуктор 3, добош 6 и зупчасту спојницу 7, која се према моменту савијања понаша као Герберов зглоб.

Шема а и б се примењују за мање и средње носивости $Q \leq 250 \text{ kN}$.

Шема в – садржи електромотор 1, еластичну спојницу са кочницом 2, хоризонтални редуктор 3, одакле се обртни момент преко спојница 8 и спољашњих зупчастих парова преноси на добоше 6 и непокретни котур 9. Оваква концепција се примењује за носивости $Q \leq 320 \text{ kN}$, односно када се у погон уграђује двојна катурача са осам кракова ужета, јер у супротном добош би био сувише велике дужине због велике дужине ужета.

Шема г – недостатак је велики притисак (од обимне силе зупчаника a) на вратило редуктора, које има погонски зупчаник на конзоли.

Шема д – примењује се за дизалице са већим брзинама дизања. Кочница се нормално поставља на еластичној спојници f између мотора и редуктора. Понекад, из конструктивних разлога кочница g се ставља на другу страну редуктора.



Слика 5.7 Шеме концепција погона за дизање терета [2]

5.3.1 Механизам за дизање терета код колица мосне дизалице

Различита извођења и конструктивна решења механизма за дизање и њихових захватних средстава чине мосне дизалице разноврсним. Једно од могућих решења је да тело витла може бити стојеће или viseће. Стојеће витло (слика 5.8) се ставља на носећу конструкцију двошинских колица, која се крећу по горњем појасу главних носача двогредних дизалица. Vисеће, или витло са ушицом, (слика 5.9) се причвршћује за viseћа колица, која се крећу по доњем појасу главног носача једногредних дизалица.

Колеса се састоје од челичног рама с точковима. На рам је постављен погон кретања колица и погон дизања. Код viseћих колица веома је често решење у којем погон дизања виси испод колица, а међусобна веза је остварена цилиндричним зглобовима.



Слика 5.8 Стојеће покретно витло [15]

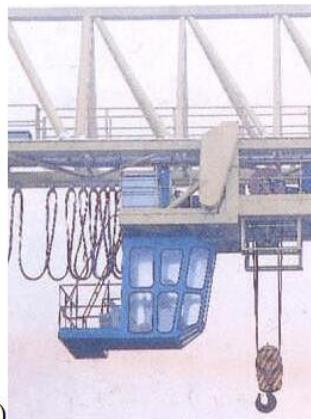


Слика 5.9 Vисеће електрично витло [15]

Управљање радом витла може да буде преко тастера са тастатуром, са пода (слика 5.10 а), а за брзине премештања колица до 32 m/min (брзина коју руковаоц дизалице остварује нормалним ходом) или за веће брзине из кабине за управљање, тако што се кабина премешта заједно са витлом, преко ужета и катураче, дуж линијске стазе монореј дизалице (слика 5.10 б).



а)



б)

Слика 5.10 Управљање витлом: а) преко тастера са тастатуром, б) из кабине за управљање [15]

На слици 5.11 приказан је механизам за дизање савремене конструкције. Компоненте код овог механизма су конфигуриране тако да формирају концентричне цилиндри са заједничком осом, чиме се постиже веома компактно решење малих габарита. Тело витла у коме је смештен добош са вођицом ужета обједињује кочионе моторе са конусном кочницом и редукторе са цилиндричним или планетним зупчаницима у једну конструктивну целину.



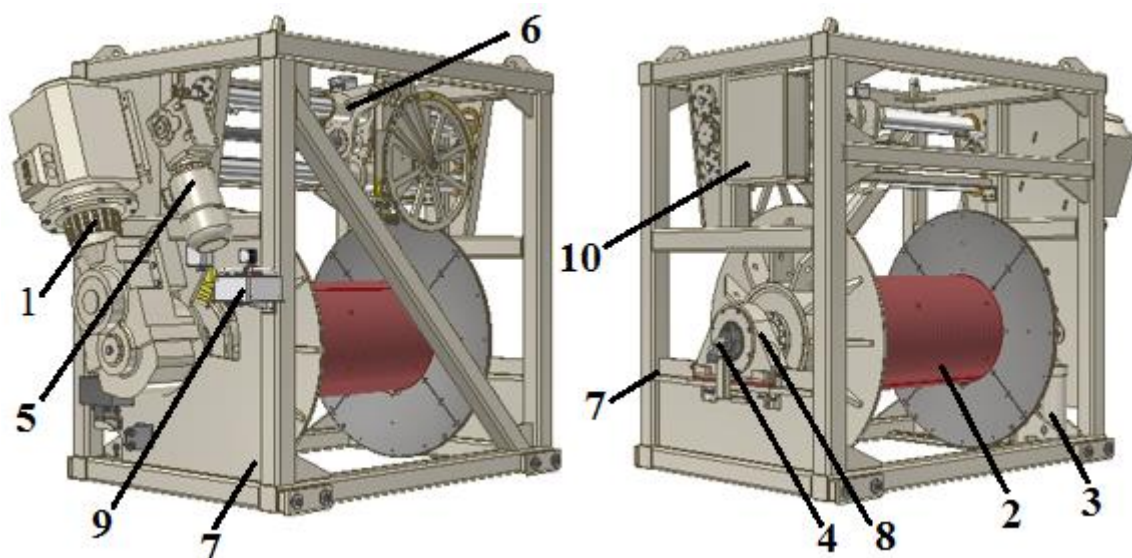
Слика 5.11 Двобрзинско електрично витло типа „Demag” [16]

Савремено витло на електрични погон израђује са такозваним микропогоном, којим се обезбеђује осим постојећих нормалних брзина дизања и спуштања терета, такође и обављање радова веома малим брзинама, које су потребне нпр: за тачно постављање елемената на машину за обраду резањем, за уравнотежавање ротационих елемената, при извршењу радова монтаже или при спуштању калупа у ливницама... Промена брзине дизања или спуштања обавља се применом електромотора са више пари полова, или помоћног електромотора мале снаге, који погони добош малом брзином преко додатног преносника, а такође и применом механичког уређаја - укључивањем додатног преносника преко фрикционе спојнице.

6. Бродско витло за хидрографска испитивања

Бродско витло за хидрографска испитивања је погодно за спуштање, подизање и задржавања на жељеној висини различитих уређаја за испитивање до одређене тежине помоћу ужета или кабла. Основни делови витла су: добош, уже или коаксијални кабл, две погонске јединице, систем за вођење ужета или коаксијалног кабла, рам, кочница и клизни прстен.

Са слике 6.1 може се видети да добош витла 2 за хидрографска испитивања добија погон од погонске јединице 1 (од електромотора преко редуктора) посредством ожљебљеног вратила, а другим крајем се ослања на кућиште лежаја 8 које је везано за рам 7 витла. Кочница 3 се налази на кочионом добошу између редуктора погонске јединице 1 и добоша 2. Систем за вођење ужета или коаксијалног кабла 6 добија погон од погонске јединице 5 (од електромотора преко редуктора) посредством ожљебљеног вратила, а другим крајем је фиксирано за рам 7 витла. Клизни прстен је повезан за добош 2 и кућиште лежаја 8 и има функцију да преноси електричну струју и сигнале. За рам витла су фиксно везане управљачка кутија 9 и командна табла 10 које служе за лакше управљање витлом.



Слика 6.1 Конструкција витла за хидрографска испитивања

Радно оптерећење се добија на основу вучне силе. За ову конструкцију износи 11 t.

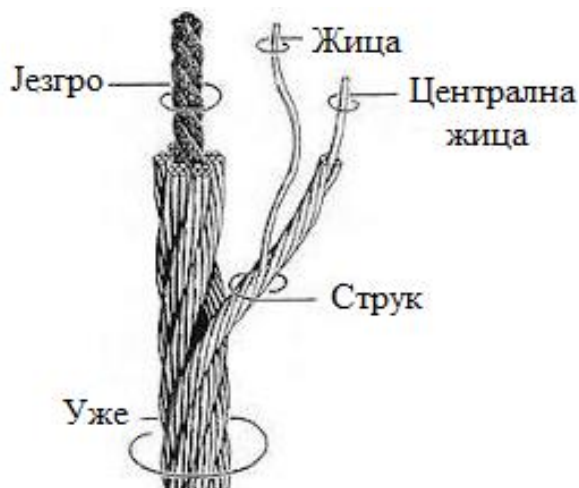
У радно оптерећење спада:

- тежина терета које се подиже и спушта,
- отпори кретања терета који се подиже и спушта у флуиду (вода),
- тежина ужета и
- тежина осталих радних елемената.

6.1 Уже

Уже (слика 6.2) се израђује од танких челичних жица које се на посебним машинама увијају око централне жице у струк, а од струкова се затим њиховим увијањем прави уже. Увијање струкова врши се око средишњег дела или језгра.

У инжењерским прорачунима уже се посматра да је оптерећено на савијање, увијање и затезање.



Слика 6.2 Ужје

Уже се користи као елемент за:

- подизање терета,
- као вучни елемент или
- носећи елемент.

Према својим основним карактеристикама као што су материјал, чврстоћа, трајност и подручја примене језгро може да буде [2]:

- влакнасто,
- од азбесног материјала и
- челично влакно.

Влакнаста ужад имају слабе механичке особине, брзо се хабају, подложна су утицају атмосферских прилика и не користе се као носећа средства, већ само за везивање и вешање терета на куку. Влакнаста ужад се плету од природних или вештачких влакана. Природна влакна од којих се најчешће прави уже су: кудеља, манила, јута и сисал. Најчешћи материјали синтетичких влакана су: полиамид, полиестер и полипропилен.

Ужад чије је језгро од азбесног материјала се користе за рад под високим температурама.

Челично уже има широку примену због његове јачине. Идеално је за покретање разних машина и механизма.

Особине ужета [2]:

- велика јачина на кидање,
- релативно велика еластичност,
- трајност,
- сигурност у раду,
- једноставна израда,
- нису осетљива на преоптерећење и ударе,
- кретање без удара и при великим брзинама,
- релативно ниска цена коштања,
- мања тежина у односу на ланце,
- већа гипкост у свим правцима,

Уже се не сме користити ако постоје [2]:

- прекинуте или неправилно намотане жице,
- похабана места,
- промена пречника,
- петље.

Ужад представљају један од најодговорнијих елемената дизалице, па се њиховом избору, коришћењу и одржавању мора посветити посебна пажња како би се избегле незгоде које узрокују велике материјалне штете, али и угрожавају здравље људи.

Челична ужад се морају подмазивати машћу која не садржи киселине и која се добро прилепљује на уже.

Потребно је контролисати свако оштећење ужета, испадање са добоша, стварање чворова, стварање петљи и слично. Уже се мора заменити ако у једном струку на дужини од једног намотаја тога струка има прекинутих жица више од 4% (проценат зависи од коефицијента сигурности ужета). Такође, уже се мора заменити ако су жице на једном месту толико кородирале (зарђале) да постоји опасност прекида ужета.

Чишћење ужета пре подмазивања врши се четком од длаке натопљеном у керозину. Чишћење металном четком и другим металним предметима није дозвољено.

6.2 Коаксијални кабл

Коаксијални каблови спадају у врсту електричних каблова и користе се за пренос електричног сигнала са једне локације на другу. Кабл (слика 6.3) се састоји од два проводника: средишњег проводника (бакарног проводника) и спољашњег проводника (ширма). Проводници су различито конструисани да би обезбедили рад у широком фреквенцијском опсегу и одвојени су диелектричним материјалом (изолационим слојем). Спољашњи проводник је обложен спољашњим омотачем (заштитни гумени омотач) који служи као заштитна облога од лоших утицаја из окружења. Средишњи проводник и спољашњи проводник су конфигурисани тако да формирају концентричне цилиндри са заједничком осом, па се због тога користи термин и име коаксијални.



Слика 6.3 Коаксијални кабл [17]

Сваки од делова кабла има своју функцију [18]:

- средишњи проводник (бакарни проводник) – проводи електричне сигнале који представљају податке;
- изолациони слој – штити бакарну жицу и прави изолацију између ње и ширма;
- спољашњи проводник (ширм) – апсорбује електромагнетне сметње (шум) и спречава мешање са сигналом;
- спољашњи омотач (заштитни гумени омотач) – штити кабл од спољних утицаја и оштећења.

Бакарна жица и ширм не смеју доћи у контакт јер ће се онда шум који ширм треба да отклони пренети на сигнал који се проводи и као резултат добија се лошија слика. Такође, коаксијални каблови користе ширм да их штити од "преслушавања", тј. прелажења сигнала са проводника који се налазе у близини.

Уобичајени материјали који се користе за средишњи проводник су бакар, калаисани или посребрени бакар.

Материјал изолационог слоја пожељно је да има стабилне електричне карактеристике (диелектричну константу и фактор расипања) у широком опсегу фреквенција. Најчешће коришћени материјали су: полиетилен (ПЕ), полипропилен (ПП), флуорирани етилен пропилен (ФЕП) и политетрафлуоретилен (ПТФЕ). Полиетилен и полипропилен су пожељни у применама ниже јачине струје и температуре (ПЕ је 85°C, ПП је 105°C). ФЕП и ПТФЕ су за примене веће јачине струје и температуре (200°C) и нуде нека додатна својства отпорности на околину. Материјали се могу користити у њиховој природној форми (чврсти) или убризгани са ваздушним мехурићима (пеном) како би се побољшала диелектрична константа и електрична својства материјала и кабла [19].

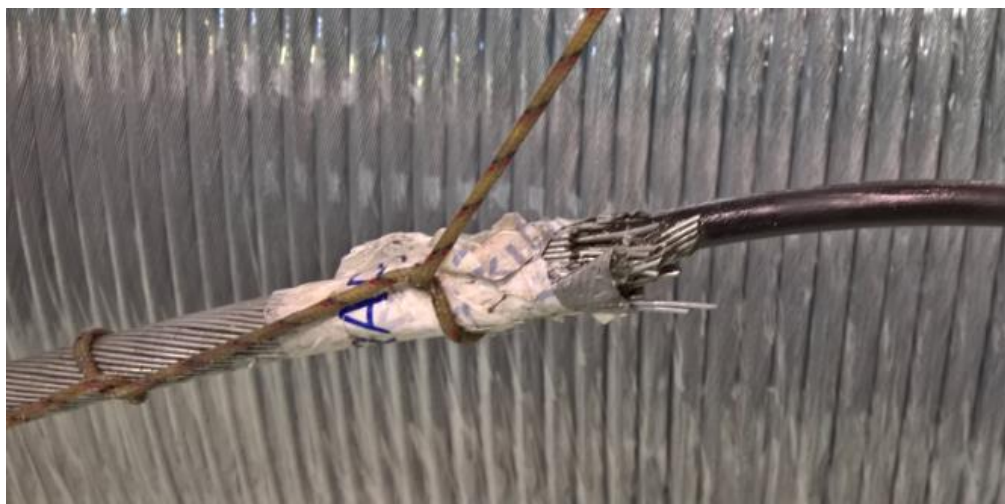
Спољашњи проводник (ширм) се обично прави од неколико мањих алуминијумских или бакарних проводника заједно. Ови проводници су ткани заједно како би се обликовала плетеница око изолационог слоја и на тај начин добила уплетена метална мрежа.

Типични материјали за спољашњи омотач укључују поливинилхлорид (ПВЦ), полиетилен (ПЕ), флуорирани етилен пропилен (ФЕП), поливинилиден флуорид (ПВДФ) [19].

Поред основних делова коаксијалног кабла често се додају и други елементи. Тако, на пример, да би се испунио захтев за добијање веће вредности фреквенција додају се додатне уплетене металне мреже или алуминијумска фолија због побољшања ефикасности спољашњег проводника. Такође, када је то потребно додаје се и метални омотач који штити проводник од влаге, механичких оштећења, хемијских деловања раствора и електромагнетних поља.

Приликом конструисања витла за хидрографска испитивања изабран је коаксијални кабл типа A304097 произвођача „The Rochester Corporation“. Овакав тип кабла је саставни елемент за бројне океанографске употребе јер пружа различита телеметријска решења. Може издржати значајна оптерећења јер се око кабла уплићу челичне жице (слика 6.4). Може да садржи појединачне и вишеструке проводнике и има их у различитим величинама [20].

Приликом прорачуна витла усваја се да је вредност пречника кабла 18 mm, иако је у реалном случају нешто мања од усвојене, због тога да би се витло могло искористити и за намотавање челичног ужета пречника 18 mm.



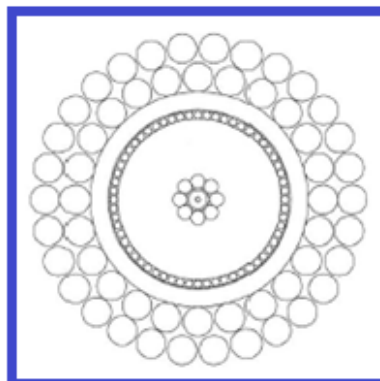
Слика 6.4 Коаксијални кабл типа A304097

Спецификација коаксијалног кабла која је приказана на слици 6.5 је преузета из архиве у фирми „Рарп Застава“. На слици 6.5 се може видети попречни пресек коаксијалног кабла типа A304097, вредност његове тежине 1,017 kg/km и препоручена вредност минималног полупречника савијања кабла 36 cm.

Уже или коаксијални кабл се причвршћује за добош помоћу завртањских веза на начине који се усвајају конструктивним решењем. Постоји велики број начина везивања, при чему је потребно да уже или коаксијални кабл буду тако усмерени како би се лако и правилно намотали на добош без икаквих наглих преламања.

DATALINE®

Description	Inch	mm
OPTIC WAVEGUIDE		
Fiber: 8.3/125/245 μ m SMF	0.010	0.25
Buffer: Hytel®	0.038	0.97
Belt: Nylon	0.046	1.17
CONDUCTOR		
8/0.0285" (3.3 mm ²) HD Cu	0.103	2.62
INSULATION		
LD Polyethylene	0.329	8.36
RETURN		
60/0.0159" (7.7 mm ²) HD Cu	0.361	9.17
Tape: Cu Polyester	0.369	9.37
BELT		
HD Polyethylene	0.446	11.33
ARMOR (2-Layers)		
24/0.060" GEIPS	0.560	14.22
30/0.060" GEIPS	0.680	17.27



Hytel® = Dupont Trademark

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Nominal Values @ 20°C	Metric	English
PHYSICAL		
Wt. in Air	1,017 kg/km	684 lb/kft
Wt. in Seawater	806 kg/km	542 lb/kft
Specific Gravity	5.0	5.0
Recommended Temperature Range	-20°C to 80°C	-4°F to 176°F
MECHANICAL		
Breaking Strength	178 kN	40,000 lbf
Recommended Working Load	44 kN	10,000 lbf
Recommended Minimum Bend Radius	36 cm	14"
ELECTRICAL		
Voltage Rating	3,000 V	3,000 V
Insulation Resistance		
inner to outer cdr. @ 500 Vdc	24,000 M Ω ·km	80,000 M Ω ·kft
outer cdr. to armor @ 500 Vdc	1,200 M Ω ·km	4,000 M Ω ·kft
dc Resistance		
inner conductor	5.67 Ω /km	1.73 Ω /kft
outer conductor	2.56 Ω /km	0.78 Ω /kft
Attenuation		
@ 0.1 MHz	1.7 dB/km	0.5 dB/kft
@ 0.5 MHz	3.8 dB/km	1.2 dB/kft
@ 1.0 MHz	5.4 dB/km	1.6 dB/kft
@ 5.0 MHz	12.0 dB/km	3.7 dB/kft
@ 10.0 MHz	17.0 dB/km	5.2 dB/kft
Characteristic Impedance		
@ 1 MHz	50 Ω	50 Ω
Capacitance	105 pF/m	32 pF/ft
OPTICAL		
Attenuation		
@ 1310 nm	0.45 dB/km	
@ 1550 nm	0.30 dB/km	

Слика 6.5 Спецификација коаксијалног кабла типа A304097

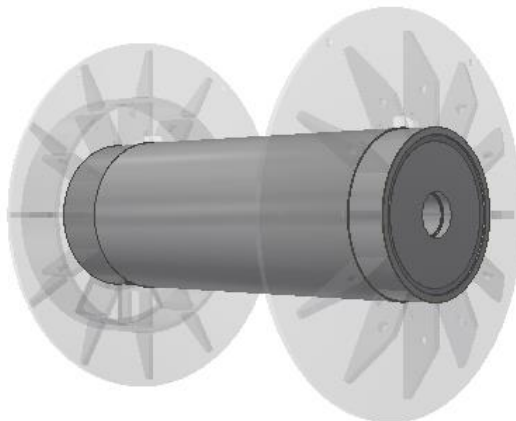
6.3 Добош (бубањ)

Добош је цилиндричног облика и служи за намотавање кабла претварајући обртно кретање делова механизма за дизање у транслаторно кретање терета. Израђује се од сивог лива, челичног лива и челичног лима за носеће конструкције (израда заваривањем).

Зид тела добоша је изложен сложеном напрезању услед притиска, увијања и савијања.

Омотач добоша може бити са глатком или нарезаном површином. Намотавање ужета на омотач добоша се врши у једном или више слојева. Приликом намотавања треба водити рачуна да се уже правилно намота, тако да се спречи заплитање ужета на добош. То се већином постиже намотавањем на ожљебљени добош или коришћењем лебус система.

Приликом израде витла за хидрографска испитивања коришћена је цев добоша (омотач добоша) (слика 6.6) са глатком површином на коју се поставља лебус. Цев добоша се састоји од дебелозидне цеви за коју се заварују кружне чеоне плоче за које се везују рукавци (вратила којим се добош ослања на рам) добоша.



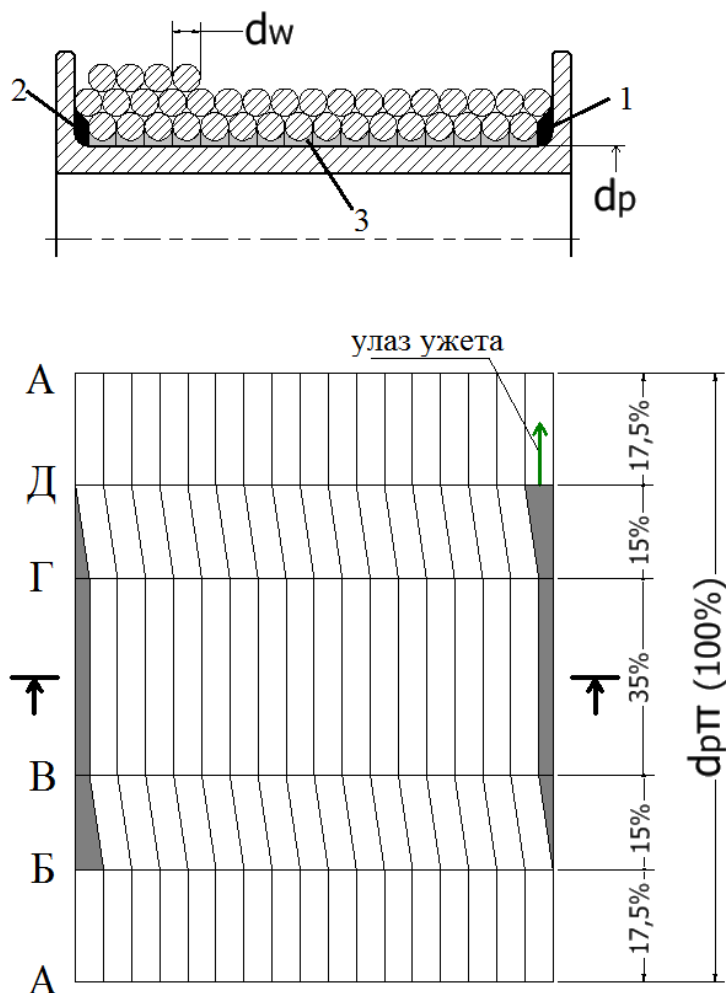
Слика 6.6 Цев добоша

Лебус (слика 6.7) систем представља начин контроле намотавања ужета на добош витла. Прави се од дебелозидне цеви машинирањем. Лебус се помоћу завртњева са упуштеном главом (DIN 7991) везује за цев добоша.



Слика 6.7 Лебус [21]

Принцип рада лебус система (слика 6.8) [22]: Први слој ужета постављен је у ожебљене елементе 3 монтиране на омотач добоша. Опсег добоша подељен је у четири сегмента, од којих су у два сегмента (В-Г и Д-А-Б) жљебови паралелни с чеоном плочом добоша, а у друга два сегмента (Б-В и Г-Д) жљеб има успон од $d_w/2$. Посебно обликовани клинасти уметци 1 и 2 служе за исправно намотавање и вођење ужета. На овакав начин је постигнуто добро слагање ужета.

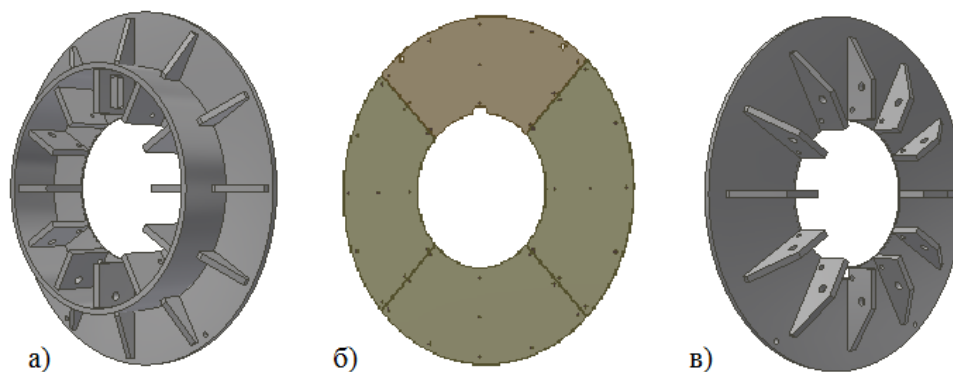


Слика 6.8 Принципа рада лебус сисема

Предности коришћења лебус система су:

- дужи животни век ужета,
- побољшање перформанси витла,
- повећана сигурност и контрола,
- смањено време рада машине,
- уштеда новца и времена.

У чеоне плоче бубња спадају бочна страна са добошем (слика 6.9 а) и друга бочна страна (слика 6.9 в). Оне су са унутрашње стране обложене корекционим плочама из два или више сегмената (слика 6.9 б), које примарно служе за кориговање броја намотаја ради правилног намотавања ужета и због омогућавања да на добош може да се намота уже различитог пречника и типа. Корекционе плоче се израђују од нерђајућег челика, а може и од пластике уколико је уже осетљиво на челичне опилјке. Везују се за чеоне плоче завртњевима са упуштеном главом. Чеоне плоче садрже ребра за укрућења која се усвајају на основу прорачуна и искуства.



Слика 6.9 Чеоне плоче бубња и корекциона плоча

6.3.1 Прорачун пречника добоша

Како би се омогућило правилно функционисање витла основни предуслов је да се пречник цеви добоша d_p бира на основу минималног полупречника савијања кабла који је дат у спецификацији (слика 6.5). Његова вредност се бира тако што се узима иста или већа вредност од минималног пречника савијања. У овом случају се усваја иста вредност $d_p = 720 \text{ mm}$.

На основу усвојеног пречника цеви добоша d_p , датог пречника кабла d_w и дате дужине кабла l_u бира се дужина добоша L , тако што се усваја стандардна вредност на основу претходних искустава за витла са сличним карактеристикама и бројним вредностима пречника и дужине. Усваја се вредност $L = 1470 \text{ mm}$.

Полазни подаци су (слика 6.10):

$$l_u = 6000 \text{ m}$$

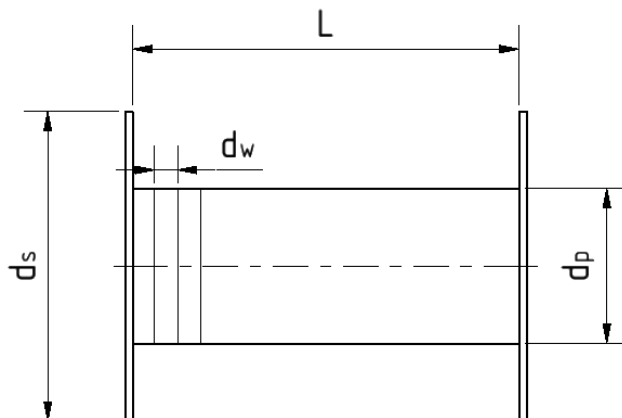
$$L = 1470 \text{ mm}$$

$$d_p = 720 \text{ mm}$$

$$d_w = 18 \text{ mm}$$

$$F_n = 110 \text{ kN}$$

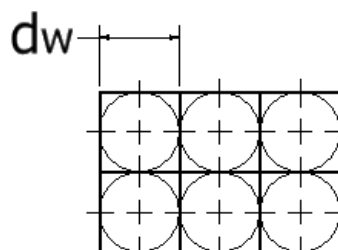
$$\vartheta_{diz} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Слика 6.10 Скица добоша витла

Пречник стране добоша d_s може да се одреди на два начина.

➤ **Први начин:**



Слика 6.11 Први начин слагања ужета

Ако се узме у обзир да се кабл слаже као на слици 6.11 и да су добош и кабл геометријска тела у облику ваљка, онда пречник стране добоша може да се израчуна помоћу следећег израза:

$$V_u = V_s - V_p \quad (6.1)$$

где су:

V_u – запремина ваљка кабла;

V_p – запремина ваљка пречника цеви добоша;

V_s – запремина ваљка пречника стране добоша.

Ако је:

$$V_p = \left(\frac{d_p}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot L \quad (6.2)$$

$$V_s = \left(\frac{d_{s1}}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot L \quad (6.3)$$

$$V_u = d_w^2 \cdot l_u \quad (6.4)$$

где је:

d_{s1} – спољашњи пречник последњег слоја

$$d_{s1} = d_t + d_w \quad (6.5)$$

где је:

d_t – средњи пречник последњег слоја

Треба напоменути да се за основу при изразу за запремину ваљка кабла узима квадрат због бољег запреминског искоришћења добоша.

Заменом израза 6.2, 6.3 и 6.4 у израз 6.1 добија се:

$$d_w^2 \cdot l_u = \left(\frac{d_{s1}}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot L - \left(\frac{d_p}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot L \quad (6.6)$$

Када се полазни подаци замене у израз 6.6 добија се:

$$18^2 \cdot 6000 \cdot 10^3 = \left(\frac{d_{s1}}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot 1470 - \left(\frac{720}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot 1470$$

$$\left(\frac{d_{s1}}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot 1470 = 2542207680$$

$$\frac{d_{s1}}{2} = \sqrt{550762,095}$$

$$d_{s1} = 1484,266 \text{ mm}$$

Заменом вредности у израз 6.5 добија се:

$$d_t = 1466,266 \text{ mm}$$

Ако се узме у обзир да при прорачуну укупне вредности пречника странице добоша мора се узети и вредност m (слика 6.12), онда следи да је:

$$d_s = d_t + 2m \quad (6.7)$$

где је:

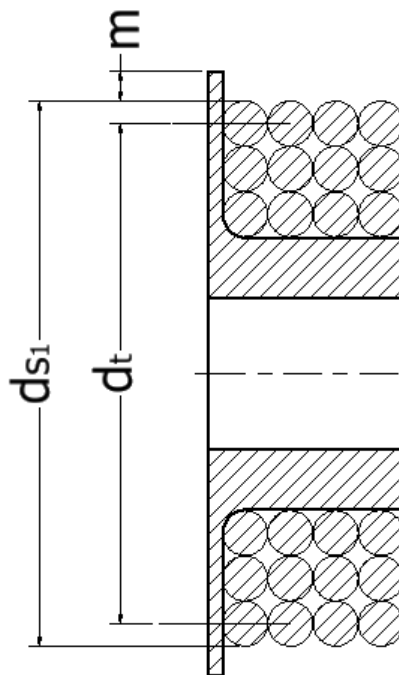
m – разлика између пречника странице добоша и средњег пречника последњег слоја

Вредност m је одређена DNV (Det Norske Veritas, Standard for certification No.2.22, Lifting appliances [23]) стандардом и износи:

$$m = d_w \cdot 2,5 \quad (6.8)$$

Из израза 6.7 и 6.8 следи да је:

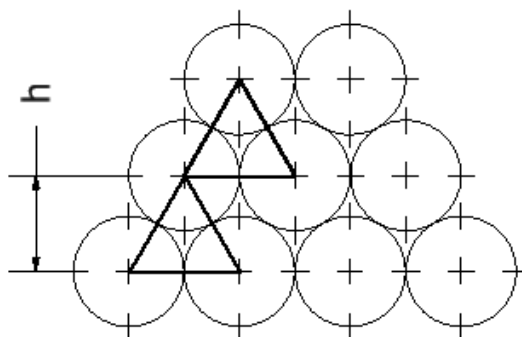
$$d_s = 1556.266 \text{ mm}$$



Слика 6.12 Пречници намотаних слојева кабла

➤ Други начин:

Ако узмемо у обзир да се кабл слаже као на слици 6.13, може се видети да центри кружница попречног пресека добоша са каблом су у положају као на слици 2 и налазе се на крајевима једнакостраничног троугла.



Слика 6.13 Дуги начин слагања ужета

Приликом оваквог начина намотавања разлика између два намотана слоја је h , што представља висину једнакостраничног троугла.

Вредност h се израчунава помоћу следећег израза:

$$h = \frac{d_w \sqrt{3}}{2} \quad (6.9)$$

Да би смо добили вредност спољашњег пречника последњег слоја кабла прво је потребно одредити колико слојева кабла дужине 6 000 m и пречника 18 mm се може намотати на добош.

Број слојева кабла можемо одредити помоћу следећег израза:

$$\sum_{n=0}^{i=x} \left((i \cdot 2h_n + d_p \cdot \pi) \cdot \frac{L}{d_w} \right) = 6\,000 \quad (6.10)$$

где је:

x – број слојева кабла;

h - разлика између два намотана слоја.

$$\frac{L}{d_w} = \frac{1470}{18} = 81,667 \quad (6.11)$$

Усваја се да је $\frac{L}{d_w} = 80$ због тога што се гледа мања вредност и што кабл не прави пун круг приликом првог намотаја.

Заменом вредности у израз 6.10 добија се да је број слојева кабла који може да се намота на добош 28.

Након што се израчуна број слојева кабла, може се израчунати спољашњи пречник последњег слоја кабла помоћу следећег израза:

$$d_{s1} = x \cdot h + d_p \quad (6.12)$$

Заменом вредности у израз 6.12 добија се:

$$d_{s1} = 28 \cdot 15,6 + 720 = 1156,8 \text{ mm}$$

Заменом вредности у израз 6.5 добија се:

$$d_t = 1138,8 \text{ mm}$$

На основу израза 6.7 и 6.8 добија се:

$$d_s = 1228,8 \text{ mm}$$

Приликом конструисања витла за хидрографска испитивања одређивање пречника странице добоша врши се према првом начину и на основу њега се усваја већа стандардна вредност за пречник странице добоша. Због стандардизације производа прорачун се врши на први (конзервативни) начин јер се добија већа вредност пречника странице добоша у односу на други начин, па је самим тим омогућена шири примена витла за већу дужину и пречник кабла.

Усваја се да је $d_s = 1590 \text{ mm}$.

Уколико постоје захтеви или ограничења за добијање компактнијег витла дат је други начин који даје реалнију слику намотавања.

6.3.2 Прорачун радних карактеристика добоша

Полази се од услова да је:

$$M_d = M_t = M_n = M \quad (6.13)$$

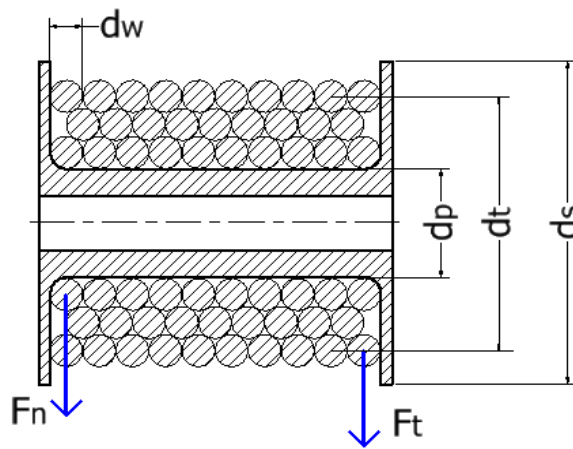
где су:

M_d – момент услед силе на добошу;

M_t – момент услед силе на последњем слоју;

M_n – момент услед номиналне силе.

Захтевана номинална сила F_n делује на средњем пречнику првог намотаног слоја у каблу, а сила на последњем слоју F_t делује на средњем пречнику последњег намотаног слоја у ужету (слика 6.14).



Слика 6.14 Силе које делују у првом и последњем намотаном слоју кабла

$$M_n = F_n \cdot \left(\frac{d_p}{2} + \frac{d_w}{2} \right) \quad (6.14)$$

$$M_t = F_t \cdot \frac{d_t}{2} \quad (6.15)$$

Заменом израза 6.14 и 6.15 у услов који је дефинисан изразом 6.13 добија се да је:

$$F_n \cdot \left(\frac{d_p}{2} + \frac{d_w}{2} \right) = F_t \cdot \frac{d_t}{2}$$

Заменом полазних података у претходни израз добићемо вредност силе на последњем слоју:

$$F_n \cdot \frac{d_p + d_w}{2} = F_t \cdot \frac{d_t}{2} \quad / \cdot 2$$

$$F_n \cdot (d_p + d_w) = F_t \cdot d_t$$

$$110 \cdot 10^3 \cdot (720 \cdot 10^{-3} + 18 \cdot 10^{-3}) = F_t \cdot 1466,266 \cdot 10^{-3}$$

$$81180 = F_t \cdot 1,466$$

$$F_t = 55375,171 \text{ N} = 55,375 \text{ kN}$$

Заменом вредности у израз 6.15 добија се:

$$M_t = 55375,171 \cdot \frac{1466,266 \cdot 10^{-3}}{2}$$

$$M_t = 40597,365 \text{ Nm} = 40,597 \text{ kNm}$$

Следи да је:

$$M_d = M_t = M_n = M = 40,597 \text{ kNm}$$

Сила на кочионом добошу је:

$$F_d = \frac{2 \cdot M}{d_d} = \frac{2 \cdot 40597}{1100 \cdot 10^{-3}} = 73813,229 \text{ N} = 73,813 \text{ kN} \quad (6.16)$$

где је:

d_d – пречник кочионог добоша

Сила кочења је:

$$F_b = F_d \cdot s_1 \cdot s = 73813,229 \cdot 1,5 \cdot 1,8 = 199295,907 \text{ N} = 199,296 \text{ kN} \quad (6.17)$$

где је:

s_1 – степен сигурности против проклизавања; $s_1 = 1,5$

s – DAF (Dynamic Amplification Factor-динамички фактор појачања); $s = 1,8$

Момент кочења је:

$$M_b = F_b \cdot \frac{d_b}{2} = 199295,907 \cdot \frac{1100 \cdot 10^{-3}}{2} = 109612,749 \text{ Nm} = 109,613 \text{ kNm} \quad (6.18)$$

где је:

d_b – пречник кочнице

Провера момента

$$M_b > M_{doz} \quad (6.19)$$

где је:

M_{doz} – дозвољени момент

$$M_{doz} = M \cdot s \quad (6.20)$$

Заменом вредности у израз 6.19 добија се:

$$109612,749 \text{ Nm} > 73075,097 \text{ Nm}$$

$$109,613 \text{ kNm} > 73,075 \text{ kNm}$$

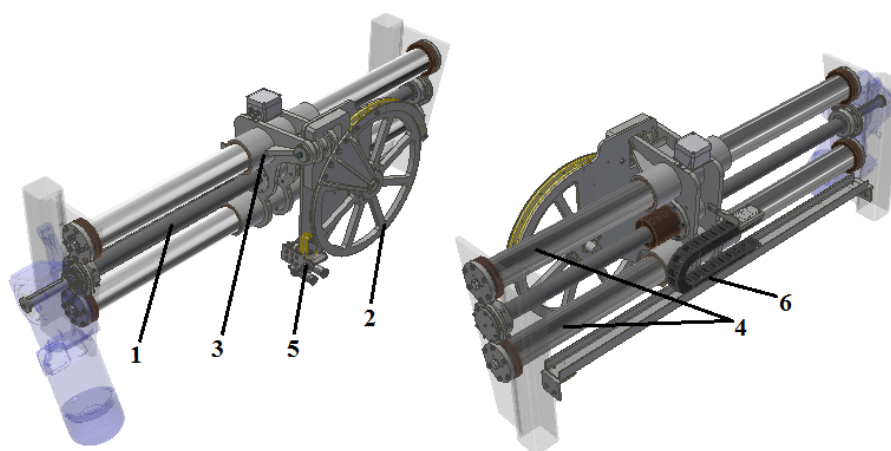
На основу одговарајућих претходно коришћених израза може се израчунати тежину терета и брзину дизања терета за одређену дужину кабла. Добијене вредности су приказане у табели 6.1

Табела 6.1 Тежина терета и брзина дизања терета за одређену дужину кабла

Дужина кабла	Пречник добоша [mm]	Тежина терета [t]	Брзина дизања терета [m/min]
Први слој	738	11	60
Пола дужине кабла	1 152	7,048	93,644
Цела дужина кабла	1 485	5,464	120,791

6.4 Систем за вођење ужета или коаксијалног кабла

У групу система код витла за хидриграфска испитивања, поред лебус система, спада и систем за вођење ужета или коаксијалног кабла (слика 6.15) без кога је правилно намотавање ужета или кабла на добош витла немогуће. Систем за вођење ужета или коаксијалног кабла се састоји од катураче 2 која се преко носача 3 ослања на ослонце 4 који су на оба краја фиксно везани за рам витла. Котурача је преко носача повезана за навојно вретено 1 које је на једном крају преко ожљебљеног вратила повезано за погон, а другим крајем је фиксно везано за рам витла. Завојно вретено се израђује од пуног округлог профила на стругу. На носачу се налази склоп индикатора 5 који служи да региструје одступање кабла од управног положаја. Вођица сигналног кабла 6 спроводи сигнални кабла од катураче до разводне кутије.



Слика 6.15 Систем за вођење ужета или коаксијалног кабла

Како би се продужио век трајања ужета пречник катураче се бира на основу минималног полупречника савијања ужета или кабла који је дат у спецификацији (слика 6.5). Његова вредност се бира тако што се узима иста или већа вредност од минималног пречника савијања. У овом случају се усваја већа вредност за пречник катураче која износи 810 mm због променљивих услова рада.

6.5 Погонске јединице

Приликом конструисања витла за хидрографска испитивања усвојене су две погонске јединице. Погонска јединица 1 има функцију да покрене добош на који се намотава коаксијални кабл, а погонска јединица 2 има функцију да покрене навојно вретено. Обе погонске јединице се састоје од електромотора и редуктора.

➤ Погонска јединица 1

Електромотор погонске јединице 1 се бира на основу потребне снаге која се добија на основу израза 5.10, па се затим усваја редуктор који одговара изабраном типу електромотора.

Заменом вредности у израз 5.10 добија се да је $P = 126,953 \text{ kW}$. Усваја се да је $P_{EM} = 132 \text{ kW}$ из каталога произвођача АВВ тип М3АА280_ІМВ35 [24] и редуктор ВРН328К_ІЕС280 компаније „Brevini Power Transmission“ [25].

С обзиром да су на основу искуства оптерећења при нормалној експлоатацији значајно мања од оних коришћених у прорачуну, оба елемента погонске јединице се повремено преоптерећују у дозвољеним границама ради остваривања захтеваних перформанси.

➤ Погонска јединица 2

Електромотор погонске јединице 2 такође се бира на основу потребне снаге која се добија на основу израза 5.10, а одговарајући редуктор се добија заједно са изабраним електромотором.

У овом случају, у изразу 5.10, ϑ_{diz} претставља брзину кретања навојног вретена која се рачуна на основу следећег израза:

$$\vartheta_{diz} = \frac{d_w \cdot 10^{-3}}{t_d \cdot 60} [m/s] \quad (6.21)$$

Време које је потребно да се добош окрене и направи пун круг t_d се рачуна на основу израза:

$$t_d = \frac{d_p \cdot \pi \cdot 10^{-3}}{60} [min] \quad (6.22)$$

Заменом вредности у израз 6.21 и 6.22 добија се да је брзина кретања навојног вретена $0,008 \text{ m/s}$.

Када се израчуна вредност брзине кретања навојног вретена, замени се добијена вредност у израз 5.10 и добија се да је $P = 1,016 \text{ kW}$ и на основу тога из каталога произвођача NORD усваја одговарајући електромотор и редуктор тип SK 9032.1_ІЕС132 [26].

6.6 Кочнице

Код транспортних уређаја и машина један од најодговорнијих склопова чине кочнице, којима се рад било ког механизма може контролисати. Помоћу њих се постиже велика сила трења, која омогућава да се механизам за одређено време и на одређеном месту заустави. Свеукупни пораст производње и раст производних капацитета довели су до потребе повећања брзине кретања и увећања масе терета који се преноси и зауставља, што је допринело стварању потребе за конструисањем нешто сложенијих кочних уређаја на транспортним уређајима и машинама. Кочнице дизалично-транспортних машина не обезбеђују само безбедан рад ових машина, већ битно утичу и на њихов капацитет. За повећање капацитета механизма потребно је скратити период кочења. Међутим, рад при максимално успорењу није увек дозвољен, јер приликом интензивних кочења погонских елемената настају силе кочења које знатно превазилазе допуштена статичка преоптерећења, због чега се при изненадном и оштром кочењу нарушава чврстоћа спојева, што проузрокује хабање спојница, лежаја, зупчаника и точкова. Сви механизми дизаличних машина су опремљени уређајима за кочење поузданог дејства [27].

Основна намена уређаја за кочење је да обезбеди [2]:

- код механизма за дизање заустављање терета и његово задржавање на висини;
- код механизма за премештање заустављање погонских механизма на одређеном зауставном путу кочења;
- безбедан рад транспортних уређаја и машина.

Све кочнице, независно од конструкције, морају да [2]:

- остваре довољан момент кочења према задатим условима рада,
- могу брзо да се затворе и отворе,
- имају довољну чврстоћу и трајност елемената у односу на конструкцију кочнице у целини,
- буду једноставне конструкције,
- имају ниску цену коштања,
- остваре поуздан рад уз минимално хабање радних елемената,
- имају минимално могућу масу и габаритне мере,
- омогућавају визуелну контролу, регулацију и замену похабаних делова,
- раде у границама дозвољених радних температура.

Једна од основних подела механичких кочница је према конструкционом извођењу на:

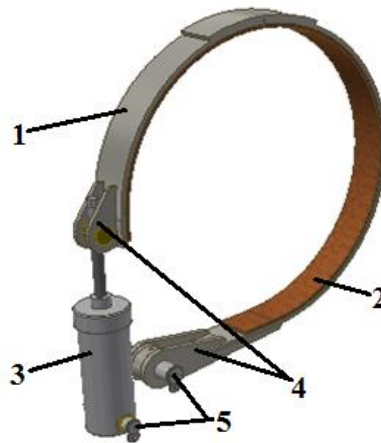
- кочнице са папучама,
- кочнице са траком,
- кочнице са диском и
- конусне кочнице.

Приликом конструисања витла за хидрографска испитивања изабрана је кочница са траком или појасна кочница.

6.6.1 Појасна кочница (тракаста кочница)

Појасна кочница (слика 6.16) служи за успоравање и заустављање обртног кретања добоша. Радни елемент је у облику савијене челичне траке и назива се кочиона трака 1. Кочиона трака је са унутрашње стране обложена траком од фрикционог материјала (кожа, дрво, тканина) која се назива фрикциона облога 2. Фрикциона облога служи да би се увећао коефицијент трења између добоша и кочионе траке. Фрикциона облога се везује за кочиону траку, док се ушке 4 за везивање такође везују за кочиону траку. Један крај кочнице се везује осовиницом 5 за рам конструкције, а други крај кочнице се везује за хидраулични цилиндар 3 који је такође осовиницом 5 везан за рам конструкције. Хидраулични цилиндар у себи има опругу због аутоматског отпуштања кочнице.

Затезањем кочионе траке цилиндром, као на слици 6.17, настаје момент кочења који је последица силе трења између контактних површина добоша и фрикционе облоге. Сила трења се дуж контактне површине мења између максималне и минималне вредности.

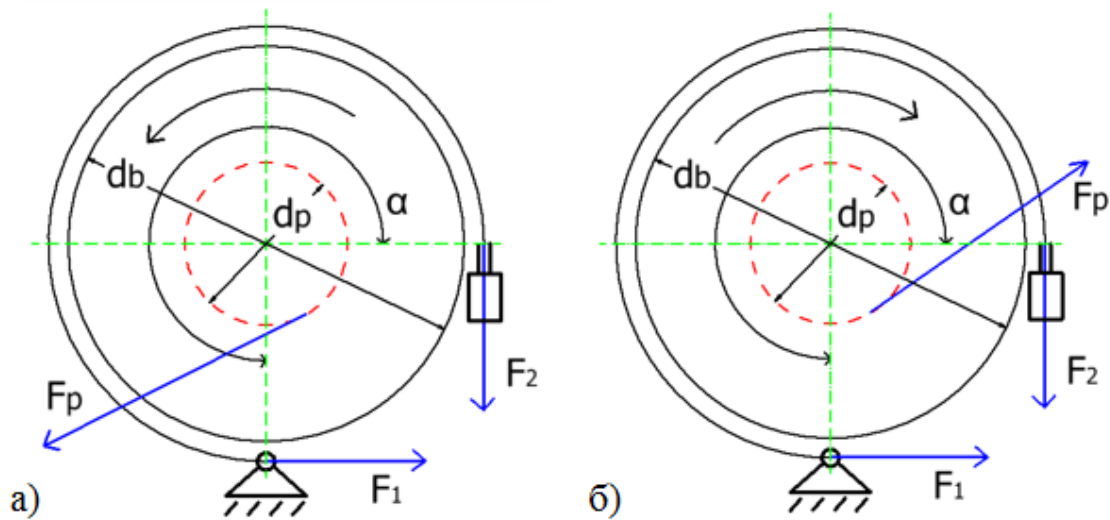


Слика 6.16 Појасна кочница

Једна од главних предности појасне кочнице је једноставна и компактна конструкција. Све док се добош и елементи тракасте кочнице који се користе редовно чисте и одржавају правилно, постоји мала вероватноћа да ће доћи до било каквог нежељеног дејства које би могло да омета кочење. За кочницу и добош је посебно важно да се не дозволи прегрејавање па се због тога хладе водом. Уколико се облоге прегреју смањује се коефицијент трења и учинак кочења пада.

Појасна кочница може да буде такозвана позитивна и негативна у зависности од смера обртања добоша. Ако је смер обртања добоша супротан смеру казаљке на сату, онда се ради о позитивној појасној кочници (слика 6.17 а), а ако је смер обртања добоша у смеру казаљке на сату, онда је појасна кочница негативна (слика 6.17 б). Код позитивне и негативне појасне кочнице на месту фиксног ослоња делује сила F_1 , док на месту хидрауличног цилиндра делује сила F_2 . Смер ове две силе је приказан на слици 6.17. Још једна битна разлика између позитивне и негативне појасне кочнице, осим смера обртања бубња, је у томе што код позитивне појасне кочнице максимална вредност силе затезања је на месту хидрауличног цилиндра F_2 , а минимална вредност је на фиксном крају појаса F_1 , а код негативне појасне кочнице је обрнуто. Због тога приликом кочења позитивна појасна кочница кочи у месту, док негативна појасна кочница кочи са проклизавањем.

Приликом конструисања витла за хидрографска испитивања изабрана је позитивна појасна кочница из разлога што одмах (у месту) долази до закачења.



Слика 6.17 а) Позитивна појасна кочница; б) Негативна појасна кочница

6.6.1.1 Прорачун појасне кочнице

Полазни подаци су:

$$\mu = 0,3$$

$$\alpha = 270^\circ = \frac{270^\circ \cdot \pi}{180} = \frac{270^\circ \cdot 3,14}{180} = 4,71$$

$$\lambda = e^{\mu \cdot \alpha} = e^{0,3 \cdot 4,71} = e^{1,413} = 4,11 \quad (6.23)$$

где су:

μ – коефицијент трења облоге

α – обухватни угао

λ – однос сила затезања

Одређивање сила код позитивне појасне кочнице:

$$\frac{F_2}{F_1} = \lambda \quad (6.24)$$

$$M_b = (F_2 - F_1) \cdot \frac{d_b}{2} \quad (6.25)$$

Одређивање сила код негативне појасне кочнице:

$$\frac{F_1}{F_2} = \lambda \quad (6.26)$$

$$M_b = (F_1 - F_2) \cdot \frac{d_b}{2} \quad (6.27)$$

Заменом вредности полазних података у израз 6.24 и 6.25, и решавањем њиховог система добија се:

$$F_1 = 64082,285 \text{ N}$$

$$F_1 = 64,082 \text{ kN}$$

Следи:

$$F_2 = 263378,191 \text{ N}$$

$$F_2 = 263,378 \text{ kN}$$

Након што добијемо вредности сила F_1 и F_2 , може се урадити провера, на тај начин што разлика вредности добијене претходне две силе мора да буде једнака сили кочења F_b [27]. Тај услов је у овом случају испуњен.

6.7 Клизни прстен

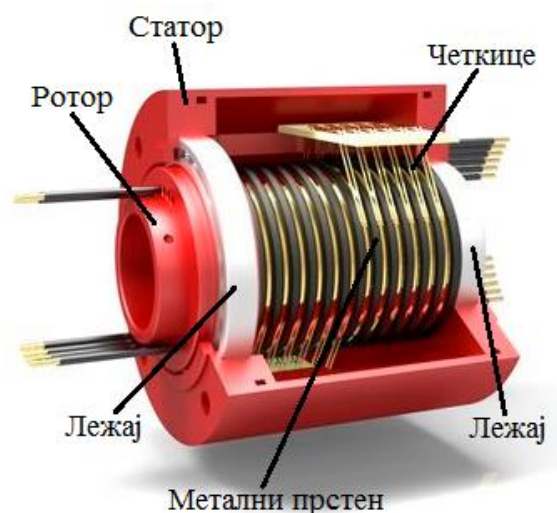
Клизни прстен је електромеханички уређај који омогућава пренос електричне струје и сигнала са стационарног на ротирајући елемент и обрнуто.

На елементарном нивоу, клизни прстен (слика 6.18) се састоји од две главне компоненте: металног прстена и металне четке (четкице). Напојни и/или сигнални кабл је повезан са стационарном четкицом. Спољашњи део прстена остаје у сталном контакту са четкицама. На тај начин је обезбеђено да прстен у сваком тренутку може да преносе електричну струју и сигнале.

Метални прстен је трака електрично проводљивог материјала, монтирана на осовину. Траке су електрично изоловане од саме осовине. Основни материјал металног прстена је најчешће месинг, који у зависности од области примене може бити и обложен сребром, златом, платином. Изолациони материјал између прстенова и између прстена и осовине је израђен од најлона и фенолне пластике [28,29].

Четкице су направљене од синтерованог металног бакарног графита или сребрног графита. Понашају као опруге и трљају о спољашњи део ротирајућег металног прстена. Четкице су изоловане и повезане на кућиште [28,29].

Број прстена и четкица пронађених у склопу клизног прстена варира у зависности од потреба уређаја. Према томе клизни прстенови могу да буду једнопојасни и вишепојасни. Додатне комбинације прстенова и четкица се убацују дуж осовине клизног прстена. Прстен и четкица налазе се унутар једног кућишта, дизајнираног да заштити делове од штетних фактора околине, као што су прашина, влага и други елементи који могу довести до кvara [28,29].



Слика 6.18 Клизни прстен

6.7.1 Модел 176

Приликом конструисања витла за хидрографска испитивања изабран је модел 176 електричног клизног прстена произвођача Focal Technologies Corporation (слика 6.19). Избор је извршен на основу броја проводника у каблу и електричне особине кабла.

Модел 176 електричног клизног прстена се користи у различитим морнаричким, индустријским и одбранбеним механизмима широм света. Састоји се од струјних и сигналних електричних пролаза. Модел 176 је познат по својим супериорним перформансама и поузданости у захтеваним радним окружењима. Такође, може бити прилагођен да задовољи специфичне потребе клијената.



Слика 6.19 Модел 176 електричног клизног прстена [30]



Слика 6.20 Кућиште модела 176 електричног клизног прстена [30]

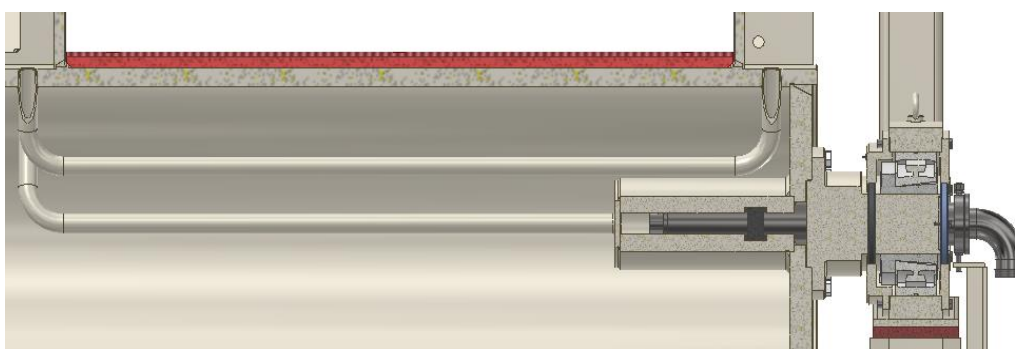
Карактеристике [30]:

- кућиште од нерђајућег челика (слика 6.20)
- потврђен дизајн кућишта, тестиран IP66 стандардом
- може примити различите врсте жица и каблова
- поуздан рад приликом удара и вибрација
- напон: до 5 000 V/појасу
- електрична струја: 20 A/појасу

Предности [30]:

- свака јединица је дизајнирана, произведена и тестирана у складу са највишим стандардима квалитета
- без одржавања
- више од 25 година доказаних перформанси на терену

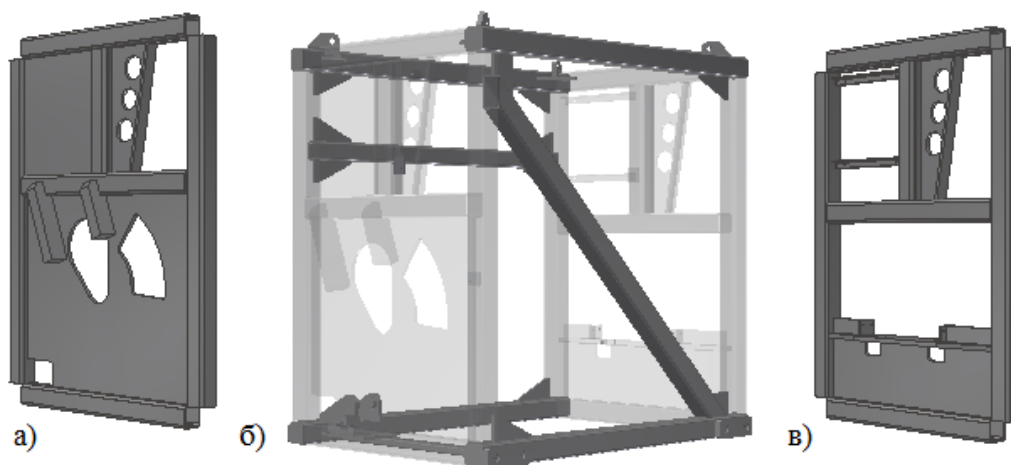
На слици 6.21 је приказана веза клизног прстена за добош и рам.



Слика 6.21 Веза клизног прстена за добош и рам

6.8 Рам

Рам витла је најважнији део конструкције јер држи све делове витла у једној целини. Рам витла за хидрографска испитивања се састоји од бочне стране погона (слика 6.22 а), бочне стране лежаја (слика 6.22 в), профилисаних цеви квадратног попречног пресека (слика 6.22 б) које повезују бочне стране, држача појасне кочнице који је приказан на слици 6.22 б) у доњем левом углу, ребара за укрућења и ушки које омогућавају лакши транспорт витла. Сви делови рама витла су повезани у целину заваривањем.



Слика 6.22 Рам витла а) Бочна страна погона; б) Профилисане цеви квадратног попречног пресека; в) Бочна страна лежаја

6.9 Прорачун сила на добошу витла

Приликом израчунавања вредности сила у лежиштима на рукавце добоша, силе које делују на добош се разлажу на оне које делују у вертикалној равни и оне које делују у хоризонталној равни.

За дејство сила у вертикалној равни постоје четири критична случаја:

1. када је кабл на првом слоју поред бочне стране добоша кочнице (сл. 6.23);
2. када је кабл на првом слоју поред друге бочне стране (сл. 6.25);
3. када је кабл на последњем слоју поред бочне стране добоша кочнице (сл. 6.26);
4. када је кабл на последњем слоју поред друге бочне стране (сл. 6.27).

За прорачун реакције сила у лежиштима, у хоризонталној равни код добоша овог витла, на рукавце добоша постоји само један случај за прорачун, због природе намотавања кабла. У хоризонталној равни делује само сила од кочионе облоге F_2 (сл. 6.24).

Приликом прорачуна сила у лежиштима на рукавце добоша витла у вертикалној равни треба узети у обзир вредност динамичког фактора појачања (s) за: захтевану номиналну силу и силу на последњем слоју. Такође, треба узети у обзир силу од тежине терета добоша F_{dw} и силу од тежине терта кабла F_{cw} , као и већ израчунату силу од кочионе облоге F_2 .

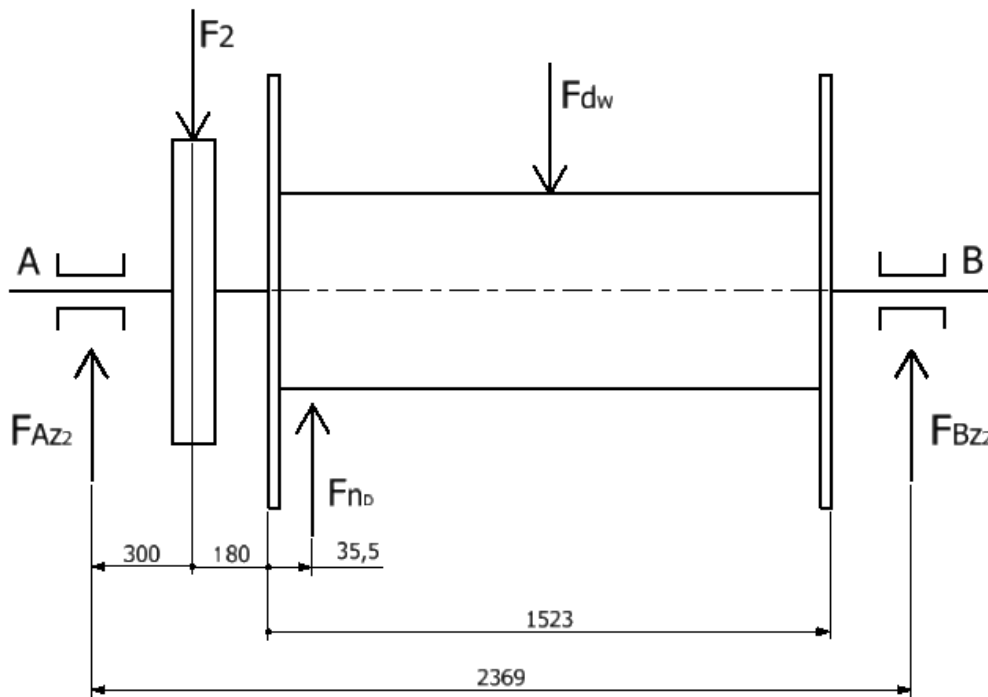
$$F_{nD} = F_n \cdot s = 198 \text{ kN}$$

$$F_{tD} = F_t \cdot s = 99,675 \text{ kN}$$

$$F_{dw} = 2748 \cdot 9,81 = 26,958 \text{ kN}$$

$$F_{cw} = 1,017 \cdot 6 \cdot 9,81 = 0,06 \text{ kN}$$

- Први случај у вертикалној равни



Слика 6. 23 Скица оптерећења добоша када је кабл на првом слоју поред бочне стране добоша кочнице

$$\sum M_A^{\downarrow+} = 0$$

$$F_2 \cdot 300 - F_{nd} \cdot 515,5 + F_{dw} \cdot 1241,5 - F_{Bz1} \cdot 2369 = 0$$

$$263,378 \cdot 300 - 198 \cdot 515,5 + 26,958 \cdot 1241,5 - F_{Bz1} \cdot 2369 = 0$$

$$10412,757 - F_{Bz1} \cdot 2369 = 0$$

$$F_{Bz1} = \frac{10412,757}{2369}$$

$$F_{Bz1} = 4,395 \text{ kN}$$

$$\sum M_B^{\downarrow+} = 0$$

$$-F_{Az1} \cdot 2369 + F_2 \cdot 2069 - F_{nd} \cdot 1853,5 + F_{dw} \cdot 1127,5 = 0$$

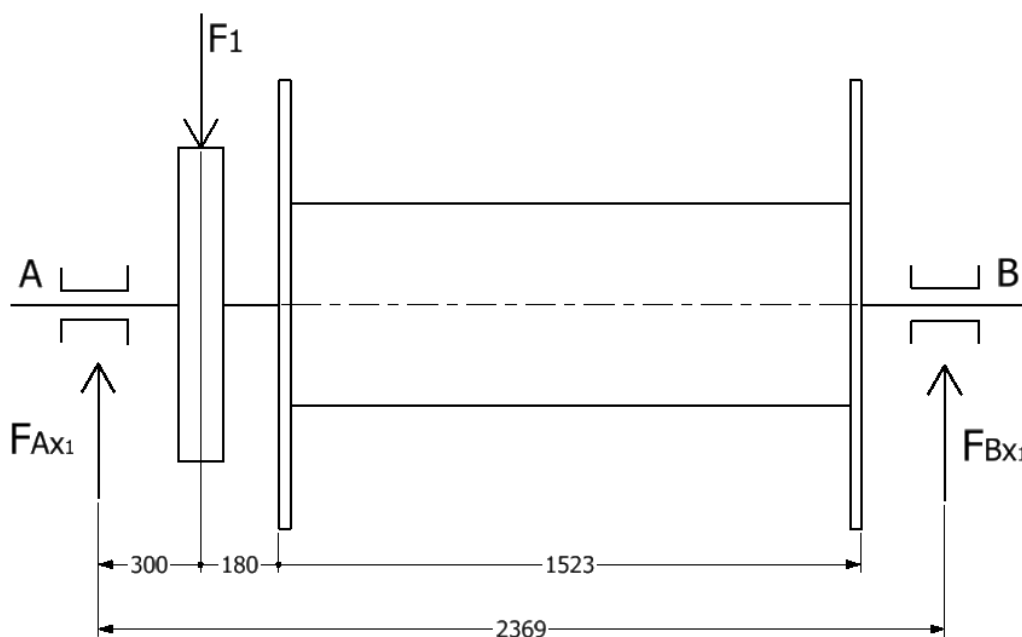
$$-F_{Az1} \cdot 2369 + 263,378 \cdot 2069 - 198 \cdot 1853,5 + 26,958 \cdot 1127,5 = 0$$

$$-F_{Az1} \cdot 2369 + 208331,227 = 0$$

$$F_{Az1} = \frac{208331,227}{2369}$$

$$F_{Az1} = 87,941 \text{ kN}$$

➤ Дејство сила у хоризонталној равни



Слика 6.24 Скица оптерећења добоша у хоризонталној равни

$$\sum M_A^{\downarrow+} = 0$$

$$F_1 \cdot 300 - F_{Bx1} \cdot 2369 = 0$$

$$64,082 \cdot 300 - F_{Bx1} \cdot 2369 = 0$$

$$-F_{Bx1} \cdot 2369 = -19224,6$$

$$F_{Bx1} = \frac{19224,6}{2369}$$

$$F_{Bx1} = 8,115 \text{ kN}$$

$$F_{Bx1} = F_{Bx2} = F_{Bx3} = F_{Bx4} = 8,115 \text{ kN}$$

$$\sum M_B^{\downarrow+} = 0$$

$$F_1 \cdot 2069 - F_{Ax1} \cdot 2369 = 0$$

$$64,082 \cdot 2069 - F_{Ax1} \cdot 2369 = 0$$

$$132585,658 - F_{Ax1} \cdot 2369 = 0$$

$$-F_{Ax1} \cdot 2369 = -132585,658$$

$$F_{Ax1} = \frac{132585,658}{2369}$$

$$F_{Ax1} = 55,967 \text{ kN}$$

$$F_{Ax1} = F_{Ax2} = F_{Ax3} = F_{Ax4} = 55,967 \text{ kN}$$

$$F_{A1} = \sqrt{(F_{Ax1})^2 + (F_{Az1})^2}$$

$$F_{A1} = \sqrt{(55,967)^2 + (87,941)^2}$$

$$F_{A1} = \sqrt{10865,925}$$

$$F_{A1} = 104,239 \text{ kN}$$

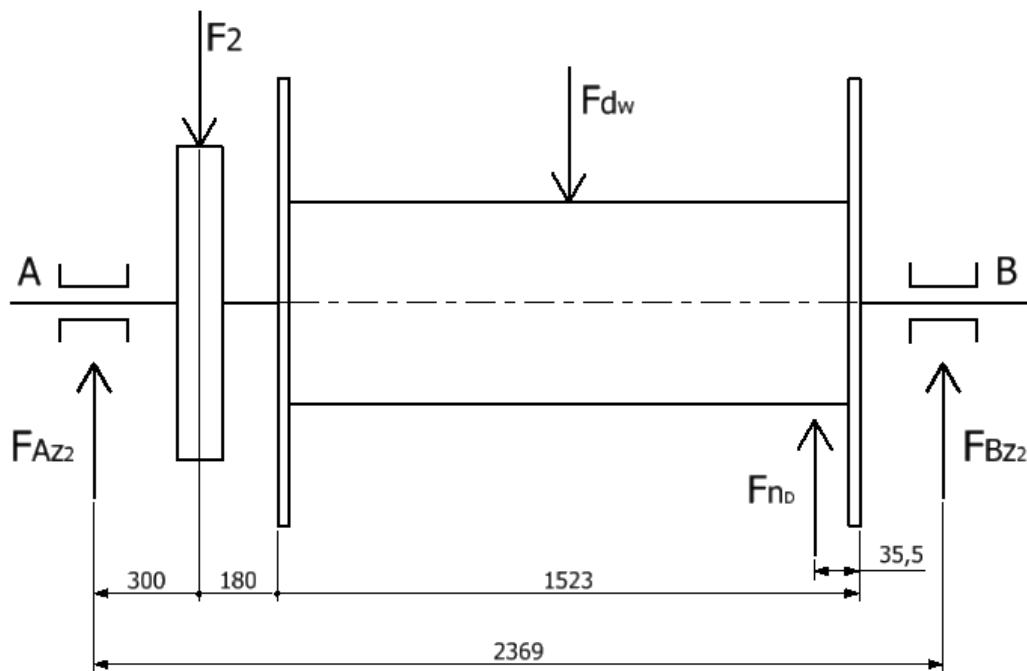
$$F_{B1} = \sqrt{(F_{Bx1})^2 + (F_{Bz1})^2}$$

$$F_{B1} = \sqrt{(8,115)^2 + (4,395)^2}$$

$$F_{B1} = \sqrt{85,169}$$

$$F_{B1} = 9,229 \text{ kN}$$

➤ Други случај у вертикалној равни



Слика 6.25 Скица оптерећења добоша када је кабл на првом слоју поред друге бочне стране

$$\sum M_A^{\downarrow+} = 0$$

$$F_2 \cdot 300 + F_{dw} \cdot 1241,5 - F_{nD} \cdot 1967,5 - F_{Bz2} \cdot 2369 = 0$$

$$263,378 \cdot 300 + 26,958 \cdot 1241,5 - 198 \cdot 1967,5 - F_{Bz2} \cdot 2369 = 0$$

$$-277083,243 - F_{Bz2} \cdot 2369 = 0$$

$$F_{Bz2} = -\frac{277083,243}{2369}$$

$$F_{Bz2} = -116,962 \text{ kN}$$

$$\sum M_B^{\downarrow+} = 0$$

$$-F_{Az2} \cdot 2369 + F_2 \cdot 2069 + F_{dw} \cdot 1127,5 - F_{nD} \cdot 401,5 = 0$$

$$-F_{Az2} \cdot 2369 + 263,378 \cdot 2069 + 26,958 \cdot 1127,5 - 198 \cdot 401,5 = 0$$

$$-F_{Az2} \cdot 2369 + 495827,227 = 0$$

$$F_{Az2} = \frac{495827,227}{2369}$$

$$F_{Az2} = 209,298 \text{ kN}$$

$$F_{A2} = \sqrt{(F_{Ax2})^2 + (F_{Az2})^2}$$

$$F_{A2} = \sqrt{(55,967)^2 + (209,298)^2}$$

$$F_{A2} = \sqrt{46937,958}$$

$$F_{A2} = 216,652 \text{ kN}$$

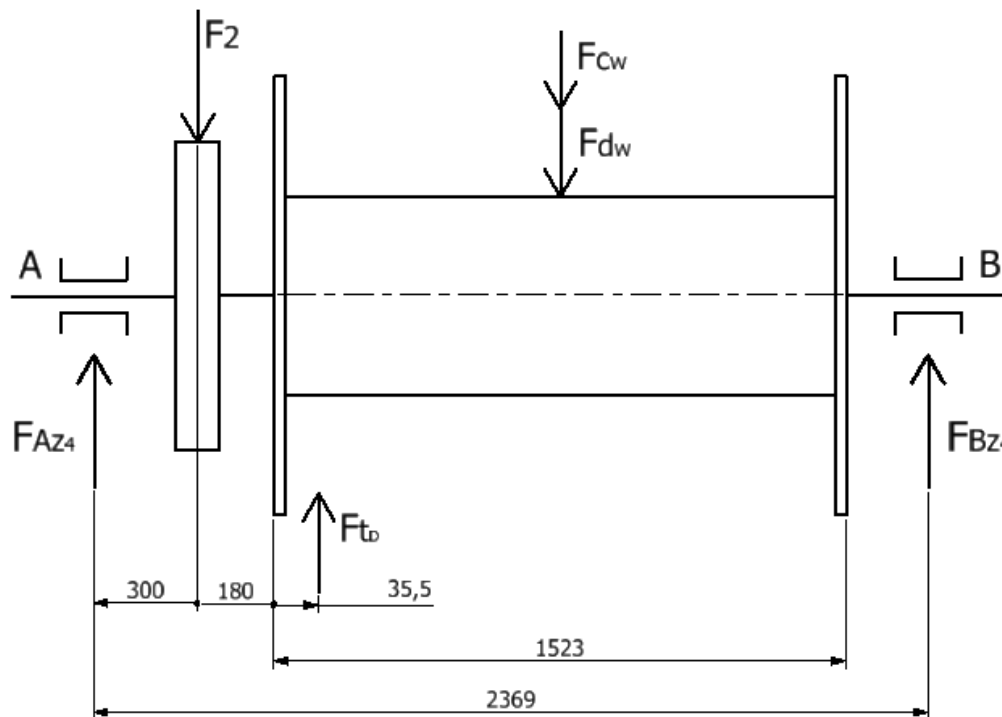
$$F_{B2} = \sqrt{(F_{Bx2})^2 + (F_{Bz2})^2}$$

$$F_{B2} = \sqrt{(8,115)^2 + (-116,962)^2}$$

$$F_{B2} = \sqrt{13745,963}$$

$$F_{B2} = 117,243 \text{ kN}$$

➤ Трећи случај у вертикалној равни



Слика 6.26 Скица оптерећења добоша када је кабл на последњем слоју поред бочне стране добоша кочнице

$$\sum M_A^{\downarrow+} = 0$$

$$F_2 \cdot 300 - F_{tD} \cdot 515,5 + F_{cw} \cdot 1241,5 + F_{dw} \cdot 1241,5 - F_{Bz3} \cdot 2369 = 0$$

$$263,378 \cdot 300 - 99,675 \cdot 515,5 + 0,06 \cdot 1241,5 + 26,958 \cdot 1241,5 - F_{Bz3} \cdot 2369 = 0$$

$$61173,784 - F_{Bz3} \cdot 2369 = 0$$

$$F_{Bz3} = \frac{61173,784}{2369}$$

$$F_{Bz3} = 25,823 \text{ kN}$$

$$\sum M_B^{\downarrow+} = 0$$

$$-F_{Az3} \cdot 2369 + F_2 \cdot 2069 - F_{tD} \cdot 1853,5 + F_{cw} \cdot 1127,5 + F_{dw} \cdot 1127,5 = 0$$

$$-F_{Az3} \cdot 2369 + 263,378 \cdot 2069 - 99,675 \cdot 1853,5 + 0,06 \cdot 1127,5 + 26,958 \cdot 1127,5 = 0$$

$$-F_{Az3} \cdot 2369 + 390644,264 = 0$$

$$F_{Az3} = \frac{390644,264}{2369}$$

$$F_{Az3} = 164,898 \text{ kN}$$

$$F_{A2} = \sqrt{(F_{Ax2})^2 + (F_{Az2})^2}$$

$$F_{A2} = \sqrt{(55,967)^2 + (209,298)^2}$$

$$F_{A2} = \sqrt{46937,958}$$

$$F_{A2} = 216,652 \text{ kN}$$

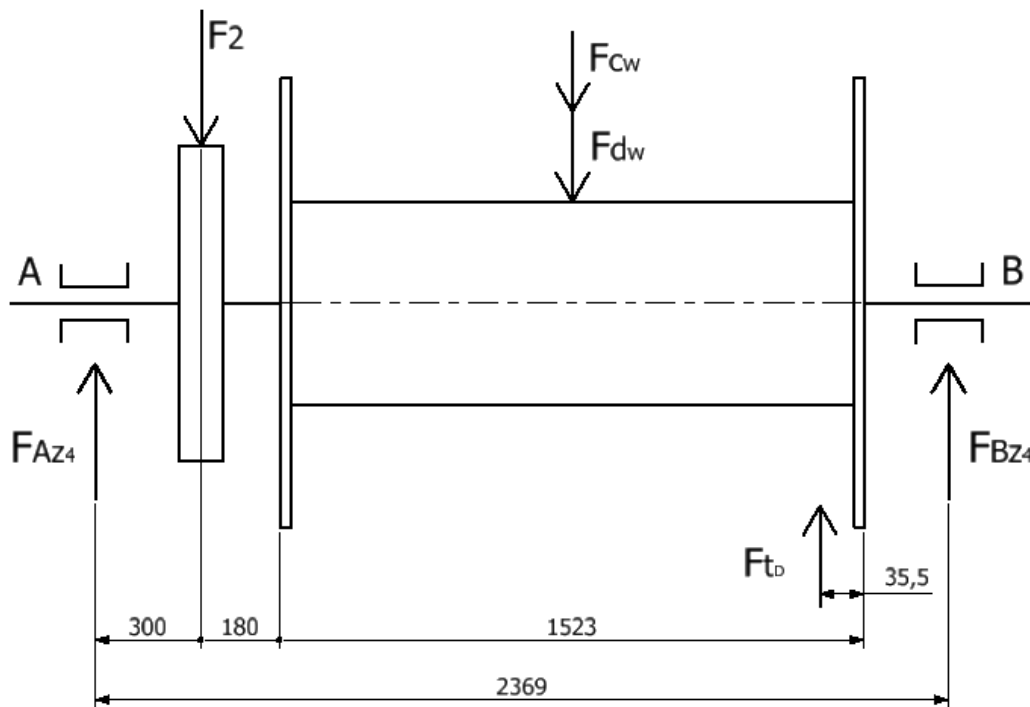
$$F_{B2} = \sqrt{(F_{Bx2})^2 + (F_{Bz2})^2}$$

$$F_{B2} = \sqrt{(8,115)^2 + (-116,962)^2}$$

$$F_{B2} = \sqrt{13745,963}$$

$$F_{B2} = 117,243 \text{ kN}$$

➤ Четврти случај у вертикалној равни



Слика 6.27 Скица оптерећења добоша када је кабл на последњем слоју поред друге бочне стране

$$\sum M_A^{\downarrow+} = 0$$

$$F_2 \cdot 300 + F_{cw} \cdot 1241,5 + F_{dw} \cdot 1241,5 - F_{tD} \cdot 1967,5 - F_{Bz4} \cdot 2369 = 0$$

$$263,378 \cdot 300 + 0,06 \cdot 1241,5 + 26,958 \cdot 1241,5 - 99,675 \cdot 1967,5 - F_{Bz4} \cdot 2369 = 0$$

$$-83554,316 - F_{Bz4} \cdot 2369 = 0$$

$$F_{Bz4} = -\frac{83554,316}{2369}$$

$$F_{Bz4} = -35,27 \text{ kN}$$

$$\sum M_B^{\downarrow+} = 0$$

$$-F_{Az4} \cdot 2369 + F_2 \cdot 2069 + F_{cw} \cdot 1127,5 + F_{dw} \cdot 1127,5 - F_{tD} \cdot 401,5 = 0$$

$$-F_{Az4} \cdot 2369 + 263,378 \cdot 2069 + 0,06 \cdot 1127,5 + 26,958 \cdot 1127,5 - 99,675 \cdot 401,5 = 0$$

$$-F_{Az4} \cdot 2369 + 535372,364 = 0$$

$$F_{Az4} = \frac{535372,364}{2369}$$

$$F_{Az4} = 225,991 \text{ kN}$$

$$F_{A4} = \sqrt{(F_{Ax4})^2 + (F_{Az4})^2}$$

$$F_{A4} = \sqrt{(55,967)^2 + (225,991)^2}$$

$$F_{A4} = \sqrt{54\,204,237}$$

$$F_{A4} = 232,818 \text{ kN}$$

$$F_{B4} = \sqrt{(F_{Bx4})^2 + (F_{Bz4})^2}$$

$$F_{B4} = \sqrt{(8,115)^2 + (-35,27)^2}$$

$$F_{B4} = \sqrt{1\,309,826}$$

$$F_{B4} = 36,192 \text{ kN}$$

У табели 6.2 су дате добијене вредности сила у лежиштима на рукавце добоша витла на основу претходног прорачуна. На основу приказаних резултата у табели може се видети да је у лежишту В, за други случај, добијена највећа вредност силе, због тога што се кабл налази на првом слоју поред друге бочне стране где је сила знатно већа у поређењу са оном која делује у четвртном случају, па се на основу те вредности силе бира дворедни ваљкасти лежај ознаке 23044 К МВ.

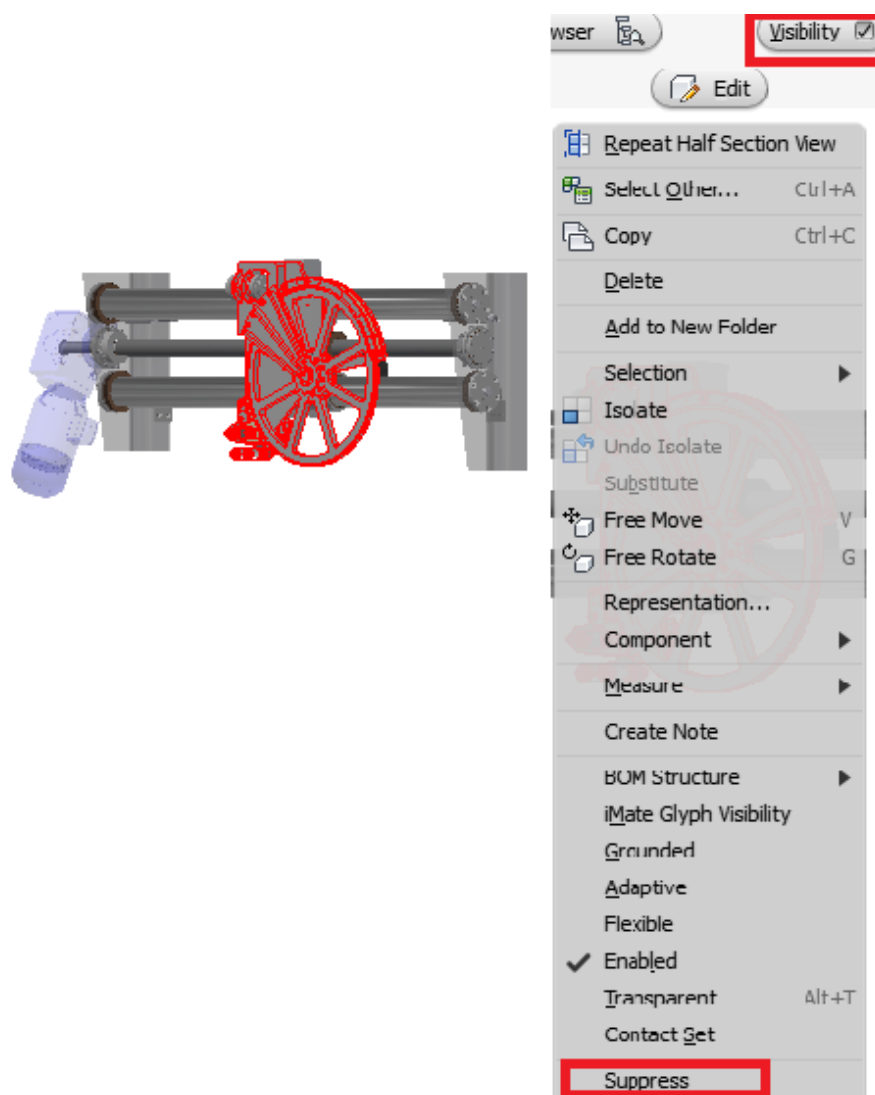
Табела 6.2 Реакције сила у лежиштима на рукавце добоша витла

	A F _A [kN]	B F _B [kN]
1	104,239	9,229
2	216,652	117,243
3	174,137	27,068
4	232,818	36,192

6.10 Анализа

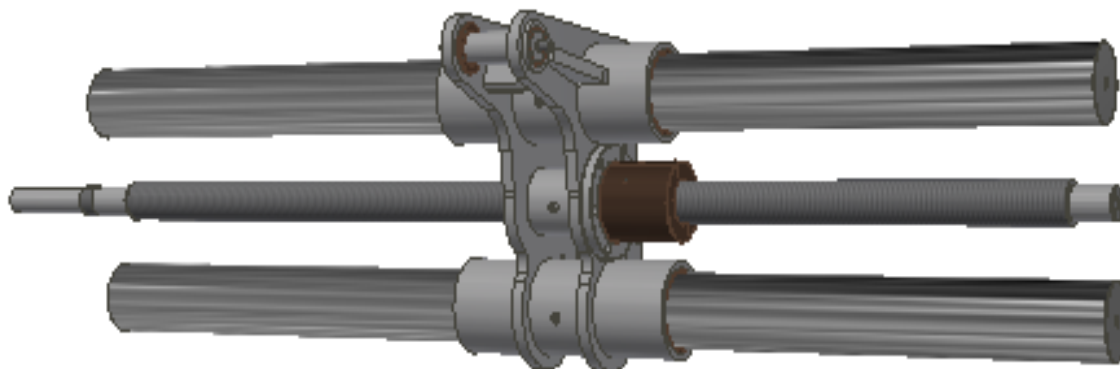
Ако се посматра витло за хидрографска испитивања као једну целину приликом извршавања своје функције, може се претпоставити да је најкритичнији део витла систем за вођење ужета или коаксијалног кабла. Приликом његовог избора конструкционог решења потребно је обратити посебну пажњу и након тога да се уради анализа рада усвојеног решења. У даљем раду биће приказан и описан начин анализе усвојеног конструкционог решења у програму Autodesk Inventor.

Пошто се систем за вођење ужета или коаксијалног кабла састоји од много делова и елемената прво је потребно оставити само делове и елементе који су од важности за анализу. Ослонци, навојно вретено и носач се остављају за даљу анализу јер они трпе највеће оптерећење приликом намотавања или обмотавања кабла које носи терет од 11 t. Остале непотребне елементе који немају велики утицаја на резултате приликом анализе треба сакрити тако што се десним кликом на непотребан елемент одабере опција Suppress или Visibility (слика 6.28).

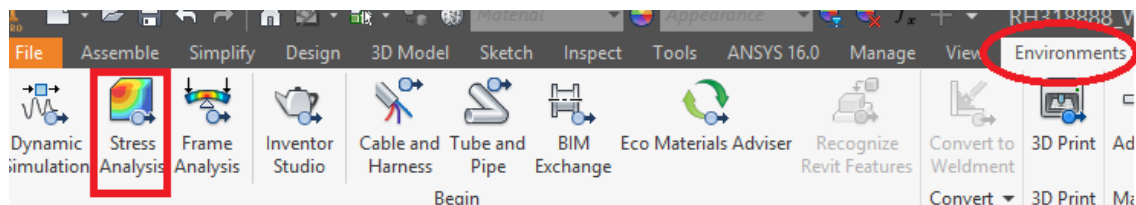


Слика 6.28 Уклањање делова

Када се сачува систем за вођење ужета или коаксијалног кабла са деловима и елементима потребних за анализу са задатим материјалима као посебан склоп (слика 6.29) може се прећи на анализу тако што ће се ићи на опцију Environments, па Stress Analysis (слика 6.30).

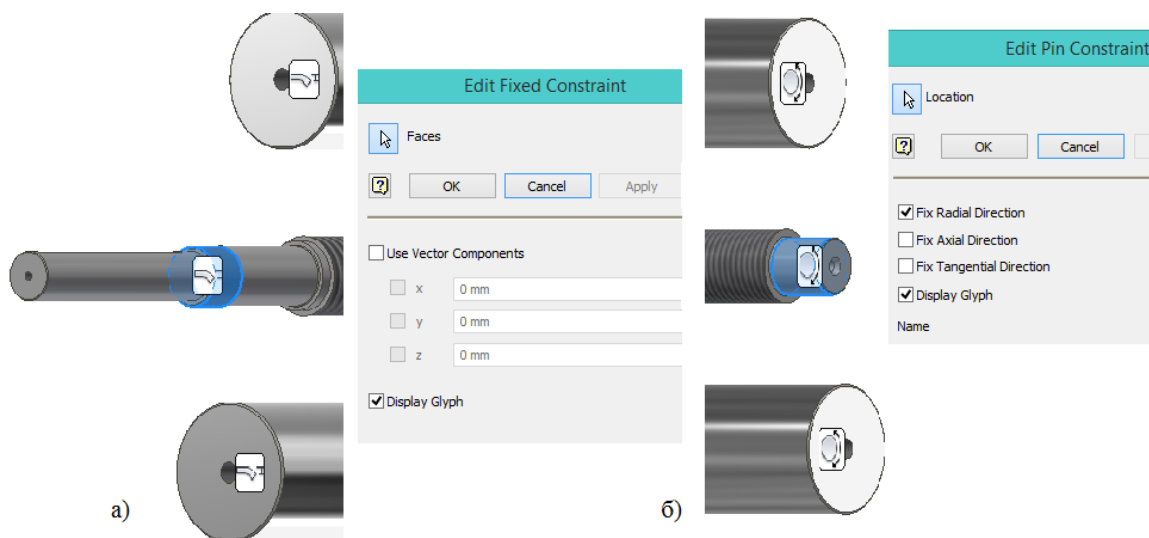


Слика 6.29 Склоп за анализу

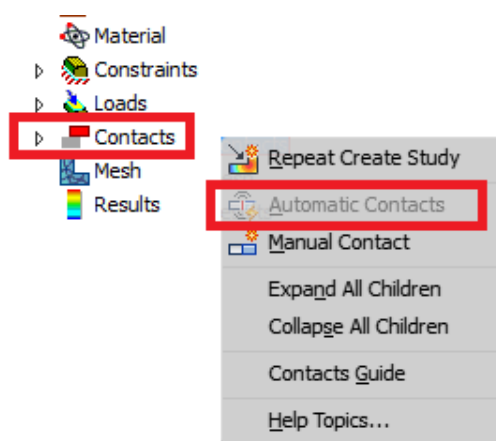


Слика 6.30 Stress Analysis

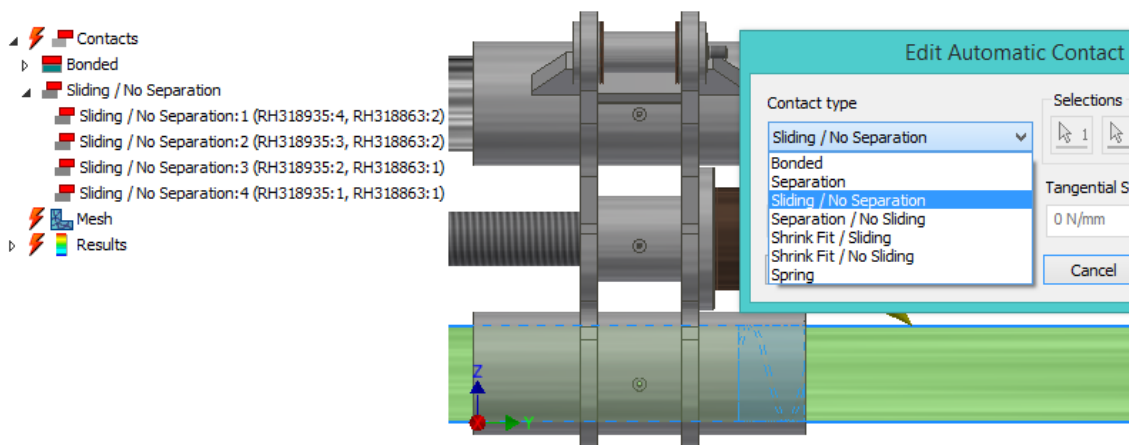
Пошто је формирана анализа на опцију Create Study могу се поставити ограничења (слика 6.31), задати аутоматски контакти (слика 6.32), поставити ограничења на већ постојеће котаке (слика 6.33) и оптерећења (слика 6.35).



Слика 6.31 Ограничења: а) фиксна на страни погона; б) за окретање са супротне стране погона

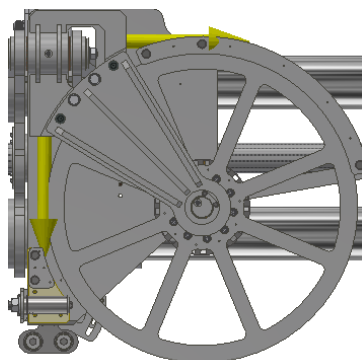


Слика 6.32 Automatic Contacts

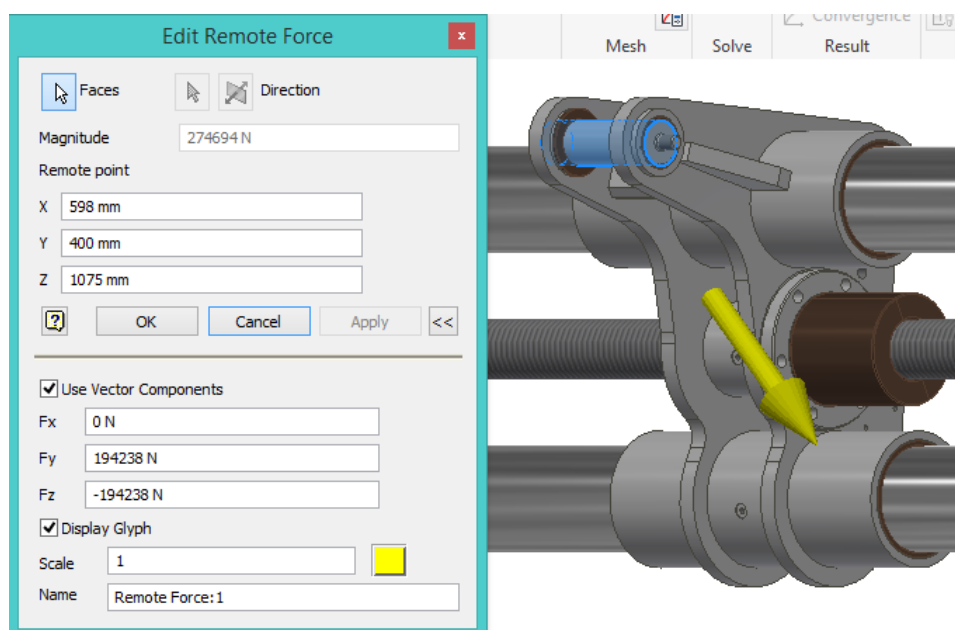


Слика 6.33 Задавање контакта

Ако се узме у обзир да силе у коаксијалном каблу на катурачи делују као на слици 6.34, приликом анализе задаће се резултујућа сила са одређеним координатама (слика 6.35). Сила у коаксијалном каблу се рачуна као $Q \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot s$, па се добије да је вредност силе 194238 N.

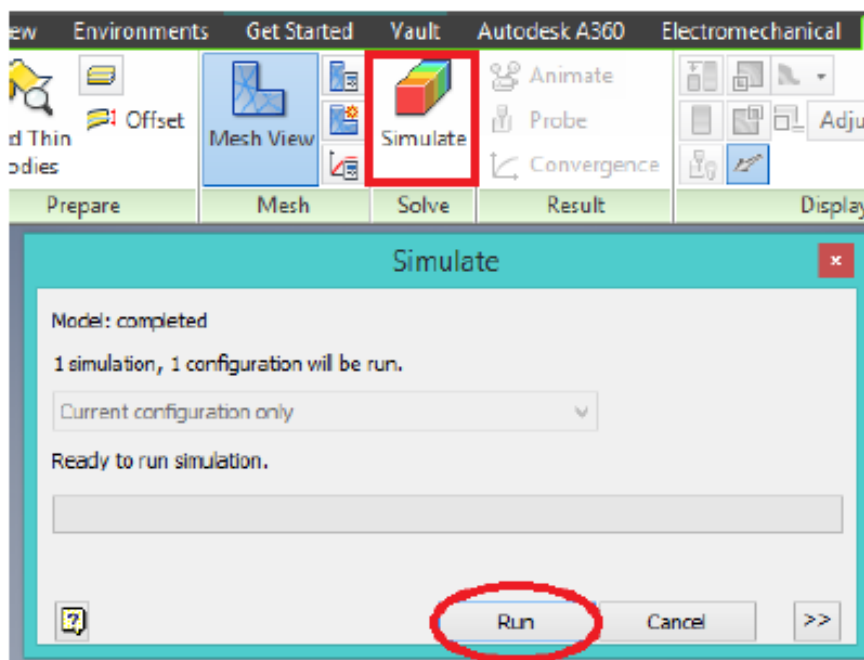


Слика 6.34 Правац и смер деловања силе кабла на катурачу

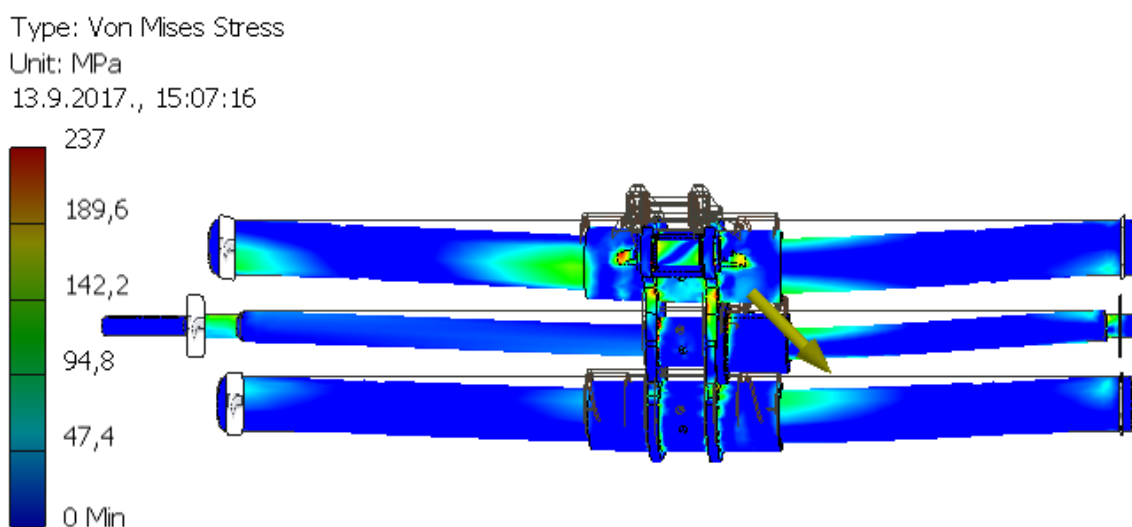


Слика 6.35 Задавање оптерећења

Након задатих свих потребних ограничења, оптерећења и контакта може се покренути симулација (слика 6.36), тако што се иде на опцију Simulate, па на Run. Добијени резултати су приказани на слици 6.37.



Слика 6.36 Покретање симулације



Слика 6.37 Напони

Меродавна максимална вредност приликом провере добијених резултата напона за овај случај је 237 МПа. Та вредност се добија тако што максималан дозвољени напон за челик који износи 355 МПа подели са степеном сигурности нехомогености материјала који износи 1,5.

На основу претходне анализе почетног усвојеног конструкционог решења система за вођење ужета или коаксијалног кабла могу се уочити критична места на којима су добијени резултати у границама дозвољених. Критична места на којима су добијени максимални напони су на ребрима носача. Иако постојеће решење задовољава потребне услове, да би се добио што ефикаснији рад и дужи животног век витла може се урадити нека измена, како би се унапредило већ постојеће решење система. Нека од могућих решења су: да се измени носач и додају додатни елементи за ојачање, да се направи хоризонтална верзија од постојећег решења (ослонци и навојно вретено да буду у хоризонталној линији), итд. Предложена решења су предмет даљег проучавања од стране колега у фирми са којима сам сарађивала током радног периода у оквиру стручне праксе.

7. Закључак

Брз развој индустрије наметнуо је и брзи развој дизалица и других машина и уређаја за дизање, спуштање и преношење делова, робе и осталог материјала. Данас нема области индустрије у којој се не примењују транспортни уређаји и машине.

У данашње време најчешће се користи витло као основни уређај или као помоћно средство за манипулацију теретом које је неизоставан део на бродовима, грађевинарству, рудницима, итд.

Витло има функцију да подигне, спусти и повуче терет. Може да се користи за унутрашњи или спољашњи транспорт, и у зависности од примене и намене његова конструкција може да буде једноставна и сложена.

Бродско витло има значајну улогу приликом риболова за извалачење мреже, приликом хидрографских испитивања и за обављање свих других радова на броду где би његовом применом човек себи олакшао посао.

Бродско витло за хидрографска испитивања има функцију да помоћу ужета или кабла које је намотано на добош (бубањ) витла спусти, подигне или задржи на жељеној висини уређај за испитивање. У овом раду, у претходним поглављима, детаљно је описано бродско витло за хидрографска испитивања са његовим деловима, као и начин прорачуна.

Сврха хидрографског мерења је израда навигационих карата у циљу безбедности пловидбе, израда подлога за пројектовање у поморству, као што су изградња лука, пристаништа, бродоградилишних докова, изградње подводних објеката, геофизичких и других истраживања на мору. Подводно прикупљање података као део хидрографског мерења даје сигурне податке о морском дну. Сврха тога је да се прикаже рељеф морског дна укључујући све природне и вештачке објекте.

Хидрографска испитивања су потребна за сигурно, ефикасно и одрживо понашање сваке људске активности која се одвија у, на или испод мора, океана, језера, река и сл.

Приликом конструисања бродског витла за хидрографска испитивања водило се рачуна о томе да витло може да задовољи различите потребе, као што су: да се за исте усвојене димензије добоша може намотати и већа дужина ужета или кабла, да добош може да поднесе и већа оптерећења, да се на добош може намотати кабл и уже, да изабране погонске јединице могу да задовоље и веће потребе снаге, и сл. Такође, водило се рачуна и о томе да се усвоје сви стандардни делови и димензије појединих елемената. На основу свега тога може да се закључи да витло, које је било предмет изучавања приликом израде мастер рада, уз минималне корекције може да се користи и за друге потребе и различите захтеве купца.

Код овог витла, приликом анализе система за вођење коаксијалног кабла или ужета, уочено је да усвојено конструкционо решење за тај систем задовољава максимални напон у границама дозвољеног. Ради ефикаснијег рада и дужег животног века витла може се урадити нека измена како би се унапредило постојеће решење система.

8. Литература

- [1] Н. Зрнић, Историја транспортних уређаја и машина, Од античког времена до данас, изводи са предавања, Машински факултет у Београду, 2013.
- [2] Н. Милорадовић, Предавања из предмета Основи транспортних машина, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, 2014.
- [3] Pinterest, интернет адреса: <https://www.pinterest.com/explore/jeep-cherokee-diesel/>, приступљено 25.3.2017.
- [4] Westec Equipment, интернет адреса: <http://www.westecequipment.com/fishing-division/fishing-winches>, приступљено 25.3.2017.
- [5] Marine Technology News, интернет адреса: <http://whitepapers.marinetechologynews.com/home/wpdetails/teledyne-marine-imaging-hydrographic-solutions--v3gg>, приступљено 5.4.2017.
- [6] Ј. Белић, Модел седимента на дну Прошћанског језера, дипломски рад, Загреб, 2005. интернет адреса: <https://bib.irb.hr/datoteka/246320.jbelic.pdf>, приступљено 8.4.2017.
- [7] Д. Влајковић, Технологије снимања речних корита, семинарски рад, Нови сад, 2015. интернет адреса: <http://www.geoservis.ftn.uns.ac.rs/downloads/ISP/ZbornikStudRadova/15/Tehologije-snimanja-recnih-korita-4.pdf>, приступљено 8.4.2017.
- [8] Т. Duplančić Leder, N. Leder, B. Petričević, Poboljšanje hidris sustava podacima višesnog dubinomjera, Split, интернет адреса: http://www.geof.unizg.hr/pluginfile.php/8360/mod_book/chapter/229/44.pdf, приступљено 8.4.2017.
- [9] International Hydrographic Organization, интернет адреса: https://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=296&Itemid=287&lang=en, приступљено 10.4.2017.
- [10] Noaa Coast Survey, интернет адреса: <https://noaacoastsurvey.wordpress.com/tag/arctic/>, приступљено 10.4.2017.
- [11] З. Гржетић, Н. Ледер, Поморска картографија и хидрографија, Развој и трендови код нас и у свету, Задар, 2013. интернет адреса: http://www.kartografija.hr/tl_files/Savjetovanje_2013/Prezentacije/002_Grzetic_Leder.pdf, приступљено 20.4.2017.
- [12] Tehno S, интернет адреса: <http://www.tehnos.co.rs/celicna-uzad/Proizvod/rucno-vitlo/>, приступљено 20.4.2017.
- [13] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [14] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [15] Gutman Lifting, интерне адреса: <http://www.gutmanlifting.rs/>, приступљено 5.5.2017.
- [16] Demag Cranes, интернет адреса: <http://www.demagcranes.us/>, приступљено 5.5.2017.
- [17] Book.tsp.edu, интернет адреса: <http://book.tsp.edu.rs/mod/page/view.php?id=779>, приступљено 20.5.2017.
- [18] Sve za video nadzor, интернет адреса: <https://svezavideonadzor.rs/utp-kabl-koaksijalni-kabl-video-nadzor/>, приступљено 20.5.2017.
- [19] Martin J. Van Der Burgt, Coaxial Cables and Applications, 2003, интернет адреса: <http://www.belden.com/pdfs/Techpprs/CoaxialCablesandApplications.pdf>, приступљено 22.5.2017.

- [20] Comtec 80, Tyco Electronics, интернет адреса: <http://www.comtec80.com/files/rochester.pdf>, приступљено 22.5.2017.
- [21] Osea, LEBUS, Germany, интернет адреса: http://www.osea.german-pavilion.com/content/en/exhibitors/exhibitors_detail.php?exhibitor_id=60791, приступљено 10.6.2017.
- [22] Д. Шчап, Преносила и дизала, Подлога за конструкцију и прорачун, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб, 1990.
- [23] DNV, интернет адреса: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/dnv/stdcert/2013-06/standard2-22.pdf>, приступљено 25.6.2017.
- [24] ABB Motors, Catalog, October, 2014. интернет адреса: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/bee094a0f8d00f3a83257d9e00315781/\\$file/Catalog_Process_Performance.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/bee094a0f8d00f3a83257d9e00315781/$file/Catalog_Process_Performance.pdf), приступљено 15.8.2017.
- [25] Brevini power transmission, Catalog, интернет адреса: <http://www.brevini.de/wp-content/uploads/2014/03/C010-Posiplan.pdf>, приступљено 15.8.2017.
- [26] Nord, Catalog, интернет адреса: <https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/G1000 IE1 DE GB FR 4710.pdf>, приступљено 20.8.2017.
- [27] Н. Зрнић, Елементи механизма за дизање терета, Кочнице, изводи са предавања, Машински факултет у Београду, 2015.
- [28] PowerbyProxi, интернет адреса: <https://powerbyproxi.com/slip-ring/>, приступљено 2.9.2017.
- [29] United Equipment Accessories, интернет адреса: <http://www.uea-inc.com/resources/blog/how-does-a-slip-ring-work/>, приступљено 2.9.2017.
- [30] MacArtney, Electrical Slip Ring, интернет адреса: <https://www.macartney.com/what-we-offer/systems-and-products/represented-products/focal/electrical-slip-rings/>, приступљено 5.9.2017.