

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Основи транспортних машина

Број индекса: 81/2013

Иван М. Томић

Витла и мале дизалице на моторни погон завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Милорадовић, доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум

одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене механизма за дизање терета код машина са периодичним радом.
- Прикаже постојећа решења механизма са витлом и опише њихове најзначајније саставне елементе.
- Наведе и опише варијантна решења малих дизалица на моторни погон.
- Опише опасности и ризике при раду са малим дизалицама на моторни погон и наведе захтеве у погледу безбедног рада и потребне заштитне мере.
- Наведе и опише варијантна решења малих дизалица на моторни погон, опише њихове могуће носеће конструкције и прикаже основе прорачуна.
- На изабраном типу механизма за дизање терета прикаже принцип прорачуна његових основних елемената и за дефинисану носивост и висину дизања терета уради конкретан рачунски пример.

Препоручена литература:

- [1] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [2] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [3] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [4] Стандард SRPS EN 14492-1:2010, Дизалице - Витла и мале дизалице на моторни погон - Део 1: Витла на моторни погон.
- [5] Стандард SRPS EN 14492-2:2010, Дизалице - Витла и мале дизалице на моторни погон - Део 2: Мале дизалице на моторни погон.
- [6] FEM N 0089, A brief guide for identification of non-compliant winches and hoists, 09. 2015.
- [7] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине - Практикум, Ниш, 1988.

Крагујевац, 25. 02. 2016.

Ментор:

Др Ненад Милорадовић, доцент

Садржај

1. Увод.....	1
2. Улога и област примене витла и дизалица на моторни погон.....	3
2.1 Витла.....	3
2.1.1 Основна подела и врсте витла.....	3
2.1.2 Основне компоненте витла.....	8
2.2 Мале дизалице на моторни погон.....	12
2.2.1 Основна подела и врсте дизалица.....	12
3. Опасност и ризици при раду са витлима и малим дизалицама.....	23
3.1 Мере безбедности и заштите на раду.....	23
4. Прорачун главних компоненти дизаличног механизма.....	27
5. Закључак.....	31
6. Литература.....	32

Abstract

The role and the field of application of winches and motor driven hoists are presented in paper. The components of the winches and cranes with their characteristics are given, as well as various variant solutions of the same. For the safe handling of winches and hoists, safety protocols and operational risks are listed. At the end of the paper, there is an example of the calculation of main components of selected hoist mechanism.

Key words: winch, hoist, safety

Резиме

У раду је истакнута улога и примена витла и малих дизалица на моторни погон. Наведени су саставни делови витла и дизалица са својим карактеристикама, као и различита варијантна решења истих. Ради сигурног руковања витлима и дизалицама, наведени су сигурносни протоколи и ризици при раду. На крају рада дат је пример прорачуна главних компоненти изабраног дизаличног механизма.

Кључне речи: витло, дизалица, безбедност

1. Увод

У релативно кратком временском периоду човек је од примитивних грађевинских помагала дошао до невероватне техничке развијености која му је олакшала и унапредила обављање многобројних послова. Без машине и опреме, ниједно подручје савременог инжењерства не може функционисати. Дизалице представљају једну од најбитнијих машина у инжењерству и градњи.

Сматра се да су прве дизалице измислили стари Грци, у VI веку пре нове ере. На каменим блоковима Грчких храмова пронађени су отвори који су служили за убацивање клинова у њих приликом подизања, што говори да су у то време имали неке врсте примитивних дизалица, које су покретане људском снагом а касније уз помоћ животиња. Увођењем котураче у склоп дизалице Римљани су постигли већу искоришћеност, при чему је један човек могао на дужи временски период подизати терет од 150 kg коришћењем три котураче [1].

Дизалично-транспортна средства су се развијала у складу са развитком остале технике. Нагли развој индустрије у другој половини 19. и почетком 20. века наметнуо је и брзи развој транспортних машина [2]. Потребу за транспортом све већих количина материјала и робе, и све сложеније технолошке захтеве морале су да прате и испуњавају машине прекидног и непрекидног транспорта. У ту категорију спадају транспортери, елеватори, конвејери и сл. транспортне машине се примењују у следећим областима индустрије:

- у железарама за премештање материјала, делова, ремонт машина,
- у лукама за утовар и претовар робе,
- у ливницама за преношење материјала и одливака,
- у грађевинарству, хидро и термо електранама, складиштима итд,
- у индустријским халама за премештање материјала, делова, ремонт машина итд.

Дизаличне машине су намењене за премештање терета у вертикалном правцу, тако што се материјал преноси са једне до друге површине које су на различитим висинама или раздаљинама.

У току преноса материјала разликују се више фаза:

- Утовар,
- Транспорт,
- Претовар ,
- Истовар.

Према начину рада, све транспортне машине могу се сврстати у две групе:

- транспортне машине са периодичним радом – транспорт материјала се обавља у циклусима,
- транспортне машине са непрекидним радом – транспорт материјала се обавља непрекидно.

Према правцу кретања транспорт може бити:

- Хоризонталан,
- Вертикалан,
- Комбинован.

Према начину остваривања погона транспортне машине са периодичним радом се деле на: машине са ручним погоном, машине са моторним погоном, машине са хидрауличним погоном и пнеуматским погоном. Конструкција машина као и карактеристике зависе од намене.

Транспортне машине прекидног транспорта одликују се великом разноврсношћу у односу на област примене и услова које требају испунити. У транспортне машине са прекидним дејством спадају витла и дизалице [3].



Слика 1.1: Витло и механизам за дизање терета [1]

2. Улога и област примене витла и дизалица на моторни погон

Основна улога дизаличних машина јесте „премештање” терета, како у хоризонталном тако и у вертикалном правцу. Витла се у највећем броју случаја користе за транспорт у хоризонталном, док се дизалице користе за транспорт у вертикалном правцу. Њихова примена је разноврсна, почевши од малих радионица до тешке индустрије, користе се у грађевинарству, у бродским лукама, као испомоћ на терену итд. Спадају у механизме са периодичним кретањем.

2.1 Витла

У једноставније машине се убрајају витла. Стандардом SRPS EN 14492-1 прописано је пројектовање, информације о употреби, одржавање и тестирање погоњених витла чији је главни покретач електромотор, хидраулични мотор, мотор са унутрашњим сагоревањем или пнеуматски мотор [4]. Витла су пројектована за подизање и спуштање терета који је закачен за куку или неки други уређај за манипулацију терета, за подизање и спуштање терета који је нагнут у односу на неку површину, као и за вучу терета по хоризонталној равни. Правило је да се витло користи када нема других кретања приликом транспорта [3].

2.1.1 Основна подела и врсте витла

У зависности од конструкције, витла се категоришу:

- Према типу вучног уређаја – са траком, ужетна и ланчана,
- Према типу уградње – непокретна (стационарна која се учвршћују на поду, зиду, постољу, носачу, итд) и покретна (на колицима која се померају по поду, или дуж висеће стазе),
- Према врсти добоша – са нарезаним, глатким и фрикционим добошима,
- Према типу погона – ручна и са моторним погоном.

Ручно витло

За мале носивости и брзине подизања терета примењују се витла са ручним погоном. Обртање добоша се остварује помоћу погонске ручице са кочницом која аутоматски зауставља добош након престанка обртања ручице. Ручно витло је најједноставнији дизалични механизам. Користи се за транспорт терета од 100 kg до 1 t. На слици 2.1 приказано је ручно витло са челичним ужетом називне носивости од 500 kg.

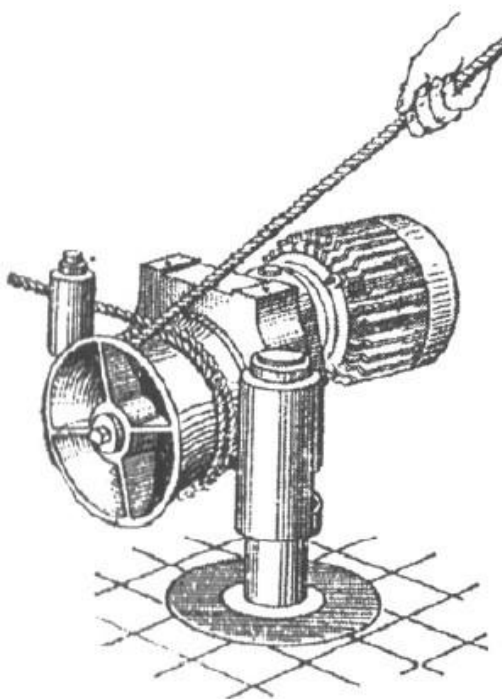


Слика 2.1: Ручно витло Warn WH25 [5]

Витла са моторним погоном

Бродско витло

За обављање маневарских радова на железници или у лукама користе се бродска витла. Код бродских витла примењују се фрикциони добоши, који имају хоризонталну или вертикалну осу обртања, код којих уже није причвршћено за добош, већ је спрегнуто са добошем трећем, које настаје између површине добоша и неколико намотаја ужета. Тиме је омогућен рад са ужетом велике дужине, при малим димензијама добоша. Уже је на једном крају ручно затегнуто и полако се попушта или повлачи у зависности да ли се терет приближава или удаљава (спушта или подиже) [3]. На слици 2.2 приказан је основни тип бродског витла са хоризонтално постављеним добошем и погоном преко електромотора. Овакав тип витла се употребљава за извлачење рибарских мрежа, сидра, приликом пристајања бродова у луку и других маневарских радова.



Слика 2.2: Бродско витло [3]

Вучна витла за возила

Витла се монтирају на шасију аутомобила, теренских возила, камиона. Најчешће се монтирају на предњу страну возила, мада се могу поставити и са задње стране. Користе се за повлачење терета на терену и за извлачење заглављених аутомобила. Погон добијају преко електромотора који се покреће батеријом возила, и могу функционисати ако је возило угашено. Састоје се из добоша на који се намотава уже са куком, кочнице, преносног пара, даљинског управљача и усмеривача ужета да не би дошло до оштећења при раду под променљивим угловима. На слици 2.3 приказано је вучно витло за возила вучне силе 42 kN, са челичним ужетом, планетарним преносником преносног односа 156:1, и управљачком јединицом [5].



Слика 2.3: Вучно витло за возила Warn 9.5 CTI [5]

Шумска витла

Шумска витла се користе као опрема за извлачење посеченог дрвећа и монтирају се на тракторе. Погон је хидраулични и добија се преко излазног карданског вратила трактора. Састоје се из добоша, ужета или ланца са куком, спојнице за тренутни престанак вуче, заштитних плоча позиционираних испод и изнад добоша. Распон вучне силе се креће од 45 до 100 kN. На слици 2.4 приказано је шумско витло EGV 55 АНК, може бити опремљено управљачком јединицом повезаном са витлом, или даљинским управљачем који обезбеђује бољу прегледност током рада и већу сигурност [6].



Слика 2.4: Шумско витло Tajfun EGV 55 АНК [6]

Витла погоњена бушилицом

Примена витла погоњених бушилицом је за повлачење мањих терета приликом утовара и истовара на мањим растојањима, вучна сила оваквих витла је $\approx 2200 \text{ N}$ [5]. На слици 2.5 приказано је витло погоњено бушилицом са добошем на који је намотано уже са куком, улазним вратилом за погон и ручицом за држање приликом употребе.



Слика 2.5: Витло погоњено бушилицом Warn drill winch [5]

Пнеуматска витла

Пнеуматска витла су пројектована да раде у тешким условима рада. Пројектована су са малим бројем покретних делова што им омогућава рад на повишеној и сниженој температури, при великим количинама прашине, у експлозивној средини и рад у влажним условима. Свако витло је опремљено системом сигурности против преоптерећења. Уколико оптерећење пређе 130% номиналног оптерећења кочнице се аутоматски активирају. Примењују се у рудницима, на нафтним платформама и другим високо ризичним срединама. На слици 2.6 приказано је витло са пнеуматским погоном FA 2B, вучне силе 14 kN , препорука је да пнеуматско витло буде монтирано у кавез [7].



Слика 2.6: Пнеуматско витло Ingersoll Rand FA 2B [7]

Витла са електромоторним погоном

Овај тип витла је предвиђен за транспорт терета по хоризонталном или вертикалном правцу, у зависности од носеће конструкције. Уколико је носећа конструкција пројектована у виду постоља које се налази на поду, или је причврћена за зид, тада се користе за хоризонталан транспорт, ако се налазе на колицима постављеним дуж висеће стазе, или на конзоли, тада се користе за комбиновани транспорт. Погон се добија преко електромотора, промена смера обртања добоша може се обавити променом смера обртања мотора [2].

На слици 2.7 дати су примери витла са електромоторним погоном са својим главним компонентама. Стандардом је прописано да се ниједна машина не сме пустити у погон уколико једна од компоненти није у функцији тј. ако је компонента оштећена или ако један од механизма компоненти не функционише [8].



Слика 2.7: Примери витла са електромоторним погоном и њихове компоненте [8]

2.1.2 Основне компоненте витла

У основне компоненте витла спадају:

- Погонска јединица,
- Редуктор,
- Добош,
- Кочнице,
- Уређаји за захватање и вешање терета,
- Контролни уређаји,
- Носачи дизаличног механизма.

Погонска јединица

За погон витла и дизалица најраспрострањенији је електромотор наизменичне струје, одликују га компактне димензије, сигурност у раду и висок степен искоришћења. Такође се употребљавају хидраулични и пнеуматски погон, који су директно повезани са употребом електромотора као покретачем система [9].

Савремене дизалице користе асинхроне електромоторе трофазне наизменичне струје. За дизаличне моторе карактеристично је:

- Испрекидани рад,
- Променљиво оптерећење,
- Различито време трајања укључивања,
- Појава момената преоптерећења при укључивању,
- Честе промене смера обртања,
- Велики број укључивања.

За правилан избор електромотора потребно је знати снагу која је потребна за подизање терета, трајање радног циклуса, број укључивања на час. Ниво оптерећености се мери загревањем самог електромотора у току рада.

На основу добијене снаге из израза може се изабрати потребан мотор за подизање терета:

$$P = P_{st} = \frac{(Q+G) \cdot v_d}{1000 \cdot \eta} \text{ [kW]} \quad (2.1)$$

где су:

Q – тежина терета,

G – тежина захватног уређаја,

v_d – брзина дизања [m/s],

η - укупни степен искоришћења механизма за дизање ($\eta \approx 0.8$ до 0.85).

Преносници снаге – редуктори

У зависности од услова рада и других услова експлоатације, за пренос снаге од погонске јединице до добоша употребљавају се различите врсте редуктора, хоризонтални или вертикални двостепени, тростепени или четворостепени редуктори. Снаге и преносни односи су стандардне величине. Хоризонтални редуктори се најчешће примењују за погон дизања, а вертикални за погон кретања витла и моста дизалице [2].

За погон дизања преносни однос (i_R) добија се изразом:

$$i_R = \frac{n_1}{n_d} \quad (2.2)$$

где су:

n_1 – број обртаја погонске јединице [min^{-1}],

n_d – број обртаја добоша.

Добош

Добоши за вучу се примењују као самостални механизми или као саставни део дизалица, погон може бити ручни или моторни. Могу бити са глатком или нарезаном површином, у зависности од котураче. Уколико је у механизам уграђена проста котурача намотава се један крак, или два крака ужета уколико је уграђена двојна котурача.

Добоши за вучу са ручним погоном се примењују за мале терете. Састоје се из два вертикална челична лима, који су међусобно повезани одстојницима за одржавање растојања. Глатки су и мора се водити рачуна о намотавању више слојева ужета. За добоше мале носивости, од 1 до 1,5 t, примењује се зупчасти преносни механизам са једном брзином [3].

Добоши за вучу са моторним погоном имају најширу примену, најчешће се за погон примењују електромотори. Веза између електромотора и добоша се остварује зупчастим или пужним преносом, промена правца кретања врши се променом смера окретања електромотора, кочење се врши кочницом, док се откочивање врши електромагнетом. Израђују се од ливеног гвожђа или челика (заваривањем челичних лимова). Зупчаници зупчастог пара се израђују од челика и при обимној брзини већој од 1,5 m/s морају бити подмазивани уљем.

Обртни момент на добошу:

$$M_{dob} = F_u \cdot \frac{D_{dob}}{2} = \frac{G_t \cdot D_{dob}}{2 \cdot m \cdot \eta_k} \quad (2.3)$$

где су:

F_u - сила у ужету,

D_{dob} - пречник добоша,

G_t - сила тежине терета у kN,

m - број кракова ужета катураче,

η_k - степен корисности катураче ($\eta_k = 0.91 \div 0.97$).

Број обртаја добоша је:

$$n_{dob} = \frac{60 \cdot V_{dob}}{\pi \cdot D_{dob}} \quad (2.4)$$

где је:

V_{dob} – обимна брзина добоша.

Преносни однос се израчунава као однос броја обртаја мотора (n_{mot}) и броја обртаја добоша (n_{dob}):

$$i_0 = \frac{n_{mot}}{n_{dob}} = \frac{M_{dob}}{M_{mot} \cdot \eta_0} \quad (2.5)$$

где су:

M_{mot} – обртни момент мотора,

M_{dob} - обртни момент добоша,

η_0 – степен корисности преноса од мотора до добоша ($\eta_0 = 0.8 - 0.9$).

Вучна сила моторних добоша за вучу је од 2,5 - 150 kN при брзини кретања од 0,1 - 1,0 m/s. Услов је да се уже дужине 120 до 150 m може навити у 3 - 5 слојева.

Механизми за вучу са фрикционим добошима (вучна сила се преноси са добоша на вучни елемент трењем) примењују се када је вучни елемент предугачак да би се навијао на добош. Употребљавају се за хоризонтално премештање терета, док се за вертикално употребљавају само када падање терета не представља опасност. Уже се обмотава око добоша неколико пута и при окретању се уже ручно затеже неодређеном силом Fr . Израђују се са променљивим пресеком да би се уже водило по средини. Погон добијају од електромотора преко пужног преносника [2].

Кочнице

Један од најодговорнијих склопова код механизма за дизање јесу кочнице, њихова функција јесте да зауставе и задрже терет на жељеној позицији. Према конструктивном извођењу кочнице могу бити са папучама, траком, диском или ламелама. Код витла и дизалица најчешће се уграђују двопапучне аутоматске кочнице, које се активирају приликом укључивања мотора на који је кочница уграђена [2].

Уређаји за хватање и вешање терета

Као елементи за ношење терета, односно остваривања еластичне везе између добоша и доње катураче најчешће се употребљавају челична ужад. Карактеришу их велика јачина на кидање, одређена еластичност, трајност и сигурност у раду, притом је израда истих једноставна, и релативно јефтина. Израђују се од танких челичних жица минималне јачине на кидање 1400 до 2000 МПа, са кружним или било којим другим попречним пресеком. Материјал за израду жица мора задовољити прописе о затезној чврстоћи, чврстоћи на савијање и увијање.

Куке су универзални елементи за прихватање терета, везивање је директно за терет или посредством неког средства за вешање као што су ужад или ланци. Најчешће се употребљавају једнокраке коване куке које су погодне за све врсте терета. Израђују се од ниско угљеничних челика затезне чврстоће од 410 до 500 N/mm², отпорним на хабање. По ковању се куке термички обрађују како би се смањили заостали унутрашњи напони. На основу режима рада и називног терета врши се избор стандардне куке [2].

Контролни уређаји

Уређаји за покретање и заустављање ручно контролисаних витла и дизалица морају бити опремљени *hold to run* контролама да би се довод енергије прекинуо када су покретачки елементи отпуштени. Покретачки елементи контролних уређаја требају бити означени тако да њихови задаци (смер операције и укључивање/искључивање) буду непогрешиво препознатљиви.

Витла и дизалице номиналног капацитета од 1000 kg морају бити опремљени лимитерима номиналног капацитета. Лимитери су конструисани да спрече преоптерећење (превазилажење радне силе) витла, такође да лимитирају силу која се преноси на конструкцију. Дозвољену силу прописује произвођач.

Лимитери се сврставају у две групе:

- Лимитере директног дејства,
- Лимитере индиректног дејства.

Лимитери директног дејства

Подешавање се врши тако да се динамички тест преоптерећења може извршити без мењања подешавања лимитера. У случају витла са вишеслојним намотавањем, терет са којим се врши тест преоптерећења је другачији за први и последњи слој на добошу. Са овим подешавањем ефективна сила у средини витла не сме прећи 160% силе у одговарајућем слоју, резултујућег номиналног капацитета.

Терет који превазилази (Φ_{DAL} помножено са теретом одговарајућег слоја, резултујући више од номиналног капацитета) не би требало дизати.

Φ_{DAL} – гранична вредност силе за лимитере директног дејства, максимална вредност износи 1,6.

Лимитери индиректног дејства

Подешавају се тако да терет који премашује номинални капацитет витла, или када сила прекорачује вучну силу помножену са фактором активирања (α) аутоматски активира лимитер. Фактор активирања мора бити мањи или једнак 1,25 ($\alpha \leq 1,25$) [4].

Носач (тело) витла

Тело дизалице је пројектовано да у било ком тренутку одржи иста растојања између осталих компоненти, при чему се обезбеђује стабилан рад механизма. Израђују се од челика или ливеног гвожђа. Код серијске производње витла и дизалица стандардом је прописано максимално оптерећење које носачи могу поднети [4].

2.2 Мале дизалице на моторни погон

Као најједноставнија дизалица може се навести витло постављено на стационарну конструкцију које подиже терет до одређене висине. Дизалице су машине које остварују кретање механизмима смештеним на заједничкој конструкцији [9]. Стандардом SRPS EN 14492-2 прописано је пројектовање, информације о употреби, одржавање и тестирање дизалица које су стационарне или се крећу по стазама, подижу и спуштају терет закачен за куку или неки други уређај за манипулацију, чији је главни покретач електромотор, хидраулични или пнеуматски мотор. Мале дизалице на електрични погон се употребљавају као самосталне, или као део других дизаличних машина [10].

2.2.1 Основна подела и врсте дизалица

У зависности од конструкције дизалице се категоришу:

- Према типу вучног уређаја – са ужетом, ланчане и са траком,
- Дизалице за грађевинску примену,
- Дизалице отвореног типа.

Према носећој конструкцији:

- Конзолне,
- Рамне,
- Мосне дизалице.

Да би се дизалице и њени делови прилагодили условима експлоатације, према стандарду дизалице су подељене у четири погонске класе:

- Лаку (1),
- Средњу (2),
- Тешку (3),
- Врло тешку (4).

Као основ за разврставање дизалица и њених компоненти узимају се бројчане вредности следећих параметара:

- Број радних циклуса на сат (n),
- Називни терет (Q_n),
- Просечно транспортовани терет (Q_s),
- Релативно оптерећење (q_r),
- Стварно радно време (T_s),
- Теоријско радно време (T_t),
- Годишње стварно радно време (T_g),
- Теоријски век трајања (V_t).

Стандард сваке земље прописује начин разврставања дизалица у погонске класе. Према SRPS стандарду вредност параметара се узима из следеће табеле.

Табела 2.1: Вредност параметара [9]

Ознака погонске класе		Број радних циклуса (n)	Теоријско радно време T_t [h]
назив	број		
лака	1	до 16	до 0,5
средња	2	16 до 32	0,5 до 1
тешка	3	32 до 63	1 до 2
врло тешка	4	преко 63	преко 2

Ланчане дизалице на моторни погон

Основна конструкција ланчаних дизалица се као што име говори заснива на ланцу као носећим елементом за манипулацију теретом. Употребљавају се за подизање терета у радионицама као и у индустријским постројењима. Носивост ланчаних дизалица се креће у распону од 60 kg до 30 t.

На слици 2.8 приказана је ланчана дизалица *DC-Pro* са својим саставним компонентама, називне носивости од 1t, брзине дизања до 6 m/min, са преносним механизмом, кочницама и спојницом који су декларисани на 10 година рада без одржавања, погон дизалице је преко електромотора једносмерне струје [11].



1. Преносни механизам,
2. Кочница ,
3. Спојница ,
4. Помоћни механизам за подешавање дужине кабла управљача,
5. Контролна јединица,
6. Ланац,
7. Вешање дизалице,
8. Кућиште,
9. Погон,
10. Ланчаник,
11. Кутија за ланац,
12. Кука.

Слика 2.8: Ланчана дизалица *Demag DC-pro chain hoist* [11]

Ланчане дизалице се монтирају као стационарне где је намена само подизање терета до унапред предодређене висине, као конзолне дизалице или на шинама за комбиновани транспорт.

Приликом монтаже дизалица на шине, веза са шинама се остварује преко колица за хоризонтални транспорт. Колица могу бити за ручно премештање терета или са електричним погоном. Носивост колица декларише произвођач.

На слици 2.9 приказана је дизалица *DC-Pro* са колицима за ручно премештање терета *U11* називне носивости 1.1 t, са точковима од полиамида отпорног на хабање са малим коефицијентом трења. При употреби дизалица на повишеним температурама точкови се израђују од челика.

Ланчана дизалица *DC-Pro* монтирана на колица са електричним погоном *E11* приказана је на слици 2.10. За разлику од колица за ручно премештање терета ова врста колица користи електрични погон за померање терета у хоризонталној равни. Примењују се када је потребно спорије „нежније” покретање као и заустављање терета. Управљање се врши помоћу специјалног управљача са додатним контролама за управљање колицима [11].



Слика 2.9: Дизалица Demag DC-Pro на колицима U11 [11]



Слика 2.10: Дизалица Demag DC-Pro на колицима E11 [11]

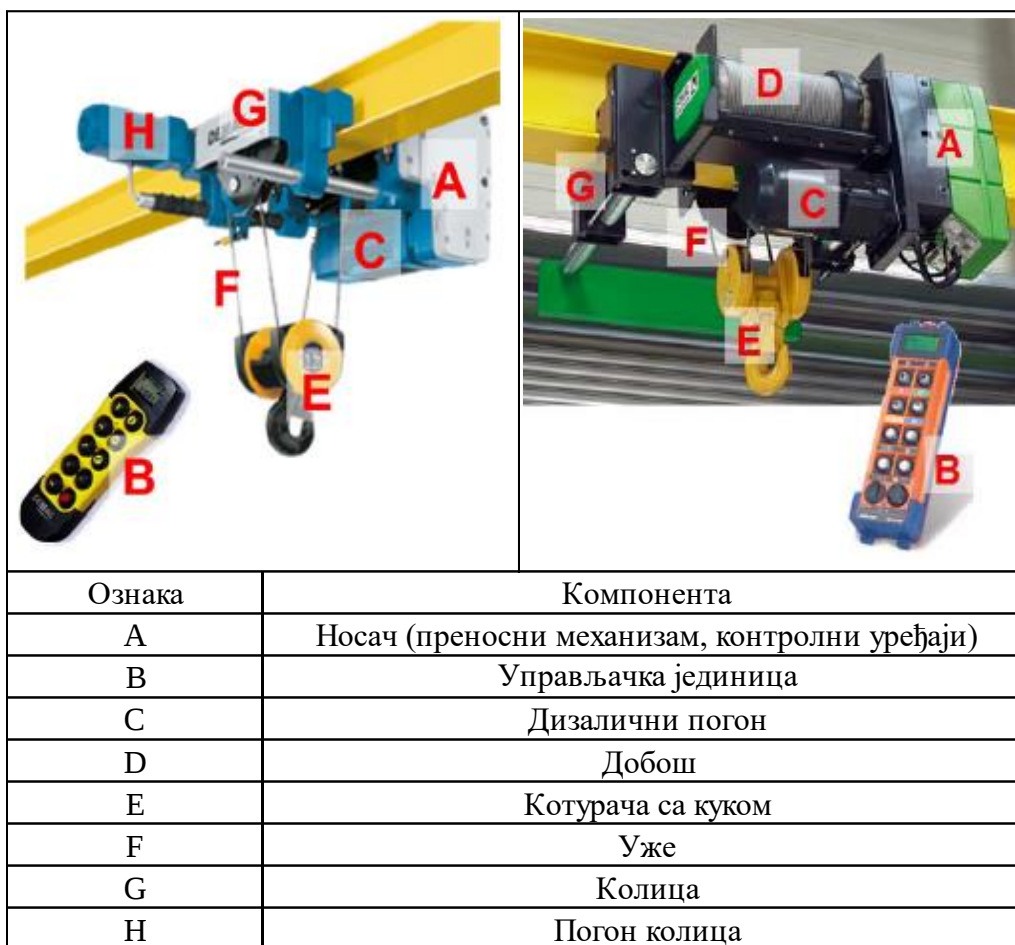
Ужетне дизалице на моторни погон

Основу чини дизалични механизам са једним електромотором који погони добош на који је намотано уже. Могу бити самосталне, или као саставни део мосних, конзолних, порталних дизалица и кранова. Уколико су монтиране на шине (стазе) погон кретања се добија другим електромотором који помера дизалични механизам са закаченим теретом или без терета. Пројектоване су тако да су све главне компоненте лако доступне за визуелну проверу и одржавање.

Котурача

Код ужетних дизалица као компонента дизаличног механизма уводи се котурача. Увођењем котураче код дизаличног механизма смањује се сила у ужету, а самим тим и моменат терета на добошу, и смањује се преносни однос између мотора и добоша. Котураче могу бити: просте и двојне. Према конструктивном извођењу могу бити: нормалне, дугачке и кратке. Код простих котурача један крак ужета је везан за ослонац, а други се намотава на добош. Код двојних котурача два крака ужета се намотавају на добош, а остали иду са доње котураче на систем котурова. Употребом двојне котураче смањује се могућност већег осциловања терета, и обезбеђује брже умирење осцилација viseћег терета [2].

На слици 2.11 приказане су ужетне дизалице са својим главним компонентама.



Слика 2.11: Главне компоненте ужетних дизалица [8]

Дизалице са траком

Дизалице са траком као вучном компонентом се употребљавају у агресивнијим срединама, када постоји опасност од оштећења услед корозије код челичних компоненти. Најширу примену налазе у фармацеутској и прехранбеној индустрији, на местима са великим количинама испарења итд. Конструктивно се изводе као стационарне или као покретне када су монтиране на стазе.

На слици 2.12 приказана је дизалица са траком из серије *BH*. Носивост дизалица се креће у распону од 500 до 2000 kg (*BH2*), и од 2000 до 5000 kg (*BH5*). Траке се израђују од антистатичког полиестера, са великом отпорношћу на хабање, корозију, киселине и раствараче, самим тим траке делују као електрични изолатори, што додатно повећава безбедност током рада дизалице. Опремљене су вођицама које не дозвољавају увртање траке приликом намотавања на добош [12].



Слика 2.12: Дизалица са траком Verlinde Eurolift BH [12]

Дизалице за грађевинску примену

Дизалице на моторни погон се могу класификовати као грађевинске уколико у свом склопу садрже носећу конструкцију. За разлику од дизалица сложене конструкције које транспортују велике терете, дизалице за грађевинску употребу су простије конструкције, лако се монтирају и демонтирају, сваки део носеће конструкције може се ручно преместити на одговарајућу локацију на градилишту.

Ограничења које носеће конструкције морају испуњавати:

А) Величина,

- Са ротирајућим ослонцем, радијус ротирања ≤ 2.00 m,
- Са вертикалним ослонцем дужине ≤ 3.50 m,
- Са рамним носачем, ширина портала ≤ 5.00 m.

Б) Номинални капацитет,

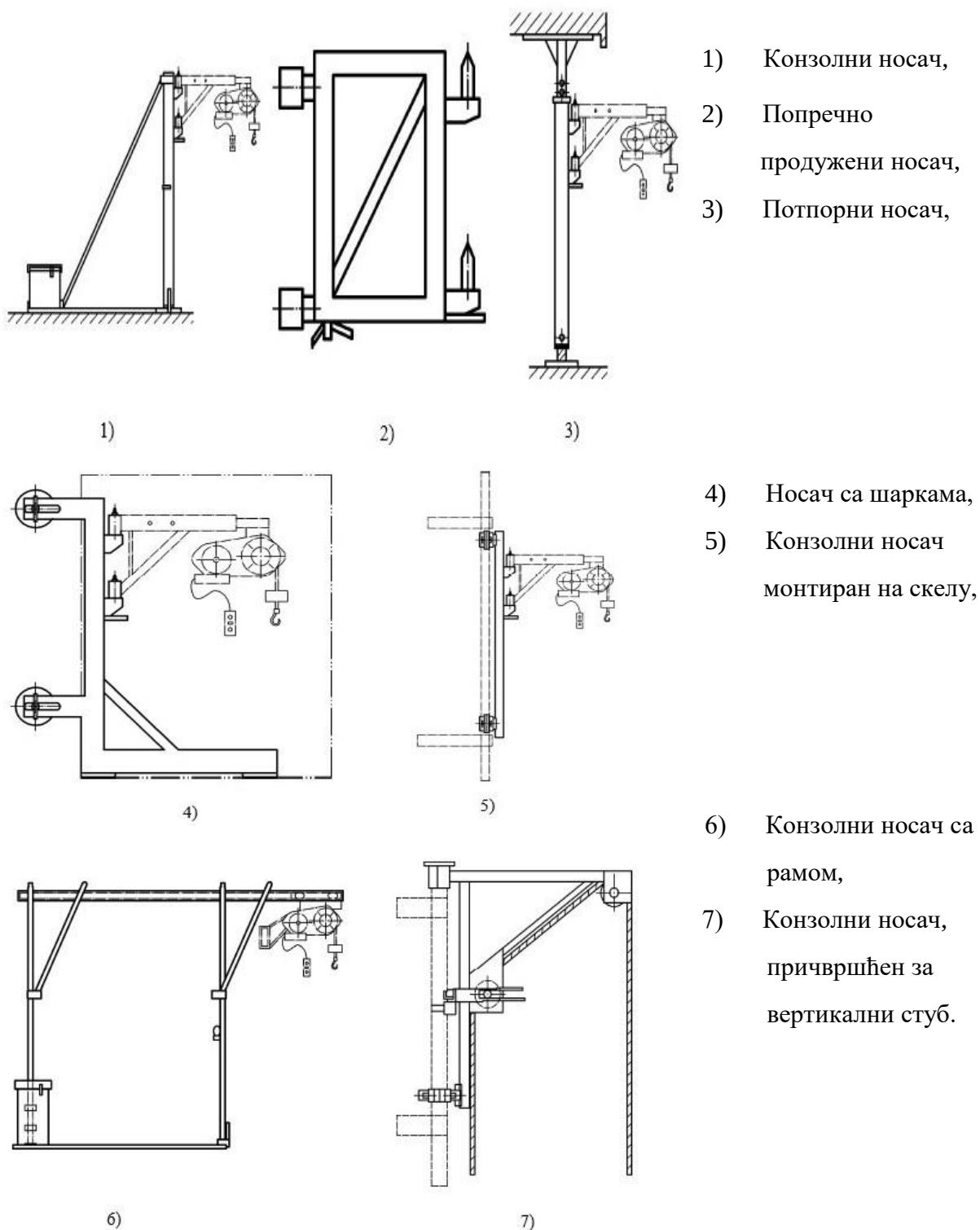
- За портални носач ≤ 500 kg,
- За ротирајући ослонац ≤ 200 kg.

В) Номинална брзина дизања ≤ 1.2 m/s.

Г) Висина дизања ≤ 50 m.

Овакви типови конструкција се примењују за привремени рад на градилишту [10].

На слици 2.13 приказана су могућа решења носећих конструкција.

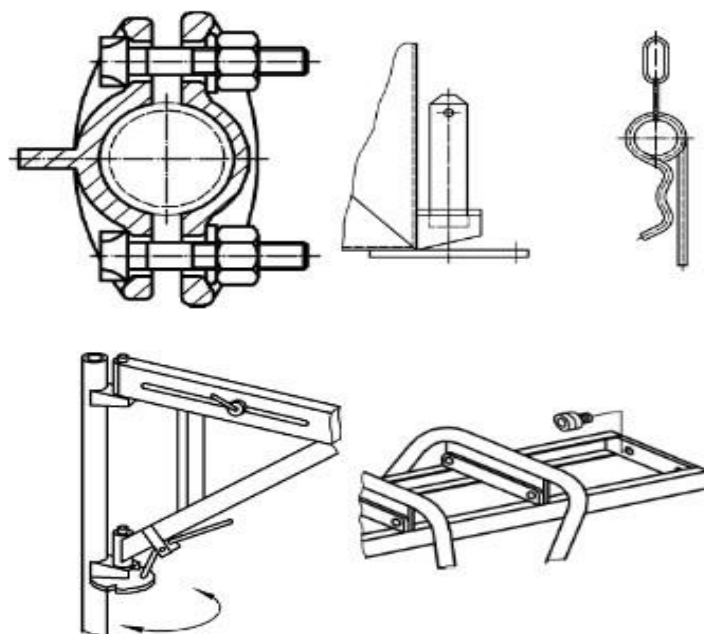


Слика 2.13: Могућа решења носећих конструкција [10]

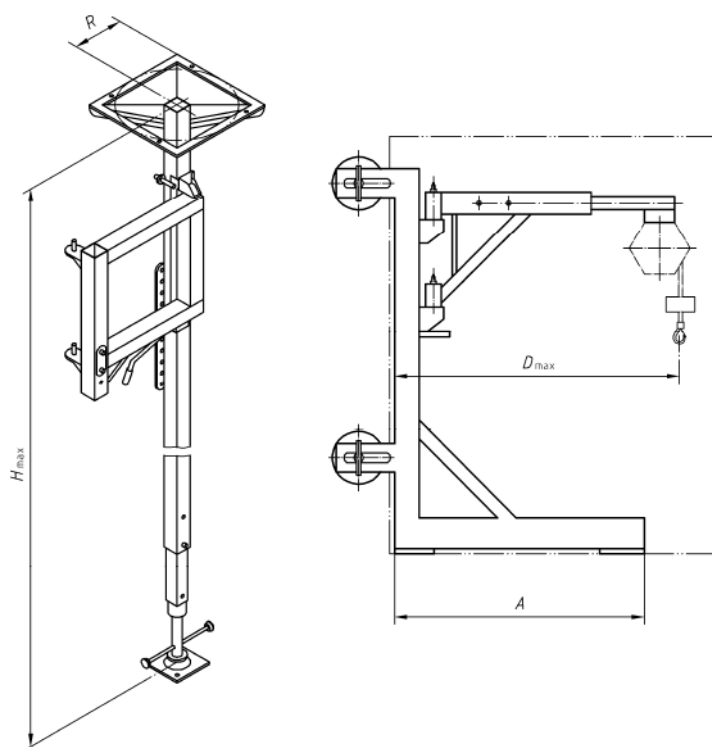
Елементи носећих конструкција морају бити прилагођени радним условима, од складишта (отпорни на оштећења у току транспорта), до градилишта (прилагођени условима експлоатације). Уколико дође до оштећења, оштећене елементе треба заменити новим [10].

Саставни делови конструкција су модуларни, и могу се употребити за више различитих конфигурација, осим ако конфигурација не прелази унапред одређено оптерећење. При употреби контратегова, контратег мора бити означен тако да се померањем истог до унапред одређене позиције, мења и носивост конструкције (спречавање превртања услед преоптерећења) [10].

На слици 2.14 приказани су неки од стандардних елемената носећих конструкција.



Слика 2.14: Стандардни елементи [10]



Слика 2.15: Протисани односи димензија [10]

На првом примеру приказан је прописани однос радијуса главе потпорног носача R , у односу на висину носача H_{max} .

$$\frac{H_{max}}{12} \leq R \quad (2.6)$$

На другом примеру приказан је однос стопе носача са шаркама A , у односу на растојање терета од стуба носача D_{max} .

$$A \geq D_{max} \quad (2.7)$$

Провера стабилности носеће конструкције

Прорачун носеће конструкције је део прорачуна комплетног дизаличног система, и он мора узети у обзир:

- Различите позиције терета, као и комбинацију оптерећења и сила које делују на конструкцију,
- Стабилност,
- Структурну анализу, проценом индивидуалних оптерећења и сила које делују у одређеним положајима, као и непожељна оптерећења у осталим деловима конструкције,
- Дизалични систем мора бити усклађен са условима употребе.

Структура носеће конструкције мора имати довољну стабилност за све предодређене радне услове, укључујући монтажу, демонтажу као и утицај на животну средину. Приликом прорачуна комплетног дизаличног механизма, у обзир се узимају:

- Ефекат померања терета који укључује сва оптерећења (називни терет, тежину дизалице и њених саставних елемената) помножен са динамичким коефицијентом $\psi = (1 - 0.3 \cdot v)$ где је v брзина дизања у m/s.
- Максимална статичка вучна сила, ако је ова сила мања од силе која одговара збиру терета од 80 kg и процењеног оптерећења, тада се узима у обзир збир сила терета од 80 kg и процењеног оптерећења.
- Претпостављајући да је минимална површина терета 1 m^2 , минимална вредност силе ветра износи $q = 125 \text{ N/m}^2$, што одговара брзини ветра од 14 m/s [10].

Комплетна носећа конструкција са дизаличним механизмом, у најкритичнијој тачки ослоња, мора бити једнако стабилна. Момент стабилизације мора бити једнак или већи од момента превртања. У обзир се узимају вредности из табеле 2.2 помножене са степеном сигурности S_0 .

Све стабилишуће силе имају степен сигурности 1.

Табела 2.2: Вредности степена сигурности [10]

Силе и терет	Степен сигурности S_0
Трајна (статичка) оптерећења	1.2
Номинално оптерећење	1.5
Максимална статичка вучна сила	1.2
Сила ветра	1.2
Хоризонтална сила у правцу рукохвата	1.2

$\sum$ момената стабилизације $\geq \sum$ момената превртања помножених са степеном сигурности S_0

За прорачун сигурности конструкције у обзир се узимају следећи фактори приказани у табелама 2.3 и 2.4 [10].

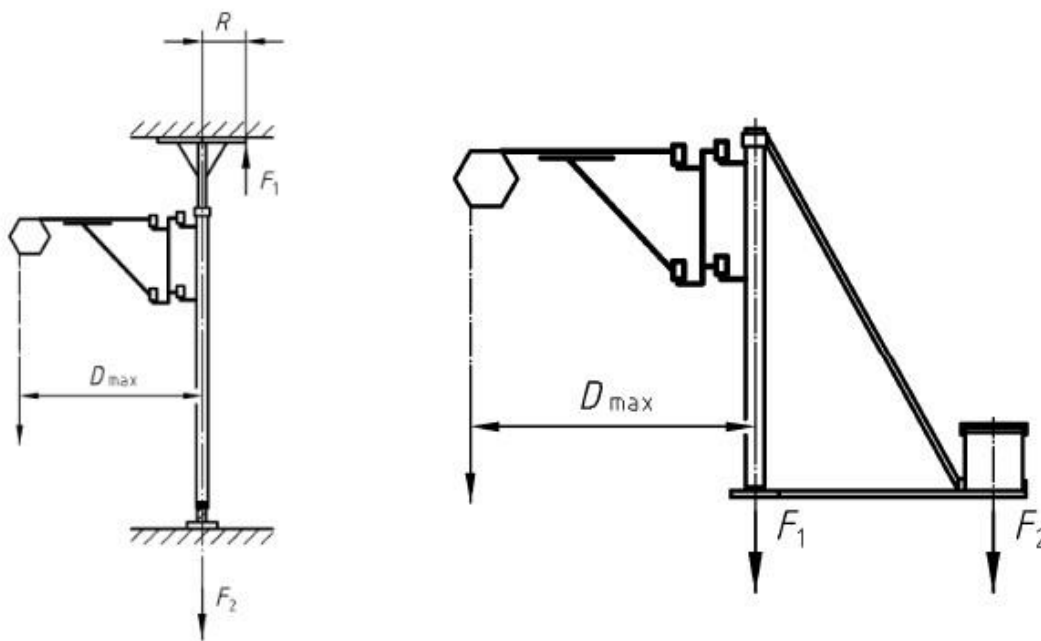
Табела 2.3: Сигурносни коефицијент за челичне конструкције [10]

Случај оптерећења	Коефицијент V_E
I	1.5
II	1.33
III	1.1

Табела 2.4: Случајеви оптерећења [10]

Случај оптерећења	Силе и ефекти	
Нормална употреба	$(\psi^a \cdot \text{номинално оптерећење}) + \text{статичко оптерећење}$	I
Велика оптерећења: током статичких и динамичких тестова	$(\psi^a \cdot 1.1 \cdot \text{номинално оптерећење})$ или $(1.25 \cdot \text{номинално оптерећење}) + \text{статичко оптерећење}$	III
Ефекти великих оптерећења: максимална статичка вучна сила	$(80 \text{ kg} + \text{номинално оптерећење})$ или $\text{Максимална статичка вучна сила} + \text{статичко оптерећење}$	III
Привремени услови: кочење, ветар	$\psi^a + \text{номинално оптерећење} + \text{сила ветра} + \text{статичко оптерећење}$	II

На слици 2.16 приказани су правци дејства сила на носећу конструкцију потпорног носача и конзоле са контратегом [10].

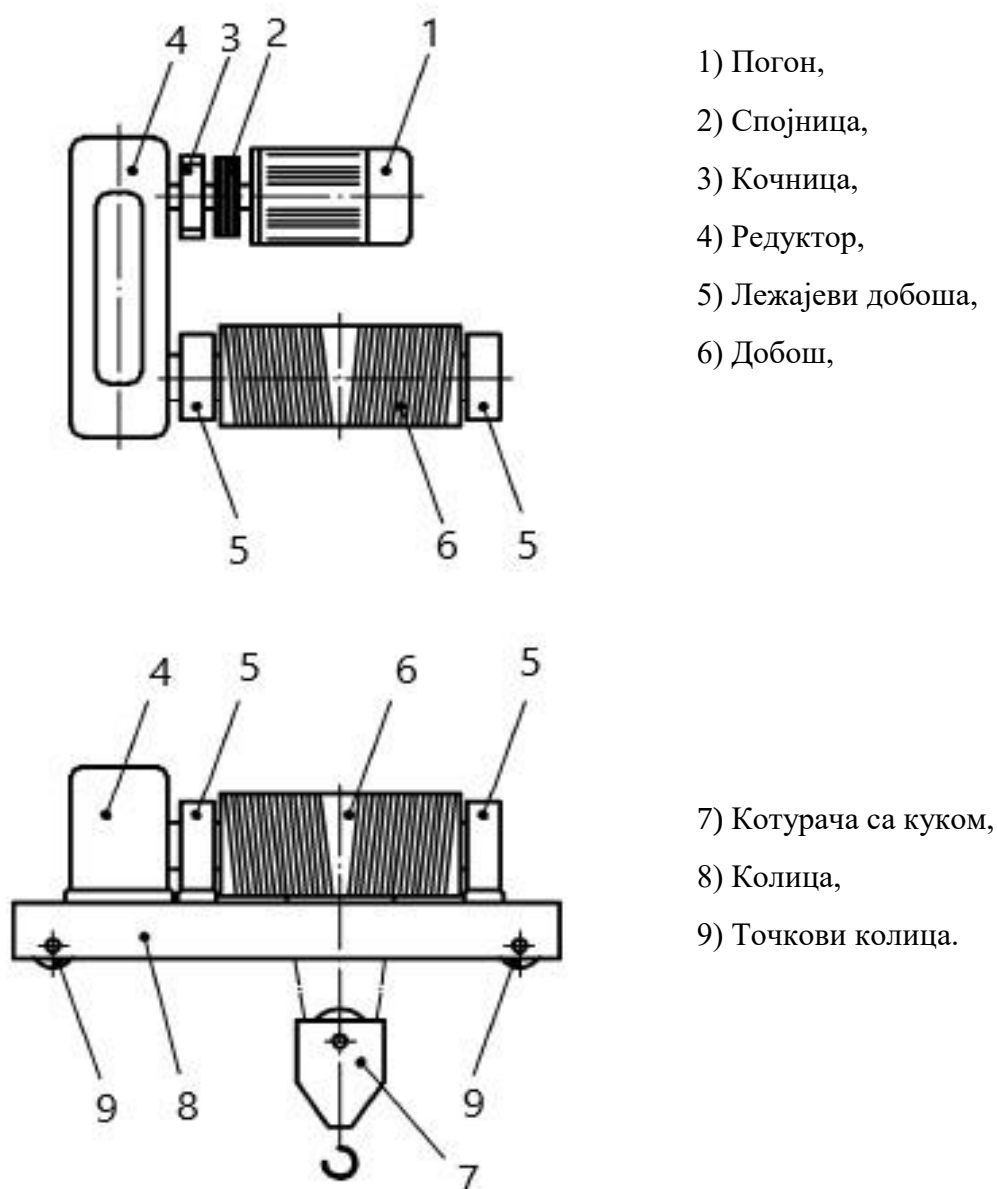


Слика 2.16: Правци дејства сила [10]

Дизалице отвореног типа

Дизалице отвореног типа се примењују као саставни део мосних дизалица. Монтиране на колица, дизалице се крећу по носачима који могу бити лимене или решеткасте конструкције. Носачи лимене конструкције се користе за мање распоне, док се носачи решеткасте конструкције користе за веће распоне због економичности. Колица се крећу транслаторно по носачима, чиме се омогућава хоризонтални транспорт терета. Дуж главних носача су постављене стазе које служе за смештање погона и дизаличних водава, а такође представљају укрућење структуре моста у хоризонталној равни [2].

На слици 2.17, приказана је дизалица отвореног типа са својим компонентама.



Слика 2.17: Дизалица отвореног типа са својим компонентама [10]

3. Опасност и ризици при раду са витлима и малим дизалицама

У свим фазама транспорта терета од утовара, преко претовара и истовара постоји опасност изазвана различитим факторима. Процес препознавања постојања опасности и дефинисање њених својстава представљају основ процене ризика. Различита конструктивна решења и начин руковања дају различити број степени слободе кретања, који у суштини представљају потенцијалне опасности [13].

Потенцијалне опасности можемо сврстати у више категорија:

- Механичке – настају услед неправилног позиционирања дизалице или дизалице монтиране на носећу конструкцију, преоптерећењем дизаличног механизма, или неправилним избором носеће конструкције,
- Електричне – настају услед неправилног руковања дизаличним механизмима, потенцијално су опасни по живот уколико дође до контакта између оператера и преоптерећених водова,
- Топлотне – настају услед рада на повишеним или сниженим температурама,
- Повећани ниво буке, вибрација или радијације,
- Опасности настале услед непоштовања прописа о сигурности на радном месту [10].

3.1 Мере безбедности и заштите на раду

Основна мера безбедности јесте познавање самог дизаличног система, од дизаличног механизма и његових спецификација, носеће конструкције као и услова рада. Најпростији вид заштите на раду јесте визуелна процена система (провера да ли дизалични механизам и његове компоненте функционишу према пропису, и да ли је нека од компоненти физички оштећена).

Сваки произвођач је дужан да обезбеди техничку документацију дизаличног механизма са свим карактеристикама. Сваки механизам мора имати металну таблицу са основним подацима:

- Знак фабрике (уколико се ради о дизалицама произведеним у серијама),
- Назив произвођача,
- Врсту дизалице са ознаком типа,
- Максималну носивост,

- Годину производње,
- Фабрички број дизалице.

Произвођачи носећих конструкција су дужни да прикажу спецификације конструкције постављањем металне таблице на видно место. Таблица треба да садржи:

- Име и адресу произвођача, или његовог представника,
- Ознаке које казују о којем је носачу реч,
- Серијски број,
- Годину производње,
- Носивост конструкције.

Уз саму конструкцију долази и упутство са основним информацијама за монтажу, демонтажу, тестирање конструкције, препоруке за транспорт, као и могућност комбиновања конструкције са другим конструкцијама.

Провера носећих конструкција се врши на основу захтева које конструкција мора да задовољи, табела 3.1 [10].

Табела 3.1: Средства за проверу безбедносних захтева [10]

Безбедносни захтеви	Провера декларисаних вредности	Индивидуална провера
Карактеристике конструкције	Документација и прорачун	
Монтажа и демонтажа	Визуелна инспекција	Визуелна инспекција
Стабилност	Прорачун, динамичко и статичко тестирање	Тестирање након постављања
Преношење оптерећења	Прорачун	Тестирање након постављања
Материјал и опрема	Прорачун, динамичко и статичко тестирање	Провера процеса производње, провера након постављања

Сви дизалични механизми су опремљени сигурносним системима. У сигурносне системе спадају:

- Кочнице,
- Лимитери,
- Управљачка јединица,

- Лимитери висине дизања и спуштања,
- Куке опремљене осигурачима [8].

Све управљачке јединице су опремљене *hold-to-run* контролама, што значи да се подизање или спуштање терета зауставља приликом отпуштања тастера. Тастери су означени да визуелно не може доћи до грешке приликом употребе. Могу бити повезане каблом са дизалицом, или ради веће безбедности, даљинске. На слици 3.1 приказане су различите варијанте управљачких јединица са означеним тастером за тренутно заустављање рада [8].



Слика 3.1: Управљачке јединице [8]

Као додатни механизам за безбедност, на куке се уграђују осигурачи који не дозвољавају спадање терета приликом подизања или спуштања. На слици 3.2 приказана је кука са осигурачем [8].



Слика 3.2: Кука са осигурачем [8]

У току употребе дизаличних механизма, оператери морају бити опремљени прописаном опремом, бити способни за рад са дизалицама (установљава се лекарским прегледом), као и да поштују прописе везане за безбедност у току рада. Уколико оператер осећа да није способан за рад, забрањен му је прилаз дизалици [14].

Да би се испоштовали прописи за безбедност у току рада оператер дизаличног механизма је дужан да:

- Пре почетка рада визуелно провери дизалични механизам, као носећу конструкцију, уколико је нека од компоненти оштећена дужан је да обустави рад и обавести одговорно лице,
- Обезбеди да се испод терета не налазе особе,
- Прати цео процес дизања, уколико му је видно поље смањено, тада прати инструкције друге особе која јасно види цео процес транспорта,
- Уколико дође до отказивања неке од компоненти у току рада, оператер мора зауставити дизалични механизам,
- Не подиже веће терете од прописаних,
- Одржава дизаличне механизме (подмазивање и чишћење),
- Када заврши са радом растерети дизалични механизам, куку подигне до почетног положаја и искључи дизалични механизам [14].

Да би се повећала безбедност на радном месту, потребно је адаптирати околину у којој се врши рад.

- Обележити сигурно растојање у радијусу дизања терета,
- Омогућити оператеру неометане услове рада,
- Забрањити улаз у радну зону токон подизања терета.

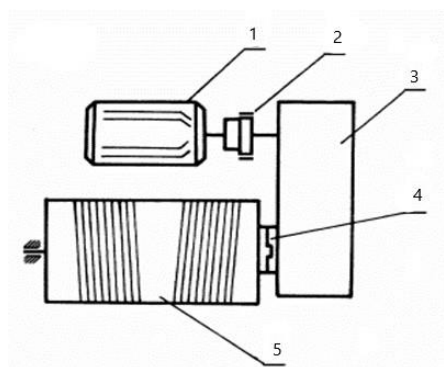
4. Прорачун главних компоненти дизаличног механизма

Саставне компоненте сваког дизаличног механизма јесу:

- Погон,
- Преносник снаге - редуктор,
- Добош,
- Уже за подизање терета,
- Кука,
- Кочнице.

Основе за прорачун дизаличног механизма јесу познавање радних услова, и потребне карактеристике механизма за испуњавање неометаног рада.

На почетку прорачуна прво се бира основна концепција дизаличног механизма. На слици 4.1 приказана је концепција погона дизања код које се обртни момент непосредно преноси са редуктора на добош.



- 1) Погон
- 2) Кочница
- 3) Редуктор
- 4) Спојница
- 5) Добош

Слика 4.1: Концепција погона [9]

Уколико се као дизалични елемент користе челична ужад приликом прорачуна у обзир се узима статичка сила кидања која се израчунава према обрасцу:

$$F_r \geq k_u \cdot F_u \quad (4.1)$$

где су:

k_u – коефицијент сигурности ужета, узима се вредност на основу погонске класе,

F_u – највећа затезна сила у краку ужета при устаљеном режиму рада.

На основу прорачунате силе кидања, бира се стандардно уже чија је декларисана сила кидања већа, или једнака прорачунатој.

Пречник добоша се израчунава као:

$$D_{dob} = \left(\frac{D}{d}\right)_d \cdot d_u \quad (4.2)$$

где су:

$\left(\frac{D}{d}\right)_d$ - однос пречника катура и ужета, вредност се узима из табеле,

d_u – пречник изабраног ужета.

На основу прорачуна усваја се стандардни пречник добоша.

Момент добоша се израчунава према обрасцу:

$$M_{dob} = 2 \cdot F_u \cdot \frac{D_{dob}}{2} \quad (4.3)$$

Број обртаја добоша се израчунава према обрасцу 2.4.

Потребна снага електромотора се може израчунати као:

$$P = \frac{Q \cdot v}{\eta_0} \quad (4.4)$$

Према прорачунатој снази усваја се стандардни дизалични електромотор, са карактеристикама декларисаним од стране произвођача.

Преносни однос механизма се рачуна по обрасцу 2.5, и на основу прорачуна усваја се стандардни редуктор.

Спојница за везу између редуктора и добоша се бира на основу номиналног момента електромотора према обрасцу:

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{n_m} \quad (4.5)$$

где су:

P_n – номинална снага електромотора према декларацији произвођача,

n_m – број обртаја електромотора.

Кочница се поставља на вратило електромотора због најмањег обртног момента, рачунски момент кочења се израчунава према обрасцу:

$$M_k = v_k \cdot M'_{ST} \cdot \eta^2 \quad (4.6)$$

Где су:

v_k - степен сигурности којим се узима у обзир утицај занемарених инерционих сила,

M'_{ST} - погонски момент електромотора потребан за савлађивање отпора устаљеног кретања.

$$M'_{ST} = 9550 \cdot \frac{P}{n_m} \quad (4.7)$$

Параметри за прорачун дизаличног механизма:

- Носивост $Q = 10 \text{ kN}$,
- Брзина дизања $v = 8 \text{ m/min}$,
- Висина дизања $H = 10 \text{ m}$,
- Дизалица је предвиђена за лаке услове рада.

За концепцију са слике 4.1 и наведеним параметрима прорачун компоненти дизаличног механизма је следећи:

Према обрасцу 4.1, ако је $F_u = Q$; и $k_u = 4.5$ за лаке услове рада тада је:

$$F_r \geq k_u \cdot F_u = 4.5 \cdot 10 = 45 \text{ kN} \quad (4.8)$$

Стандардни пречник обичног челичног ужета је 9 mm .

Према обрасцу 4.2 вредност $\left(\frac{D}{d}\right)_d$ за добош је 18.

$$D_{dob} = \left(\frac{D}{d}\right)_d \cdot d_u = 18 \cdot 9 = 162 \text{ mm} \quad (4.9)$$

Стандардни пречник добоша је 250 mm .

Према обрасцу 4.3:

$$M_{dob} = 2 \cdot F_u \cdot \frac{D_{dob}}{2} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{25}{2} = 150 \text{ kNcm} \quad (4.10)$$

Према обрасцу 2.4 број обртаја добоша је:

$$n_{dob} = \frac{60 \cdot V_{dob}}{\pi \cdot D_{dob}} = \frac{60 \cdot 0.133}{\pi \cdot 0.25} = 10.16 \text{ min}^{-1} \quad (4.11)$$

Потребна снага електромотора где је $\eta_0 = 0.85$ према обрасцу 4.4 је:

$$P = \frac{Q \cdot v}{\eta_0} = \frac{10 \cdot 0.133}{0.85} = 1.56 \text{ kW} \quad (4.12)$$

За изабрани мотор *Sever ZPD 132 M-8* одговарајући параметри су:

$$P = 2.2 \text{ kW},$$

$$n = 670 \text{ min}^{-1}$$

Преносни однос механизма према обрасцу 2.5 је:

$$i_0 = \frac{n_{mot}}{n_{dob}} = \frac{670}{10.16} = 65.9 \quad (4.13)$$

Усвојити стандардни редуктор преносног односа приближном прорачунатој вредности.

Номинални момент на вратилу електромотора је према обрасцу 4.5:

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_n}{n_m} = 9550 \cdot \frac{2.2}{670} = 3.13 \text{ kNm} \quad (4.14)$$

Усвојити стандардну еластичну спојницу.

За вредности параметара $v_k = 1.5$ за лаке услове рада према обрасцима 4.7 и 4.6 вредност рачунског момента кочења је:

$$M'_{ST} = 9550 \cdot \frac{P}{n_m} = 3.13 \text{ kNm} \quad (4.15)$$

$$M_k = v_k \cdot M'_{ST} \cdot \eta^2 = 1.5 \cdot 3.13 \cdot 0.85^2 = 3.39 \text{ kNm} \quad (4.16)$$

На основу израчунатог момента усвојити одговарајућу кочницу.

5. Закључак

Дизалични механизми су машине са периодичним радом, које служе за транспорт терета по хоризонталном и вертикалном правцу, и као специјални случај јесте комбиновани транспорт приликом повлачења терета под неким углом. Одликује их разноврсност примене, као и велики број различитих врста.

Витла су саставни део дизаличног механизма, и састоје се из погона, кочница, преносника снаге, добоша, уређаја за манипулацију, као и сигурносних система. Користе се за пренос терета по хоризонталној површини, док се дизалице употребљавају за пренос терета у вертикалном правцу.

Дизалични механизми су прилагођени условима рада, било да раде у једном месту, или је потребно премештање терета у више праваца, што им омогућавају различити типови носећих конструкција. У зависности од потреба могуће је комбиновати више конструкција уз поштовање прописа о безбедности.

Само подизање терета јесте ризик, и приликом рада потребно је поштовати безбедносне мере. Најчешћи узрок несрећа на раду јесте непажња око места на које је постављена дизалица, као и лоша комуникација између оператера и његове околине у којој ради. Зато је потребно обезбедити адекватне услове за рад. Уколико се поштују прописи, број несрећа на раду се може свести на минимум.

Циљ завршног рада јесте упознавање са витлима и дизалицама на моторни погон, као и њиховим главним компонентама. Кроз рад су поменуте различите врсте витла, дизалица, као и могуће носеће конструкције. Дат је пример прорачуна општег дизаличног механизма који је могуће уз додатне прорачуне и провере монтирати на неку од носећих конструкција.

6. Литература

- [1] [http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Crane_\(machine\)](http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Crane_(machine)) приступљено 29.08.2017.
- [2] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине - Практикум, Ниш, 1988.
- [3] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [4] Стандард SRPS EN 14492-1:2010, Дизалице - Витла и мале дизалице на моторни погон - Део 1: Витла на моторни погон.
- [5] Warn Industries, 9.5 cti, drill winch, <https://www.warn.com/manuals/index.jsp>, приступљено 03.09.2017.
- [6] Tajfun, Single drum logging winch <http://tajfun.com/vitli/index.html?com.dotmarketing.htmlpage.language=4> приступљено 03.09.2017.
- [7] Ingersoll rand, Third generation air winches, https://www.ingersollrandproducts.com/content/dam/ir-products/en/TSG/Images/ThirdGen_FA2B%20Flyer.pdf приступљено 04.09.2017.
- [8] FEM N 0089, A brief guide for identification of non-compliant winches and hoists, 09. 2015.
- [9] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [10] Стандард SRPS EN 14492-2:2010, Дизалице - Витла и мале дизалице на моторни погон - Део 2: Мале дизалице на моторни погон.
- [11] Demag, Каталози ланчаних и ужетних дизалица, <http://demag.rs/download/> приступљено 10.09.2017.
- [12] Verlinde, Eurolift BH, https://www.verlinde.com/assets/pdf/EuroliftBH_GB.pdf, приступљено 12.09.2017.
- [13] Б.Давидовић, М. Николић, Приступ процени и смањењу ризика у раду са аутодизалицама према захтевима OHSAS-а, <http://www.cqm.rs/2010/pdf/37/15.pdf>, приступљено 11.09.2017.
- [14] Правилник о општим мерама и нормативима заштите при раду са дизалицама, <http://www.podaci.net/z1/2121796/P-omnzrd02v6930-6941.html> приступљено 11.09.2017.