

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Александар Б. Грујић

Лаке торањске дизалице

завршни рад

Крагујевац, 2017.

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: 96/2014

Александар Б. Грујић

Лаке торањске дизалице

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 торањских дизалица при транспорту терета.
- Прикаже кратак осврт на историјски развој ових дизалица.
- Наведе и опише одговарајуће саставне дизаличне механизме и истакне њихове главне карактеристике и метод прорачуна.
- За избрани тип дизалице и за дефинисану носивост и висину дизања терета уради конкретан рачунски пример.

Препоручена литература:

- [1] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [2] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [3] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [4] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине - Практикум, Ниш, 1988.

Крагујевац, 06. 03. 2017.

Ментор:
Др Ненад Милорадовић, доцент

Резиме:

Тема овог завршног рада је опис конструкције и функционисања лаке торањске дизалице као транспортне машине која је практично незамењива у грађевинској индустрији. Након увода у коме је представљена основна улога ових дизалица и њена примена, дат је и кратак историјски развој. Затим следи опис главних делова дизалице, њихове поделе и карактеристике, предности и недостаци, носивост, монтажа торња, безбедност рада, као и идентификација саме дизалице. На крају је приказан поступак прорачуна од кога зависи учинак торањске дизалице, као и конкретан пример прорачуна.

Кључне речи: торањ, стрела, баласт, платформа, торањске дизалице, носивост, монтажа и демонтажа.

Abstract:

The theme of this final paper is the description of the construction and function of a light tower crane as a transport machine that is practically irreplaceable in the construction industry. After the introduction, in which the basic role of these cranes and their application are presented, a short historical development is given. Then the description of the main parts of the crane, their division and characteristics, the accuracy and the faults, the load capacity, the tower installation, the safety of the work, as well as the identification of the crane itself. Finally, the budgeting process, on which the performance of the tower crane depends, as well as the concrete budgetary accompaniment, is shown.

Key words: tower, lightning, ballast, platform, tower crane, load, assembly and disassembly.

Садржај

1. Увод.....	6
2. Историјски развој лаких торањских дизалица	8
3. Основне карактеристике и главни радни механизми лаких торањских дизалица	9
3.1 Основни елементи торањске дизалице и њене карактеристике	9
3.2 Подела и класификација торањских дизалица	14
3.3 Носивост, дохват и висина торањских дизалица	19
3.4 Монтажа и демонтажа торањских дизалица	20
3.5 Идентификација торањских дизалица	23
3.6 Сигурност при раду торањских дизалица	25
4. Поступак прорачуна торањске дизалице	28
4.1 Учинак торањске дизалице	28
4.2 Оријентационе мере и сопствене тежине	31
4.3 Прорачун механизма кретања дизалице	33
5. Закључак	35
6. Литература	36

1. Увод

Дизалице представљају вид транспорта који је у многоне олакшао реализацију преноса терета са једног места на друго. Захваљујући различитим механизмима за дизање терета, системима за погон кретања носећих конструкција дизалица остварују се претоварне операције при транспорту терета.

У складу са развојем технике развијала су се и дизалично транспортна средства, тако да данас транспортна техника чини саставни део производног ланца мање више сваког технолошког процеса или су транспортне машине главне машине на неком претоварном месту. Потреба за транспортом све већих количина материјала и робе и све сложеније технолошке захтеве морале су да прате и испуњавају и транспортне машине, како машине прекидног транспорта тако и машине непрекидног транспорта. У делу машина прекидног транспорта најбројнију групу чине дизалице. Данас нема области индустрије у којој се не примењују транспортне машине:

- у индустријским халама за премештање делова материјала, ремонт машина,
- у ливницама за транспорт одливака и материјала,
- у морским и речним лукама за претовар робе,
- у железарама у саставу технолошког процеса и складиштења руде,
- у грађевинарству, рударству, хидро и термо електранама, робним складиштима.

Дизаличне машине обухватају све дизалице које служе за вертикално дизање терета најчешће помоћу ужета или ланца. Зависно од тога на којим се местима примењују и каква је њихова улога врши се избор дизалице према њеној конструкцији и врсти погона.

Према конструкцији се класификују на: **грађевинске (торањске)**, конзолне, мосне, рамне, порталне, полупорталне, ауто-дизалице..

Према врсти погона: са електричним мотором, са мотором са унутрашњим сагоревањем (СУС). Дизалице са електричним мотором се крећу по шинама, док дизалице са СУС мотором имају носећи рам и погонски систем сличан друмском возилу [1].

Торањске дизалице - на њихов настанак и развој утицала је потреба за премештањем тешких терета у грађевинској индустрији. Последњих година су у све већој примени. Због своје техничке конструкције и логистике рада представљају кључна средства унутрашњег технолошког или градилишног простора у области грађевинарства. Торањске дизалице се првенствено примењују за монтажу зграда и објеката али и за пренос осталих ресурса за грађење. Нижи степен примене при монтажи хала је због велике површине ових објеката са релативно мало тешких елемената. Такође се јављају и потребе за брзим преласком са објекта на објекат и градилишта на градилиште што је за торањске дизалице доста тешко. Али торањске дизалице се могу користити за транспорт материјала при изради тешких монтажних елемената на градилишту. На слици 1 приказан је општи изглед торањске дизалице.



Слика 1. Торањска дизалица [1]

Процес који дизалица обавља у свом радном циклусу:

- Прихватање терета (утовар) уређајима за качење,
- Подизање и премештање терета (претовар),
- Спуштање терета и истовар.

Није свака торањска дизалица погодна за свако градилиште и сваку врсту радова. Али ако се упореде могућности и ограничења разних средства за пренос и дизање на градилиштима види се да су торањске дизалице средства са обележјима просторне покретљивости са теретом, неселективношћу према врстама терета и добром видљивошћу, при манипулацији теретом. Зато су торањске дизалице најпожељније за градњу објеката високоградње као и многих инжењерских објеката [1].

2. Историјски развој лаких торањских дизалица

Прва дизалица направљена је 3000. година пре нове ере. Док су прве грађевинске дизалице измислили стари Грци, оне су биле покретане људском снагом, а касније и животињском. Развојем цивилизације јавила се све већа потреба за преласком људи са села у градове, а самим тим и потреба за торањским дизалицама била је неминовна при изradi зграда. Дизалице су коришћене у средњовековној архитектури од 11. па до краја 12. века. Нема сумње да су биле у употреби при градњи готичким стилем који потиче из Француске и који се веома брзо проширио Европом. Употреба дизалица је имала и значајно место у изградњи великих европских катедра. Један од првих цртежа из средњег века настао је 1240. године, ова дизалица се назива „Верна“. Састоји се од греда, прибора за дизање, блока и ручице за подизање у комбинацији са точком. Након хиљаду година феудализма у Европи је у 19. веку власт преузело грађанство, а та велика друштвена промена повукла је промене и у привреди. Прва индустријска револуција и изум парне машине омогућили су напредак индустрије до незамисливих размера. Парна машина је могла радити непрекидно, па су људски рад и механичка помагала могли бити замењени алатима и стројевима које су покретали мотори. Прва механичка енергија добијена из парних мотора доводи до конструисања парних дизалица у 18. и 19. веку, а многе од тих дизалица остају у употреби и у 20. веку [2].

Модерне дизалице имају много већу способност дизања од дизалица које је покретао човек. Прве торањске дизалице су грађене помоћу дрвеног торња на постољу, док је WOLF први тип металне торањске дизалице. На слици 2 приказан је старији тип (дрвена конструкција) дизалице покретан људском снагом.



Слика 2. Дизалица дрвене конструкције покретана људском снагом [2]

3. Основне карактеристике и главни радни механизми лакких торањских дизалица

Торањска дизалица је кључна грађевинска машина која одређује свеукупни ритам рада на градилишту и која са великом тачношћу преноси терет по хоризонтали и вертикали градилишног простора. Напредак по питању торањских дизалица у новије време омогућен је применом резултата научно - технолошке револуције у разним научним областима [1].

3.1 Основни елементи торањске дизалице и њене карактеристике

Свака торањска дизалица се састоји четири основна елемента:

- Постоље (платформа),
- Торањ,
- Стрела (рука),
- Баласт.

Сви ови елементи и њихови положаји приказани су на слици 3.

Карактеристике елемената:

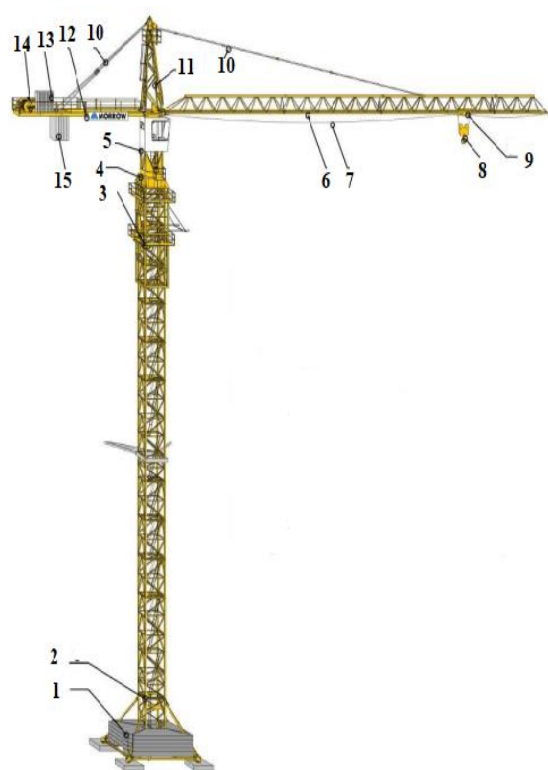
Конструкција постоља, омогућава пренос тежине дизалице и терета на тло. У зависности од кретања дизалице конструишу се постоља на пнеуматцима, гусеницама а постоје и непокретне дизалице на бетонским темељима.

Торањ, својом висином омогућава вертикални транспорт материјала. Код мањих дизалица обрће се и цели торањ са стрелом, док се код тежих дизалица најчешће обрће само горњи део торња.

Дизалица може бити са хоризонталном или косом стрелом по којој се креће опрема за дизање. Стрела омогућава хоризонтални транспорт материјала.

Баласт, својом тежином прави равнотежу са теретом који се преноси.

Управљачка кабина се најчешће налази на врху торња, непосредно испод стреле. Она се обрће заједно са стрелом, те се тако постиже најбоља прегледност рада дизалице. Међутим постоје и решења са даљинским управљањем, што је погодно у оним случајевима када управљач дизалицом не може видети место истовара, као што је случај код монтажних радова [1].



Слика 3. Основни елементи торањских дизалица [3]

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1 – Постоље | 8 – Кука |
| 2 – Торањ | 9 – Колица (мачка) |
| 3 – Клизни сегмент (уређај за подизање) | 10 – Еластична затега |
| 4 – Механизам за окретање | 11 – Врх торња |
| 5 – Управљачка кабина | 12 – Краћи крак стреле |
| 6 – Стрела (хоризонтални крак) | 13 – Механизам за дизање терета |
| 7 – Уже за подизање и вожњу | 14 – Механизам за вожњу колица |
| 15 – Баласт (противтег) | |

Постоље (платформа) торањске дизалице представља базу која остварује круту везу торања са доњом околном структуром. База је конструисана као постоље на које је могуће ослонити бетонске блокове, баласт чија је функција да осигура дизалицу од превртања. Улога подножја је да омогући пренос вертикалног оптерећења насталог од тежине саме дизалице и од укупне тежине терета, од ветра и окретног механизма. С обзиром на типове база, торањске дизалице се дела на покретне и фиксне (непокретне).

- База торањске дизалице је покретна, односно има могућност кретања по шинама. Шине су веома важан елемент јер од њиховог квалитета зависи сигурност, стабилност и правилан рад дизалице. Подлога на коју се монтирају шине мора бити сигурно и чврсто место целом својом дужином. Шине захтевају да буду тачно монтиране и паралелне, а у кривинама да размак између њих буде константан. Стабилност се остварује баластом у облику бетонских блокова [3].

- База торањске дизалице је непокретна (фиксна), односно на бетонску подлогу се ослања постоље торањске дизалице. Овде је такође потребно проверити подлогу, да ли може поднети сва оптерећења и за остваривање стабилности се користе бетонски блокови.

- База торањске дизалице је непокретна и изведена техником сидрења. Ова техника користи темељни носач, који се састоји од четири вертикална челична стуба који су међусобно повезани штаповима ради боље крутости. Овај носач се поставља у ископану рупу где се повезује са арматуром а затим улива бетон. После стезања бетона могуће је монтирати торањ. На слици 4 и 5 приказане су обе базе постоља дизалице.



Слика 4. Покретна база на шинама



Слика 5. Непокретна база - база техником сидрења [3]

Торањ је специфични елемент, који се углавном прво уочи када се посматра дизалица. То је решеткаста конструкција која је чврстом везом монтирана на постоље. Торањ је састављен од низа сегмената који се лако монтирају и демонтирају јер су међусобно повезани завртњима и наврткама. Висина једног торањског сегмента је приближно једнака висини спрата зграде (2,5 m) а висину дизалице одређује укупан број сегмената. Конструкција сегмента је израђена од четири главна челична стуба који су међусобно учвршћени дијагоналним и хоризонталним штаповима. Унутрашња страна торња је предвиђена за пењање помоћу мердевина које садржи сваки сегмент и део са заштитном оградом до управљачке кабине [3]. На слици 6 приказан је један сегмент торањске дизалице.



Слика 6. Сегмент торња [3]

Између два сегмента и врха торња постављена је управљачка кабина приказано на слици 7, из које се контролише кретање дизалице. Смештена је на конструкцији окретног лежаја и тиме је осигурано да дизаличар увек буде оријентисан према терету који подиже. Позиција кабине може бити на самој оси торња или пак може бити ван те осе, приказано на слици 8. У кабини се налази седиште за управљача, управљачка плоча, електронски уређаји за праћење и комуникацију [3].

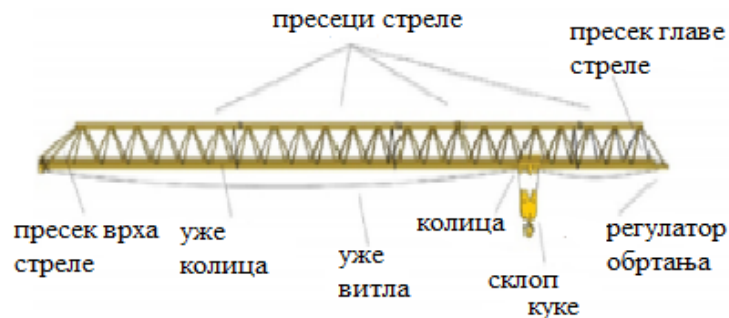


Слика 7. Позиција управљачке кабине на оси торња [3]



Слика 8. Позиција управљачке кабине ван осе торња [3]

Стрела (хоризонтални крак) је решеткаста конструкција која је израђена поступком заваривања различитих профила. Стрела се слаже и спаја из више сегмената од којих је један сегмент прикључни а један завршни. Укупна дужина крака одређује дохват торањске дизалице, а зависи од броја сегмената. Зависно од модела и конфигурације дизалице хоризонтални крак може доћи до различитих даљина. Крак служи за вожњу колица (мачке) по њему, а механизам за њихово управљање је постављен на прикључном сегменту [3]. Сви делови стреле приказани су на слици 9.



Слика 9. Делови хоризонталног крака дизалице [3]

Баласт или противтег дизалице представљају бетонске плоче које се постављају на краћи крак дизалице или на постоље, ради остваривања уравнотежења дизалице и терета који подиже. Горњи противтег приказан на слици 10, најчешће се примењује код дизалица са непокретним торњем и хоризонталном стрелом. Његов недостатак је повећање висине тежишта дизалице и центра притиска ветра. Такође може бити покретан и непокретан. Покретан противтег служи за уравнотежавање променљивог момента подижуће стеле. Положај погонског механизма у тесној је вези са положајем противтега. Код дизалице са окретним торњем сви механизми се налазе доле, на обртној платформи. Код дизалица са неокретним торњем доле је само погон кретања. На краћем крају стреле се налази заварени профилисани део, у који се стављају бетонске плоче одређене тежине. Такође су на том делу стреле постављени механизам за дизање и спуштање терета и остала електро-опрема дизалице [3].



Слика 10. Горњи баласт [3]

3.2 Подела и класификација торањских дизалица

Према покретљивости торња, дизалице можемо поделити у две велике групе:

➤ Торањске дизалице са покретним торњем:

- на шинама,
- на гусеницама,
- на пнеуматицима,
- мобилне - брзомонтажне дизалице. На слици 11 приказана је мобилна дизалица.



Слика 11. Мобилне дизалице

➤ Торањске дизалице са непокретним торњем:

- дизалице са торњем ван објекта, уз сам објекат, са могућношћу причвршћивања на објекат приказано са слици 12.
- дизалице у објекту, са могућношћу раста (пењања) заједно са објектом



Слика 12. Дизалице причвршћене на објекат

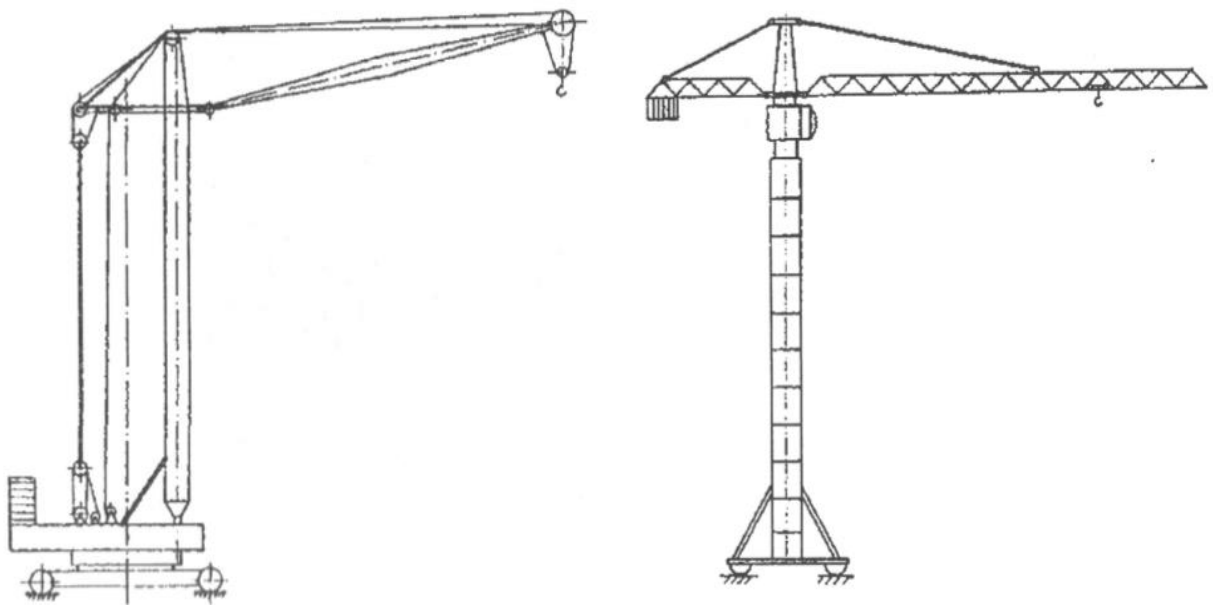
Према начину продужења торња постоје дизалице:

- са продужењем торња телескопирањем,
- са продужењем торња убацивањем разних пресека,
- са повећањем висине торња пењањем по објекту („Kletter“ дизалице чија висина расте заједно са растом објекта).

Према начину обртања торња:

- са окретним стубом (код овог типа дизалице контратег је обично постављен на платформи),
- са неокретним стубом [4].

На слици 13 приказани су начини обртања стуба (торња) дизалице



Слика 13. Лево дизалица са окретним стубом, десно са неокретним стубом [4]

Подела торањских дизалица према начину промене дохвата стреле:

- а) дизалице са хоризонталном стрелом,
- б) дизалице са косом стрелом,
- с) дизалице са зглобном (ломљивом) стрелом,
- д) дизалице са универзалном стрелом.

а) Дизалице са хоризонталном стрелом

Торањска дизалица са хоризонталном стрелом (руком) приказана на слици 14, састоји се од постоља са челичним точковима, постављеним на челичне шине. Стрела се може окретати 360° . Састављена је од краћег дела са противтегом од бетоске плоче, погонског мотора са осталим склоповима за дизање и дужег дела по којем се крећу колица са ужетом за дизање (тзв. мачком). Слободна постављена торањска дизалица са хоризонталном стрелом и постољем оптерећеним бетоским плочама достиже висину до 55 m. Пошто се торањ не окреће, већ само хоризонтална стрела при врху торња око његове осовине, могуће је торањ дизати уз усправни зид објекта и постићи висину од 100 m. Не практикује се већа висина од ове пре свега због ветра. Овај тип дизалице има предност у односу на оне са косом стрелом, због постизања већих висина и прегледности при раду. За велике дохвате и носивости користе торањске дизалице са хоризонталном стрелом, где се стрела окреће око врха непокретног торња, док се за мање и средње носивости користе торањске дизалице са хоризонталном стрелом која се налази на окретом торњу [4].

Градилишта високоградње највише употребљавају дизалице са хоризонталном стрелом.



Слика 14. Торањска дизалица са хоризонталном стрелом

Предности торањске дизалице са хоризонталном стрелом:

- прецизнији је и сигурнији рад, са мањим осцилирањем терета по хоризонтали,
- лако се прилагођавају висини објекта уз додавање делова торња,
- може се постићи велика висина торња када се он веже за објекат,
- дизалица је расклопна, тако да се њен пренос може обавити у деловима,
- бржи је пренос материјала због могуће веће брзине кретања терета по хоризонтали,
- могућ је ближи положај тела у односу на торањ као и торња у односу на објекат.

Недостаци торањске дизалице са хоризонталном стрелом су:

- отежан је или немогућ рад у уским просторима између високих објеката,
- скупље су него дизалице истог капацитета са косом стрелом,
- неповољније је подизање торња уколико се ради о мањим висинама.

б) Дизалице са косом стрелом

Склоп за дизање и пренос терета на врху стреле . У овом случају торањ се или окреће на постољу или се окреће горњи део са косом стрелом. Висина дизања торањском дизалицом са косом руком је 25 m до 65 m, али постоје и дизалице са наставцима које достижу висину и преко 100 m. Дохват дизалице је 30 m до 40 m, а носивост 1,3 t до 2 t зависности од усвојеног дохвата терета. Дизалицом се управља са тла, где су на постољу дизалице смештене команде, или из кабине смештене при врху торња. За мале дохвате и носивости користе се торањске дизалице са косом окретном стрелом на окретном торњу [4]. На слици 15 је приказана торањска дизалица са косом стрелом.



Слика 15. Торањска дизалица са косом стрелом

Предности торањске дизалице са косом стрелом:

- максимална висина дохвата је доста изнад торња,
- једноставна конструкција, па је из тог разлога и цена мања него дизалица са хоризонталном стрелом,
- лако су прилагодљиве раду у уским просторима.

Недостаци:

- терет при кретању не иде хоризонтално што знатно смањује прецизност у раду,
- свако кретање терета захтева и кретање стреле,
- због окретања постоља мора бити удаљенија од објекта.

с) Дизалице са ломљивом стрелом

Предности:

- максимална висина дохвата знатно изнад врха торња,
- лако се прилагођавају за рад у уским просторима око високих објеката,
- прецизан је и сигуран рад са мањим осцилирањем терета.

Недостаци ових дизалица су:

- Скупље су од дизалица (а), (б) и (д) за исти дохват и носивости.

д) Дизалице са универзалном стрелом и окретним торњем

Предности:

- брза и лака монтажа и демонтажа,
- могућност дохвата већих висина него што је положај кабине,
- прецизан и сигуран рад као код дизалица са хоризонталном стрелом.

Недостаци:

- торањ се не може везати за објекат, тако да је висина ограничена,
- због окретања торња са постољем морају бити удаљене од објекта,
- скупље су него дизалице са хоризонталном стрелом за исти дохват и носивост.

Подела торањских дизалица према конструкцији стреле:

- са стрелама напетим на притисак
- са стрелама напетим на савијање

По начину уравнотежења разликују се дизалице:

- са горњим противтегом у врху стуба – торња
- са доњим противтегом - то су обично дизалице са обртним торњем [5]

3.3 Носивост, дохват и висина торањских дизалица

Када се говори о носивости торањске дизалице првенствено се посматра удаљење терета од торња, приказано на слици 16. При дефинисању носивости једне дизалице треба обратити пажњу на:

- ❖ максимални момент од терета који дизалица може прихватити, а да притом буде стабилна у свим условима рада,
- ❖ највећу силу коју дизалица може прихватити својим уређајима (куке, ужад, колица, кочнице...).

Због наведених разлога подаци о дизалици се дају на следећа два начина:

- 1) Колики највећи терет могу да подигну на највећем краку,
- 2) Колики апсолутно највећи терет могу да подигну и до које удаљености од торња га носе [6].

Дизалице мале носивости или лаке торањске дизалице користе се за пренос лаких терета (лакких оплата, свежег бетона у посудама до 0,5 m³, мањих количина бетонске арматуре...) код мањих грађевина. Имају следеће карактеристике:

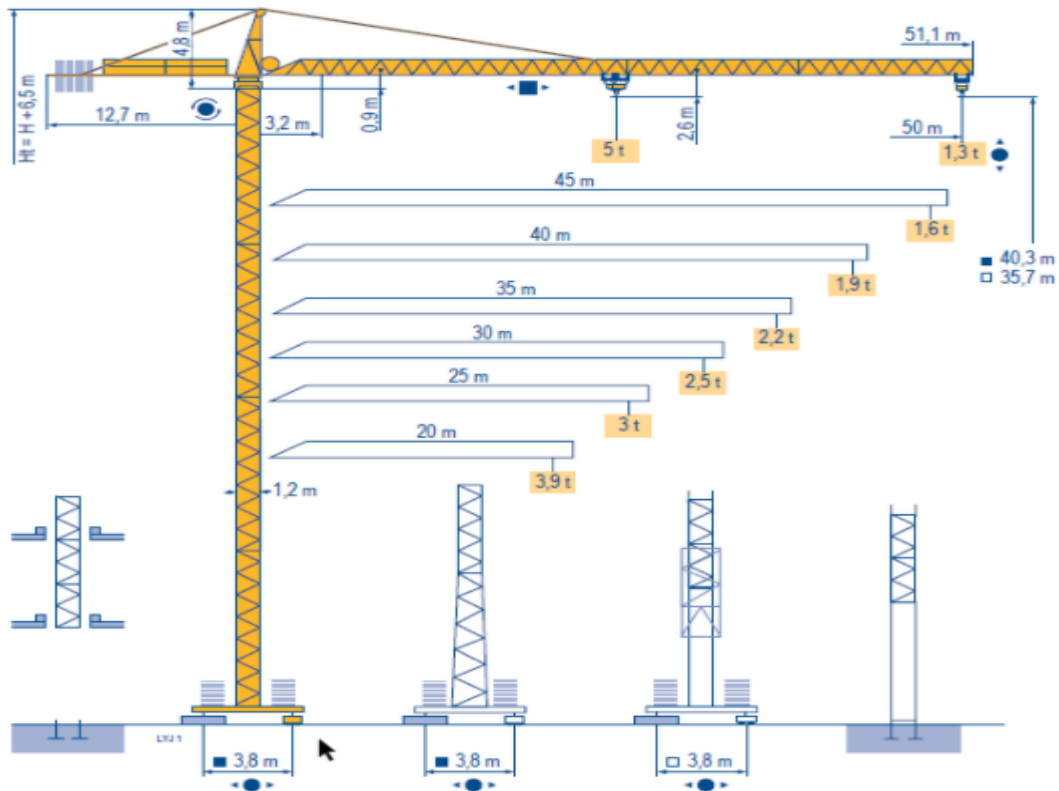
- носивост до 2 t,
- дохват 15 m до 25 m,
- висина дизања 20 m до 30 m.

Дизалице средње носивости или средње торањске дизалице користе се у високоградњи. Имају следеће карактеристике:

- носивост од 3 t до 5 t,
- дохват 20 m до 45 m,
- висина дизања 30 m до 50 m.

Дизалице велике носивости или велике торањске дизалице користе се у високоградњи, индустријскоградњи, мостостроградњи, хидроградњи великих и високих грађевина свих облика и састава грађења, а такође и помажу при монтирању одређених врста опреме и сличних ресурса. Имају следеће карактеристике:

- носивост преко 5 t,
- дохват већи од 50 m,
- висина дизања већа од 50 m.



Слика 16. Носивост торањске дизалице [7]

3.4 Монтажа и демонтажа торањских дизалица

Монтажа и демонтажа ових дизалица је доста сложен процес и потребно је извесно време како би се обавио. При монтажи и демонтажи треба водити рачуна да све буде по прописаним стандардима и мерама у циљу што веће сигурности на раду. Време склапања и расклапања треба да буде што мање ради побољшања продуктивности рада. Време монтаже и демонтаже може трајати од неколико сати до неколико дана у зависности од величине дизалице, врсте, произвођача, типа, као и могућности коришћења помоћних средстава као што је ауто-дизалица. Приближан однос трајања монтаже - демонтаже је 60% - 40% [6].

Код Kletter дизалица приказано је време трајања монтаже у зависности од дохвата стреле:

- дохват: 30 m 120 радних сати,
- дохват: 35 m 160 радних сати,
- дохват: 40 m 175 радних сати.

Монтажа торња

Пре почетка монтаже потребно је обавити проверу стабилности и чврстоће подлоге, а по потреби прегледати и геодетски снимак. Торањ се подиже део по део, делови се постављају хоризонтално а затим спајају у готов торањ. Основни део торња се учвршћује наврткама и завртњевима прекривених гуменим капама, за постоље дизалице. Постоје два начина настављања торња: са хидрауличним наставком, са мобилном дизалицом. Чешће се примењује начин са мобилном дизалицом, због своје једноставности и брзине монтаже наставка. Усвајањем минималне висине торња дизалице, остварује се минимално време монтаже дизалице и смањују негативни утицаји на дизалицу (ветар и сл.). Проблем се јавља приликом постављања торња на максималну радну висину предвиђену на градилишту. Могућа је и монтажа на нижу радну висину од предвиђене, али је тада потребно извршити демонтажу кабине, стреле и монтирати продужетке торња на радну висину а затим поново извршити монтажу поменутих елемената.

Уређај за продужење торња

Поступак продужења торња изводи се помоћу клизног сегмента и хидрауличног цилиндра. Клизни сегмент је решеткаста конструкција од челичних профила, учвршћен је за горњи део торња и носи механизме за окретање. У доњем делу је ослоњен на торањ са ваљцима за вођење. Сегменти за продужење се убацују кроз отвор на клизном сегменту који се налази испод хоризонталне стреле. Подизање целокупног горњег дела дизалице се врши хидрауличким цилиндром приказано на слици 17, који је зглобно везан за клизни сегмент, а непомично везан за доњи део торња дизалице. Након подизања целокупног горњег дела дизалице, кука дизалице подиже сегмент и поставља га на монтажну постоље где се помоћу ваљака угура у унутрашњост торња и фиксира завртњевима. Све док се не достигне жељена висина торња овај циклус се понавља [6].



Слика 17. Хидраулични цилиндар за подизање [6]

Брзомонтажне дизалице

Основни циљ брзомонтажних дизалица је да уз мање инвестиције и улагања по могућности замене веома брзе и ефикасне ауто-дизалице у области високоградње. Због ограничене могућности транспорта (у градским подручјима) висина торња ограничена је по правилу на 18 m до 20 m, уз производ носивости и дохвата који даје карактеристику терета од 130 kNm до 1900 kNm. У циљу повећања дохвата производе се следеће комбинације:

- за висине од 30 m до 32 m примењују се стубови са двојним телескопирањем. На тај начин се задржавају прописане габаритне мере за транспорт.
- да торањ не би био ослабљен изводи се из два дела. Висина је 20 m и уз уграђивање додатних делова може достићи и висину 38 m.

На тај начин омогућено је да се дизалице за брзо пуштање у погон транспортују и са дужим стрелама. Дизалице се могу транспортовати заједно са постољем било на приколици или на возилу.

Брза монтажа остварује се помоћу аутоматике, једноставним покретањем команди. Помоћу преклопног прекидача подиже се постоље, врши монтажа и погон. Дизалица сама одваја елементе торња и стреле, врши се телескопирање торња и подизање стреле. Током монтаже ни један део не додирује земљу. Код већих дизалица карактеристика терета је 1900 kNm уз брз транспорт, потребно је решење и брзог постављања на колосек. Фирма Liebherr развила је посебан поступак (Rapid Kinematik) за дизалицу 48.1 K, којом је омогућено постављање дизалице на колосек до висине 640 mm. На слици 18 приказано је постављање брзомонтажне дизалице.



Слика 18. Брзомонтажна дизалица

3.5 Идентификација торањских дизалица

Свака већа структурна, електрична и механичка компонента торањске дизалице мора имати идентификациону таблу приказана на слици 18, причвршћену на видљивом месту на којој стоји име произвођача, број модела, серијски број, година производње, тежина и величина. Идентификацијски бројеви треба да буду јасно означени на свим основним деловима који се могу мењати. Важно је да се компоненте користе на дизалицама, на идентичним моделима или на опреми за које их је произвођач наменио.



Слика 18. Идентификациона табла [7]

Један од произвођача је Potain, њихова сврха је изградња већих објеката и прилагодљиве су практично свим потребама пројекта. У зависности од висине дизања терета, дохвата, начина постављања и уградње, деле се на карактеристичне моделе: MCT, MDT, MDT CCS, MD i MR [7].

Potain MCT серија, ове дизалице су намењене пре свега изградњи пројеката у градовима јер својом компактношћу смањују потребан број камиона за превоз у исто време могу удовољити захтевима пројекта. Дохвати ових дизалица су 41 m до 52 m.

Potain MDT серија је намењена захтевнијим пројектима, где се захтевају веће носивости. Доступне су дужине стреле од 65 m до 75 m и максималне носивости 16 t.

Potain MDT CCS представљају обновљену серију MDT City. CCS (*Crane Control System*) доноси низ значајних промена. Подешавања дизалице се одвијају преко команди у кабини и омогућују велике уштеде у времену (MDT City: 3 сата, MDT CCS: 15 минута). Омогућује контролу дизалице на даљину, тако да техничка служба може пратити функционисање и могуће грешке, те их отклонити много брже. Новина је и функција P+ (Potain Plus system), која омогућава подизање приближно 10% већих терета и врло прецизне маневре. Ова серија располаже дохватима од 55 m до 65 m.

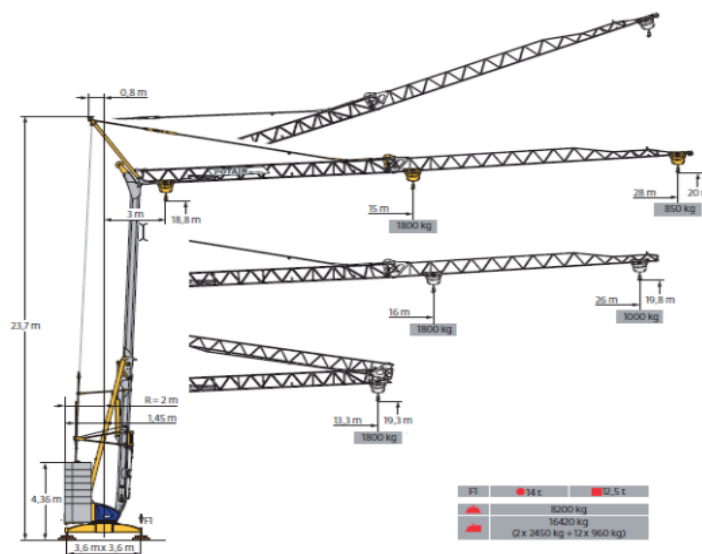
Potain MD серија је класични дизајн торањских дизалица са такозваном шпицом. Ове дизалице се користе за најзахтевније пројекте, као што су изградња електрана и мостова. Стеле су доступне од 65 m до 80 m, а носивост од 12 t до 64 t.

Potain MR серија је намењена пре свега код изградње у густо насељеним градским језгрима, где постоји проблем са простором. Ове дизалице немају класичну колица за померање терета по стрели. Уместо тога користе дизање и спуштање стреле.

Овај произвођач у својој понуди има саомонтирајуће дизалице широког избора, дохвата стреле од 16 m до 50 m. Најпопуларнија и кориснику најомиљенија серија због своје једноставности управљања је **Potain IGO** са ознакама од 10 до 50, приказана на слици 19, намењена је изградњи мањих и средњих објеката, а користи се и за помоћ код већих фасада и прекривања кровова.

За захтевније кориснике доступна је серија **Potain IGO T 70A, 85A i IGO T 130**. Ова серија ради на основу две технологије: торањ се извуче помоћу челичних ужади, а рука помоћу хидраулике. Тиме је произвођач успео да сложи велику дизалицу у прилично мали пакет. Сврха ових дизалица је изградња средњих и великих објеката, а одликује их компактност и брза монтажа.

Од 2016. године појављују се и саомонтирајуће дизалице **HUP**. Ова напредна серија наслеђује дизалицу **IGO**. То је напреднија серија која омогућује велику продуктивност и ниску цену трошкова. Специфичност нове серије - на тржишту је сада HUP 32-27 i 40-30, јесу три могућности нагиба стреле, телескопирани стуб, компактан дизајн и нови даљински управљач „Смарт“ за једноставнију инсталацију и управљање дизалицом [7].



Подаци:

- носивост до 1,8 t
- дохват руке 24 m
- висина дизања 19,1 m

Слика 19. Лака торањска дизалица „Potain IGO 18“ [7]

3.6 Сигурност при раду торањских дизалица

Сигурност у раду са дизалицама без обзира на врсту дизалице и њене могућности се састоји од заједничких фактора којима се одређују основне норме заштите. Заједничко за све врсте дизалица при раду је:

- Сви радници који ће управљати дизалицом или бити сигнализатори дизаличару морају проћи посебну обуку.
- Све дизалице без обзира на врсту и техничке могућности подлежу периодичним прегледима, прегледима одржавања на недељном, месечном и годишњем нивоу.
- Све дизалице прати опасност од висећег терета и уједно пада предмета са висине [8].

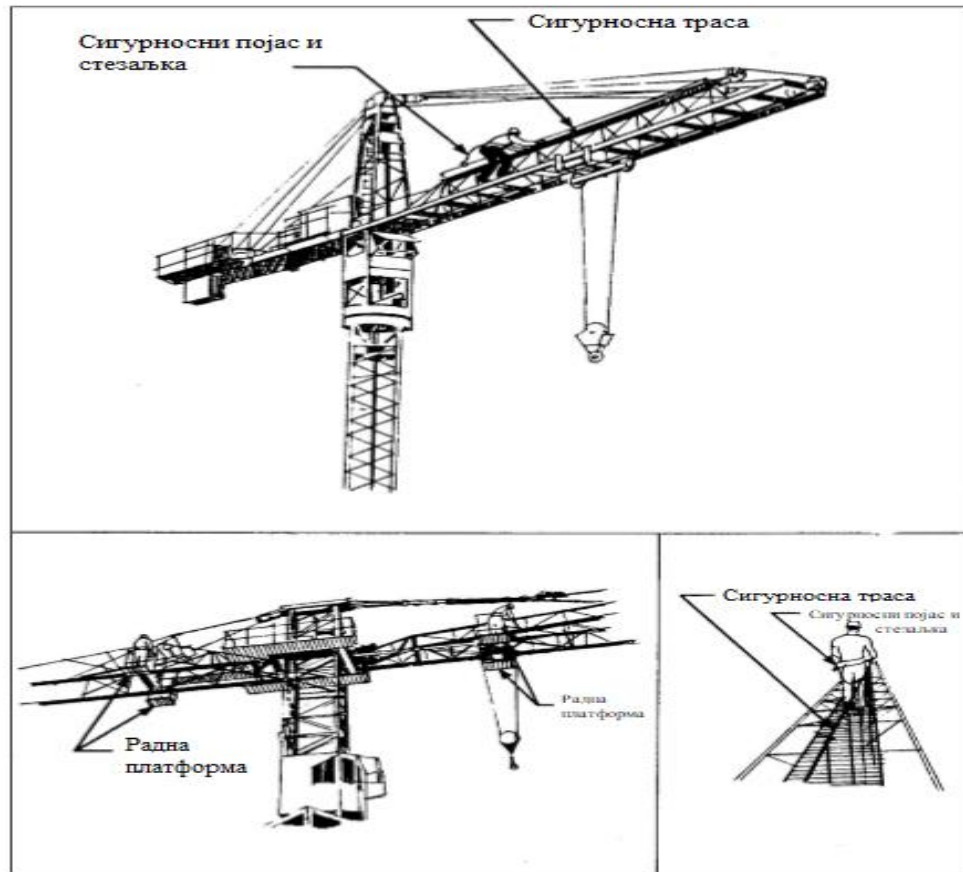
Обука руковаоца дизалицом

Приликом избор и обуке радника за руковање дизалицама, потребно је испуњење одређених услова. Поред завршене стручне обуке сви радници морају бити физички и психички способни за рад са дизалицама. Под физичким предиспозицијама се највише пажње посвећује нормалној перцепцији дубине видног поља, моторичким способностима, односно кординацијом покрета тј. стање центра за равнотежу.

Обука дизаличара увек се састоји из теоријског и практичног дела. Најповољнији начин обуке дизаличара је на врсти дизалице којом ће касније управљати. Препоручљиво је да нови радник који се обучава одређени период рада проведе са искусним дизаличарем који ће на крају обуке дати своје мишљење о кандидату да ли задовољава услове за руковаоца дизалицом. Пре покретања рада дизалице на дизању терета потребно је извршити одређене предрадње. Дефинисати одговорно лице које ће управљати дизалицом. Потребно је проверити простор око саме дизалице, односно радни простор манипулације теретом. Проверити исправност свих команди дизалице а уједно и покретљивост елемената дизалице. Начин провере исправности дизалице састоји се од познавања препорука произвођача, процени оштећења и квара да би се правовремено дизалица ставила ван функције пре инцидента [8].

Свака торањска дизалица мора бити опремљена рефлекторима за рад у ноћним условима, а такође мора имати и сирену за упозоравање када дизалица врши окретање.

За инспекцију и одржавање потребно је спровести сигурносне мере. Траже се сигурна средства приступа дизалици, да сигурносне линије са стазом за причвршћивање сигурносне стезаљке долази на стелу торањске дизалице и да сигурносне платформе буду причвршћене на колица косих стрела како би олакшале инспекцију и одржавање. На слици 20 приказане су неке од сигурносних мера.



Слика 20. Сигурносне мере за инспекцију и одржавање [8]

Годишњи прегледи – торањске дизлице је неопходно редовно и детаљно прегледати и одржавати. Када нема терета на дизалици она се савија на страну где се налази противтег а када је оптерећена онда се савија на страну терета. Константно савијање може изазвати пукотине услед замора материјала. Ове пукотине се најчешће појављују на месту завареног споја, у почетку су мале али се временом све више проширују. Годишњи преглед се састоји од замене уља и мазива на лежајевима, али постоје и дневни и месечни прегледи који углавном обрађају пажњу на функционисање командних уређаја, провере кочионог механизма и звучног сигнала, као и преглед ужади дизалице, покретних колица „мачке“.

Намештање граничних прекидача „мачке“ – њихова улога је да зауставе колица пре удара у крајњи део стреле. Намештање се врши без терета са куком у највишој радној тачки. Торањске дизалице имају своја гранична преоптерећења, барем једно а у неким случајевима два и више. Тестирање преоптерећења се врши тако да се терет диже два метра од тла, а прекидач је намештен да допусти подизање терета. На слици 21 је приказано постављање граничних прекидача.



Слика 21. Гранични прекидачи [8]

Прилагођавање дизалице деловању ветра - главна стрела се окреће слободно у периоду када се дизалица не користи [8].

4. Поступак прорачуна торањске дизалице

4.1 Учинак торањске дизалице

Продуктивност једне или више торањских дизалица може се дефинисати као квалитетно извршење радне операције, односно производње, изражена у одговарајућим мерним јединицама (m^3 , m^2 , m , kom , t), који се обави у одређеном временском интервалу (минут, сат, радна смена, дан, месец, година итд).

Учинак торањске дизалице зависи од:

- Конструктивних својстава дизалице- снаге мотора, брзине рада, величине захватних тела.
- Начина рада, квалитета, својства материјала (тврдоће, влажности).
- Радних услова- услови простора, самосталаног рад дизалице или комбинација са другим машинама.
- Коришћења радног времена- дизаличара, организације рада, смене...

Учинак дизалице:

1. Теоријски учинак, зависи од начина рада дизалице U_t ,
2. Плански учинак, прорачунава се редукцијом теоријског U_p ,
3. Стварни учинак, утврђен мерењем U_s .

Поступак прорачуна торањске дизалице:

$$U_t = n_c \cdot Q_c \text{ [t/h]} \quad (4.1.1)$$

$$n_c = 60/t_c \quad (4.1.2)$$

U_t – теоријски учинак,

n_c – број циклусу по сату,

Q_c - конструктивни обим радног дела дизалице.

$$t_c = t_p + t_{dt} + t_{ot} + t_{kt} + t_{st} + t_i + t_{dp} + t_{op} + t_{kp} + t_{sp} \text{ [min]} \quad (4.1.3)$$

t_c – време циклуса (s, min, h) ,

$t_p \oplus$ – време пуњења посуде са теретом и хватање терета,

$t_{dt} \uparrow$ – време усправног дизања терета,

$t_{ot} \cap$ – време окретања терета (окретање гране или торња дизалице са теретом или под оптерећењем),

$t_{kt} \Rightarrow$ – време хоризонталног кретања терета (кретање терета по грани),

$t_{st} \Downarrow$ – време усправног спуштања терета,

$t_i \emptyset$ – време опуштања или истовара терета,

$t_{dp} \uparrow$ – време повратног усправног дизања опреме за прихватање терета али без терета,

$t_{op} \cup$ – време повратног окретања (окретање гране или торња дизалице),

$t_{kp} \leftarrow$ – време хоризонталног повратног кретања опреме за прихват терета али без терета (кретање по краку),

$t_{sp} \downarrow$ – време спуштања опреме за прихватање терета али без њега.

$$U_p = k_i \cdot U_t \text{ [t/h]} \quad (4.1.4)$$

$$k_i = k_o = k_{og} \cdot k_{rv} \quad (4.1.5)$$

где су:

U_p – плански или радни учинак –корекцијски коефицијент,

k_i – корекцијски коефицијент < 1 ,

k_o – општи коефицијент. Исти за све дизалице које раде у оквиру неког технолошког процеса или градилишта,

k_{og} – коефицијент организације градилишта,

k_{rv} – коефицијент радног времена.

Q_c је количина односно маса корисног терета премештаног коришћењем неког дела крака дизалице по једном радном циклусу (tc).

$$Q_c = \left(\frac{N}{f_s} - P \right) \text{ ili } Q_{cmin} = \left(\frac{N_{min}}{f_s} - P \right) \text{ ili } Q_{cmax} = \left(\frac{N_{max}}{f_s} - P \right) \quad (4.1.6)$$

где су:

N – носивост дизалице на неком делу њеног крака [t],

f_s – сигурност дизалице у раду, гледа се укупно кретање у раду са теретом:

$f_s = 1,05$ - дизалица се као целина у не креће у раду са теретом по шинама и сл.

$f_s = 4,00$ - дизалица се као целина креће у раду са теретом по шинама и сл.

P – маса опреме за прихват [t],

Q_{cmin} - најмања могућа маса корисног терета на крајњем дохвату дизалице [t],

Q_{stmax} – највећа могућа маса корисног терета прихваћеног уз торањ дизалице [t],

N_{min} – најмања носивост дизалице на крајњем дохвату гране или стреле дизалице [t],

N_{max} – највећа носивост уз торањ дизалице [9].

Носивост је најзначајнији технички параметар дизалице. Код торањских дизалица произилази из техничког обележја свих врста дизалица са стрелом, пошто све оне имају момент носивости (M_n) који је константан односно непроменљив по целој дужини стреле:

$$M_n = N \cdot l = const$$

Одавде следи:

$$N = \frac{M_n}{l} [t] \quad N_{min} = \frac{M_n}{l_{min}} [t] \quad N_{max} = \frac{M_n}{l_{max}} [t] \quad (4.1.7)$$

где су:

M_n - непроменљиви момент носивости дизалице,

l_{max} – највећа даљина дохвата крака дизалице [m],

l_{min} - најмања даљина дохвата крака дизалице [m].

Ако се користи без ограничења, највећи дохват дизалице на њеној стели био би:

$$U_p = k_{og} \cdot k_{rv} \cdot \left(\frac{60}{t_c} \right) \cdot ((M_n/l_{max}/f_s) - P) \left[\frac{t}{h} \right] \quad (4.1.8)$$

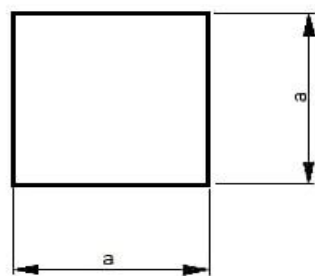
Прорачун учинка торањских дизалица представља број циклуса који се изврши за један сат, овај број износи од 10 до 30 циклуса. Број циклуса свакако да зависи од висине дизања терета и дохвата дизалице. Прорачун дизалица се врши тако да она може опслуживати 25 до 30 радника, што значи да је ефикасност дизалице доста велика. Повећањем броја радника неће се побољшати учинак јер их дизалица не може опслужити. Торањске дизалице се могу преврнути у случају јаког ветра и у случају ако нису довољно причвршћене за грађевину (максимално до 49,9 m се торањ може монтирати без ослањања на грађевину). [9]

4.2 Оријентационе мере и сопствене тежине

Ако је попречни пресек торња квадрат, приказано на слици 22, онда је:

$$a = (0,9 \div 1,1) \cdot \frac{H}{20} \text{ [m]} \quad (4.2.1)$$

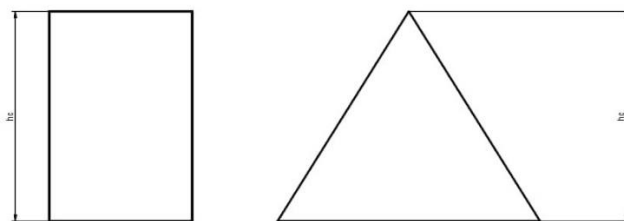
где је: H – висина дизања при максималном дохвату у [m].



Слика 22. Попречни пресек торња

Ако је попречни пресек решетке стреле у средини распона приказано на слици 23, онда је:

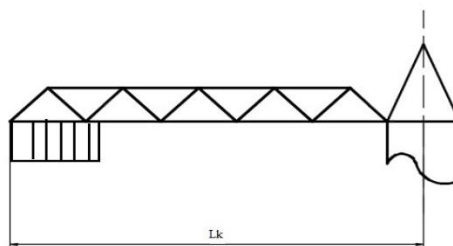
$$h_c = (0,9 \div 1,1) \cdot \frac{H}{22} \quad (4.2.2)$$



Слика 23. Попречни пресеци стреле

Рачунска дужина стреле контратега, приказано на слици 24, израчунава се:

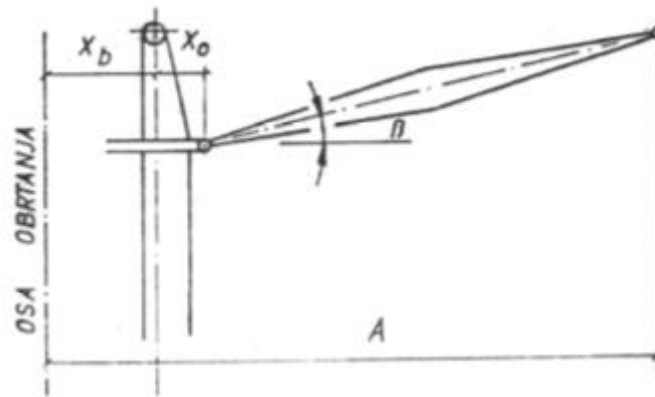
$$L_k = (0,9 \div 1,1) \cdot \frac{A}{2} \quad (4.2.3)$$



Слика 24. Дужина стреле контратега

Код конструкције са обртним торњем, приказано на слици 25, дужина стреле износи:

$$L_c = \frac{A - X_b - X_o}{\cos \beta_{min}} \quad (4.2.4)$$



Слика 25. Конструкција стреле са обртним торњем

$$X_b = (1,1 \div 1,2) \cdot \frac{a}{2} \quad [\text{m}]$$

$$X_o = \frac{a}{2} + 0,2 \quad [\text{m}]$$

$$\beta_{min} = 15^\circ$$

Сопствене вредности елемената торањске дизалице, могу се израчунати преко израза:

1. Са подизном стрелом и обртним торњем:

$$G \cong 0,031 \cdot M \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{Q}} \quad [\text{t}] \quad (4.2.5)$$

2. Са стрелом и обртном главом торња:

$$G \cong 0,0335 \cdot M \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{Q}} \quad [\text{t}] \quad (4.2.6)$$

где су:

$M = Q \cdot A$ - Карактеристика терета $[\text{kNm}]$,

Q – носивост $[\text{t}]$,

H - висина дизања $[\text{t}]$.

4.3 Прорачун механизма кретања дизалице

-Снага електромотора:

$$P = \frac{W + F_{in}}{\psi \cdot \eta} \cdot v \text{ [kW]} \quad (4.3.1)$$

Где су:

W – отпори кретања [kN],

F_{in} – инерцијални отпори у периоду пуштања [kN],

ψ - степен преоптерећења електромотора,

$$\psi = 1,5 \div 1,8$$

η - степен корисности $\eta = 0,85$

v – брзина кретања дизалице [m/s].

Подаци дизалице:

- носивост $Q = 1,8 \text{ [t]} = 18 \text{ [kN]}$,
- сопствена тежина $G = 2,5 \text{ [t]} = 25 \text{ [kN]}$,
- специфични отпор $f_k = 0,02$
- угао нагиба стазе кретања $\alpha = 3^\circ$
- убрзање $a = 0,15 \text{ [m]} ,$
- брзина кретања $v = 0,3 \text{ [m/s]}$.

$$W = W_{tr} + W_Y \quad (4.3.2)$$

W_{tr} - отпори трења,

W_Y - отпори услед нагиба стазе.

$$W_{tr} = (Q + G) \cdot f_k \quad (4.3.3)$$

$$W_{tr} = (18 + 25) \cdot 0,02$$

$$W_{tr} = 0,86 \text{ [kN]}$$

$$W_Y = (Q + G) \cdot \sin \alpha \quad (4.3.4)$$

$$W_Y = (18 + 25) \cdot \sin 3^\circ$$

$$W_Y = 3,11 \text{ [kN]}$$

$$F_{in} = 1,1 \cdot (Q + G) \cdot a \quad (4.3.5)$$

$$F_{in} = 1,1 \cdot (18 + 25) \cdot 0,15$$

$$F_{in} = 7,905 \text{ [kN]}$$

$$P = \frac{W + F_{in}}{\psi \cdot \eta} \cdot v = \frac{3,11 + 7,905}{1,65 \cdot 0,85} \cdot 0,3 = \frac{10,205}{1,402} \cdot 0,3 = 2,182 \text{ [kW]}$$

Напомена: У претходном прорачуну израчунат је отпор кретања дизалице не узимајући у обзир отпор који се јавља услед дејства ветра на дизалицу W_B . У том случају би отпор кретања био $W = W_{tr} + W_B + W_Y$.

5. Закључак

Лаке торањске дизалице данас имају незамењиву и најважнију улогу на градилиштима. У пракси се ова дизалица показала веома ефикасном, јер је покретнија од већих дизалица, заузима мањи простор, време монтаже и демонтаже знатно краће а као најпримамљивији фактор је њена нижа цена. Тако, у случају када да је потребно извршити претовар мањих терета, најпродуктивније и најисплативије је изабрати лаку торањску дизалицу за обављање овог процеса. Развојем технологије и индустрије и конструкција дизалица је побољшала своје спецификације, тако да данас постоје различити типови, врсте и класе торањских дизалица. Најосновнија подела је на дизалице са косом и дизалице са хоризонталном стрелом. За продуктивно искоришћење свих могућности које дизалице пружа, потребно је поседовати план рада, који би требао да задовољи све потребе корисника. Прорачуном се добијају вредности на основу којих се сазнаје да ли дизалица одговара захтевима на одређеном градилишту. Монтажа и демонтажа су сложени процеси које треба обавити ефикасно и брзо. Како ове дизалице преносе велике терете од велике важности је придржавати се прописаних сигурносних мера, да не би дошло до хаварија. Пошто торањске дизалице раде у веома тешким условима, потребно је редовно вршити контролу, подмазивање и сервисирање склопова и делова како би се њихов радни век продужио, а најбитније радови извршавали исправно и сигурно.

6. Литература

- [1] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице основе, Градина, Ниш, 1994.
- [2] Liebherr <https://www.liebherr.com/en/deu/about-liebherr/history/1949-1960.html>
(приступљено 15.10.2017)
- [3] И. Забрет, Торањске дизалице, Загреб 1987
- [4] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992
- [5] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [6] П.Брана, Примена торањских дизалица на градилиштима високоградње, Нови Сад, 1991
- [7] Potain <http://www.ferokov.com/hr/produkti/gradevinske-dizalice-potain/> (приступљено 20.10.2017)
- [8] <http://www.znrinfo.com/index.php/praksa/primjenjena-znr/103-siguran-rad-sa-dizalicama>
(приступљено 28.10.2017)
- [9] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине - Практикум, Ниш, 1988.