

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: 200/2016

Ана Е. Орлић

Грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Милорадовић, ванр. проф. – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру завршног рада кандидат треба да:

1. Истакне улогу и област примене грађевинских дизалица са хоризонталном стрелом при транспорту терета.
2. Прикаже кратак осврт на историјски развој ових дизалица.
3. Наведе и опише одговарајуће саставне дизаличне механизме и истакне њихове главне карактеристике и методе прорачуна.

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.
- [5] L. K. Shapiro, J. P. Shapiro, Cranes and Derricks, fourth edition, The McGraw-Hill Companies, 2011

Крагујевац, септембар, 2019.

Ментор:

Др Ненад Милорадовић ванр. проф.

Резиме

Намена грађевинских дизалица је преношење терета у вертикалном правцу с једне на другу површину, која је на различитим висинама, као и у хоризонталном смеру. Свака грађевинска дизалица се састоји од постоља, торња, стреле, командне кабине, баласта. Основне карактеристике које дефинишу неку од дизалица су носивост, дохват и висина. У раду је наведена подела грађевинских дизалица, предности и недостаци, монтажа торња као и начин постављања ових дизалица, затим опис главних делова дизалице и подела погонског механизма. На крају рада је дат прорачун механизма за обртање, као и прорачун механизма за кретање дизалице.

Кључне речи: торањ, стрела, дохват, грађевинска дизалица.

Abstract

The purpose of tower cranes is to transport loads vertically from one surface to another, at different heights, as well as in a horizontal direction. Each tower crane consists of a plinth, the tower, the crane jib, command booth, ballast. The basic characteristics that define a tower crane include load capacity, reach and height. The paper describes the division of tower cranes, the accuracy and the faults, the tower installation, the description of the main parts of the crane and the division of the drive mechanism. At the end of the paper, a calculation of the turning mechanism is given, as well as a calculation of the mechanism for moving the crane.

Key words: the tower, the crane jib, reach, tower crane.

САДРЖАЈ

1. Увод	6
1.1. Историјски развој дизаличних уређаја.....	7
1.2. Идентификација грађевинских дизалица	9
2. Типови и основне карактеристике грађевинских дизалица	10
2.1. Носивост, дохват, висина грађевинских дизалица	14
2.2. Монтажа и демонтажа грађевинских дизалица	17
2.3. Одржавање грађевинских дизалица	20
2.4. Стабилност грађевинских дизалица	21
2.5. Начин постављања грађевинске дизалице	23
3. Основни елементи грађевинских дизалица	25
3.1. Основне карактеристике конструкције грађевинске дизалице	25
3.1.1. Конструкција стреле и торња грађевинске дизалице	25
3.1.2. Постављање противтега и положај командне кабине	27
3.1.3. Положај колица и начин постављања доњег построја	28
3.1.4. Ужад.....	29
3.1.5. Котураче	30
3.1.6. Куке.....	31
4. Погонски механизми	33
4.1. Прорачун механизма за обртање	35
4.2. Прорачун механизма кретања грађевинске дизалице	36
4.3. Орјентационе мере и сопствене тежине.....	37
4.4. Производност дизалица	38
4.5. Учинак грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом	39
5. Закључак	41
Литература.....	42

1. Увод

Дизалично – транспортна постројења служе како за премештање појединачних терета, тако и за транспорт ситнозрнастих расипних материјала, било на одређеним местима фабрика, складишта или претоварних места или пак на различитим местима (покретним транспортним средствима) где се за то укаже прилика. За разлику од средстава за транспорт терета на великим растојањима (железнички, аутомобилски, ваздушни транспорт), дизалично-транспортна средства служе за пренос терета на релативно кратким растојањима, обично неколико десетина или стотина метара, док у специјалним случајевима (код непрекидног транспорта) и хиљаду и више метара. У дизалице или дизаличне машине спадају све дизалице које служе за вертикално дизање терета најчешће помоћу ужета или ланца. У ову групу спадају:

- мосне дизалице,
- грађевинске дизалице,
- порталне дизалице,
- претоварни мостови,
- стубне дизалице,
- специјалне мосне дизалице за железаре итд [1].

Торањске дизалице (слика 1.1) су због своје техничке конструкције и логистике рада кључна транспортна средства унутрашњег технолошког или градилишног транспорта у високоградњи, индустроградњи, као и свих осталих бетонских грађевина. Торањске – обртне дизалице се зову и торањске – грађевинске дизалице, због своје најмасовније примене у грађевинарству. Торањске – грађевинске дизалице се данас примењују у:

- грађевинарству – за масовну, али и за појединачну изградњу стамбених објеката и зграда,
- изградњи индустријских објеката – термоелектрана, металуршких комбината, индустријских хала, високих резервоара, хидроелектрана, мостова и др.
- за опслуживање складишта, речних пристаништа, фабрика и погона итд [2].



Слика 1.1 Торањска-грађевинска дизалица [3]

Грађевинске дизалице првенствено се користе за монтажу зграда. Разлог за нижи степен примене ових дизалица при монтажи хала је велика површина ових објеката са релативно мало тешких елемената. Јављају се још потребе за брзим преласком са објекта на објекат и градилишта на градилиште, што је за грађевинску дизалицу доста тешко, али зато се ове дизалице могу користити за транспорт материјала при изradi тешких монтажних елемената на градилишту [4].

Највећи број грађевинских дизалица је саомонтирајући, што значи да не захтева минималну и никакву помоћ другог средства, као помоћ при монтажи. Када се говори о носивости једне торањске дизалице треба рећи да је то променљива величина и да као таква није довољна да опише карактеристiku дизалице. Уобичајено се подразумева да је то максимална носивост при минималном дохвату.

За масовну градњу стамбених објеката примењују се торањске дизалице носивости (0,3-1,5)t, дохвата (10-30)m, а за градњу стамбених и других објеката од монтажних елемената, примењују се дизалице носивости (3-5)t, дохвата (15-30)m, али са тежњом повећања максималне носивости до 10 t.

Максимална носивост торањских дизалица које се користе у индустријском и хидротехничком грађевинарству достиже 75 t и више.

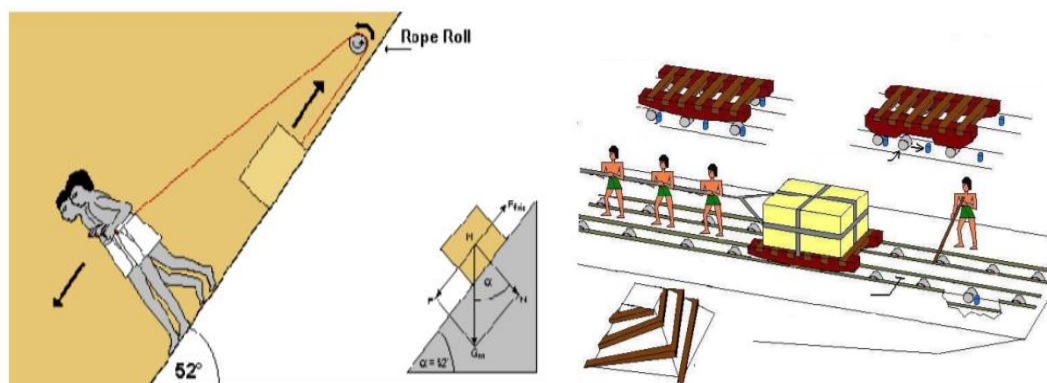
Данас се најчешће као основна карактеристика дизалице даје величина **носивост х дохват**. Ова вредност није константна, она варира у малим границама, с тим што се повећава са смањењем дохвата.

Висине дизања се крећу до 100 m и више. Може се рећи да су торањске – грађевинске обртне дизалице битно утицале на повећање продуктивности рада у грађевинарству [2].

1.1. Историјски развој дизаличних уређаја

Дизалично – транспортна средства су позната човечанству из далеке прошлости. Споменици материјалне културе који су откривени као резултат бројних археолошких истраживања сведоче да почетак примене дизаличних уређаја досеже све до древних цивилизација. И при веома ниском степену развоја цивилизације, човек се неизбежно сукобљавао са проблемима подизања и премештања терета. Проблем је решаван примитивним направама и уређајима, које су се системски усавршавале због нарасталих потреба развоја земљорадње (системи за наводњавање), грађевинарства, претовара у лукама, рударства и војне технике.

Градитељи старог Египта и Рима су простим средствима обављали послове подизања и премештања великих терета на велика растојања и висине. Тако је Кеопсова пирамида висине 147 m била изграђена у XXII веку пре нове ере од камених блокова масе 90-100 t; стубови храма Сунца висине 28 m, пречника од 2 m исечени су из једног комада камена, итд. Аристотел у својим радовима "Механички проблеми" наводи и описује различита средства за подизање и премештање терета, као нпр.: полуге, ваљке, котураче итд [2].

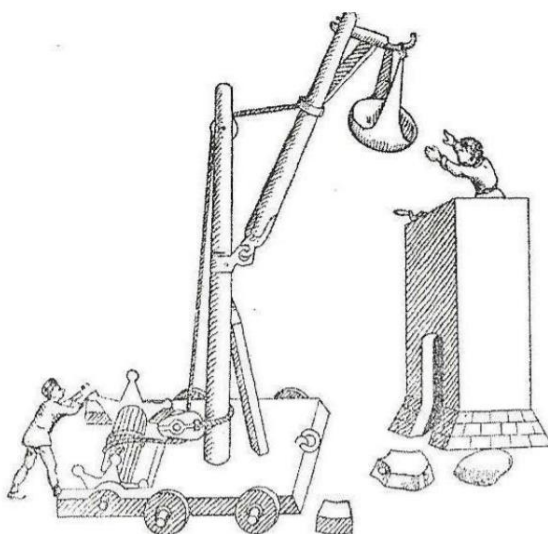


Слика 1.2 Изградња Кеопсове пирамиде у 2900 год. пре нове ере [5]

Сматра се да је први кран направљен још 3000 године пне. Прве грађевинске дизалице су измислили стари Грци, који су били покретани људском снагом, а касније и животињама. Кранови су коришћени у средњовековној архитектури од 11. па све до краја 12. века, а сачувани су цртежи са приказом кранова тек од 13. века. Грађевинске дизалице су биле потребне у градњи готичким стилем који потиче из Француске и који се веома брзо проширио Европом. Употреба кранова је имала значајно место у изградњи великих европских катедрала. У овом периоду дошло је до развоја специјализованих кранова или кранова који су постављани на деловима грађевина које су већ биле завршене.

Један од првих средњовековних цртежа који показује кран, потиче из 1240. године. Овај кран је назван "Verna", састојао се од греда, хоризонталног флока, прибора за дизање, блока и дизалице, као и од ручице за подизање, у комбинацији са точком.

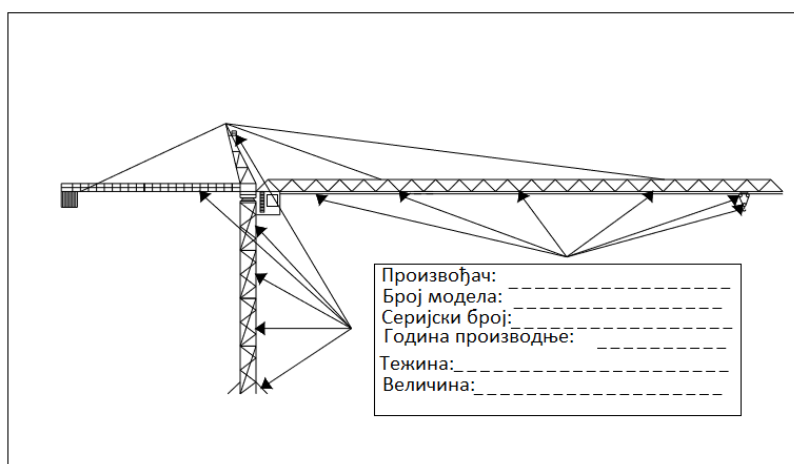
Прва механичка енергија, добијена из парних мотора, доводи до конструисања парних дизалица у 18. и 19. веку, а многе од тих дизалица остају у употреби и у 20. веку. Модерне дизалице обично користе моторе с унутрашњим сагоревањем или електромоторе и хидрауличне системе и имају много већу способност дизања од "примитивних" дизалица које је покретао човек [5].



Слика 1.3 Уређај за подизање и премештање терета из 15. век [6]

1.2. Идентификација грађевинских дизалица

Свака већа структура, механичка и електрична компонента грађевинске дизалице треба да садржи таблу (слика 1.5) на којој стоји име произвођача, серијски број, број модела, оригинална година продаје произвођача и тежина саме грађевинске дизалице. Идентификациони бројеви морају да буду јасно означени на свим основним деловима који се могу мењати и прикључцима уређаја да покажу да припадају уз сам уређај. Важно је да се компоненте користе само на уређају или сличним моделима, као и на опреми за које их је произвођач специјално наменио. Све компоненте или грађевински делови који су дизајнирани или промењени од стране неког другог који није оригинални произвођач опреме, морају бити трајно идентификовани на исти начин као и делови дизалице од оригиналног произвођача опреме.



Слика 1.4 Идентификациона плочица

Неки од познатих произвођача грађевинских дизалица јесу: Liebherr, Potain, Fering, Richier, Schwing, Metalna, Edil-GRU...

Грађевинске дизалице Potain се користе за изградњу већих објеката. Могу се прилагодити по висини, према начину постављања односно уградње, по дужини стреле, у принципу у сегментима по 5 m. Модели ових дизалица су означени као MCD, MDT, MDT CCS, MD и MR [3].



Слика 1.5 Идентификациона табла [7]

2. Типови и основне карактеристике грађевинских дизалица

Широка примена грађевинских дизалица у грађевинарству довела је до појаве различитих конструкција и типова торањских – грађевинских дизалица. Грађевинске дизалице се деле по:

- начину уграђивања;
- начину опслуживања;
- начину промене дохвата;
- конструкцији стуба – торња;
- начину спајања стреле и торња;
- начину уравнотежења.

По начину уграђивања торањске дизалице се деле на:

- дизалице постављене на тло;
- дизалице које се постављају на објект који се гради – клетер дизалице.

Дизалице које су постављене на тло су најраспрострањеније јер се могу премештати дуж и око објекта по потреби. Међутим, са повећањем висине објекта (солитера, облакодера) постају скупе – неекономичне, па се за велике висине примењују дизалице које се причвршћују за међуспратну конструкцију и "расту" са порастом објекта (клетер дизалице). Уобичајено је да отвор за лифт служи као ослонац за торањску дизалицу [2].

По начину опслуживања дизалице могу бити:

- стационарне – непокретне;
- покретне.

Стационарне се примењују (овде спадају и клетер дизалице) при градњи: високих зграда, мостова, високих пећи, кула за хлађење и сл. Покретне дизалице су далеко више у примени. Крећу се по шинама, а затим при постизању одређене висине причвршћују за грађени објект.

По начину промене дохвата деле се на:

- дизалице са покретном стрелом;
- дизалице са хоризонталном непокретном стрелом.

У првом случају дохват се мења подизањем и спуштањем стреле (слика 2.1), а у другом случају дохват се мења кретањем колица дуж хоризонталне стреле, која је круто везана за стуб дизалице (слика 2.2) [2].

Торањске дизалице са покретном стрелом имају следеће недостатке:

- минимални дохват једнак је приближно 30% од максималног, док се код дизалица са хоризонталним премештањем, колица се могу приближити до самог торња,
- средњи радни дохват износи (20-30)% што условљава повећање оптерећења торња, механизма за окретање и кретање,

- при промени дохвата делимично се диже и спушта терет (при чему долази и до љуљања терета) што повећава механизам за промену дохвата и отежава рад дизалице [2].

Торањске дизалице са косом стрелом имају следеће предности:

- једноставна конструкција,
- могућ пренос дизалице у већим целинама,
- ниско тежиште (баласт и витла се налазе доле на постољу што даје дизалици већу стабилност при раду),
- прилагодљива за рад у уским просторима око грађевина [2].



Слика 2.1 Грађевинска дизалица са покретном стрелом [3]

Грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом имају следеће недостатке:

- стрела је оптерећена на савијање па је због тога масивнија – тежа него стрела оптерећена на притисак, што при истим условима доводи до смањења носивости за око (15-20)%,
- стрела дизалице мора увек бити изнад објекта, док код дизалица са покретном стрелом, ослонац – зглоб стреле може бити испод тачке објекта који се опслужује.

Предности грађевинских дизалица са хоризонталном стрелом:

- потребна мања снага мотора витала за ужад,
- већа прецизност у вођењу терета,
- може се поставити ближе или се везати уз објекат,
- применљива за врло високе грађевине,

- већа сигурност при руковању теретом,
- већи учинак до 30% од дизалица са косом стрелом,
- код високог дизања боље опажање терета од стране дизаличара,
- хоризонтално кретање терета није везано уз окретање стреле.



Слика 2.2 Грађевинска дизалица са хоризонталном непокретном стрелом [3]

По конструкцији торња имамо дизалице:

- са непроменљивом висином торња;
- са монтажним телескопским торњем;
- са торњевима променљиве висине, итд.

а такође и:

- са обртним торњевима;
- са необртним торњевима.

По конструкцији стреле дизалице могу бити:

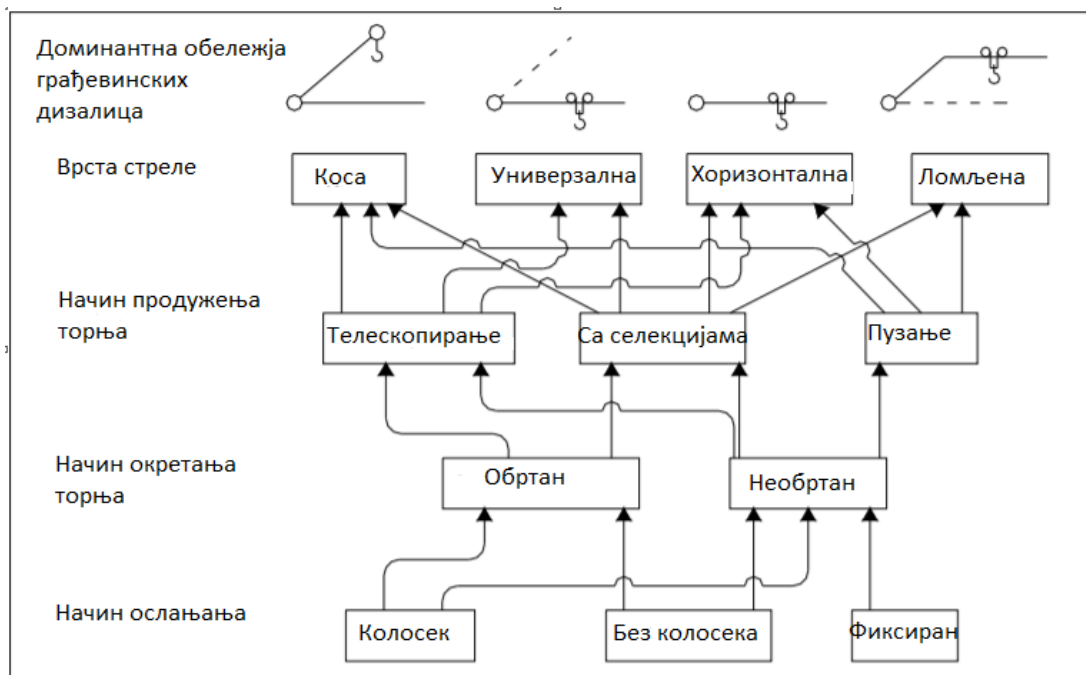
- са стрелама напрегнутим на притисак;
- са стрелама напрегнутим на савијање.

По начину уравнотежења се могу поделити на дизалице:

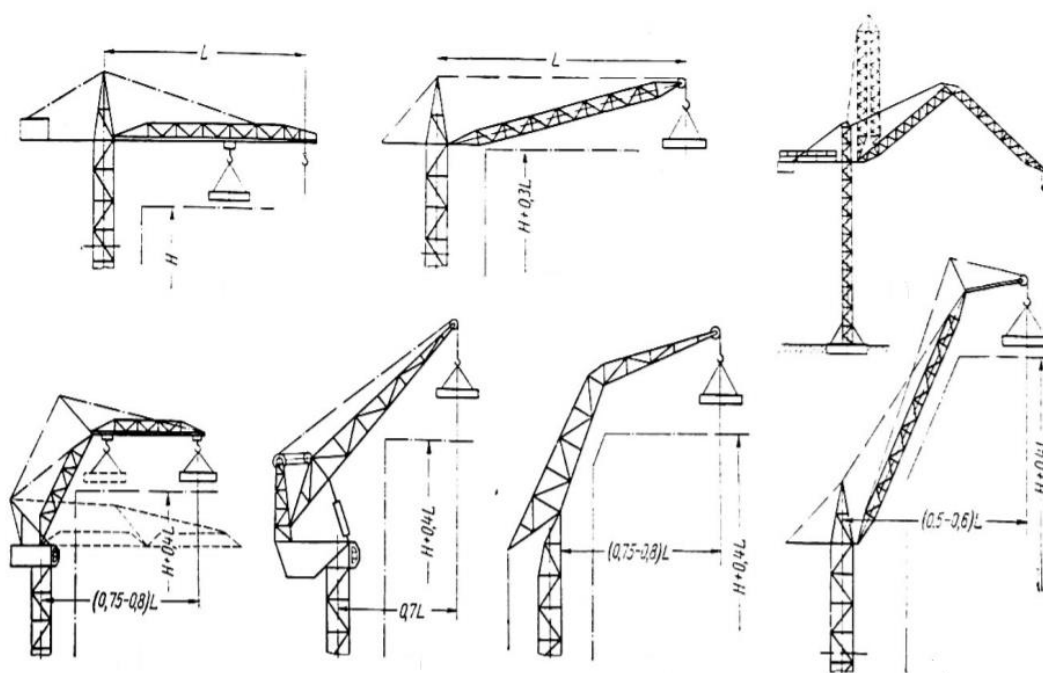
- са горњим противтегом (у врху стуба-торња);
- са доњим противтегом (то су обично торањске дизалице са обртним торњем).

Горњи противтег се најчешће примењује код дизалица са непокретним торњем и хоризонталном стрелом. Његов недостатак је повећање висине тежишта дизалице и центра притиска ветра. Такође, противтег може бити покретан и непокретан. На слици 2.4 дате су различите конструкције стреле [2].

Морфолошке карактеристике грађевинских дизалица на основу којих је извршена њихова класификација су дате на слици 2.3.



Слика 2.3 Класификација грађевинских дизалица по усвојеним доминантним обележјима [4]



Слика 2.4 Конструкције стрела грађевинских дизалица [2]

2.1. Носивост, дохват, висина грађевинских дизалица

Основне карактеристике су носивост (на врху стреле), дужина стреле (дохват) и висина дизања. Будући да су ове три карактеристике међусобно зависне, о њима се може говорити само заједнички, уз уважавање сваке појединачно. Говорити о носивости торањске дизалице има смисла само уз податак о удаљености терета од торња [6].

Капацитет носивости грађевинске дизалице треба проматрати двојако. Прво као могући момент од терета који кран може да прихвати, а да притом буде стабилан у свим фазама и у прописаним околностима рада (ветар), док са друге стране као могућу највећу силу коју кран може да прихвати својим уређајима (куке, колица, ужад, кочнице). Из ових разлога подаци за дизалице се дају двојако:

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

Постоје дизалице мале, средње и велике носивости. Што се тиче дизалица мале носивости, оне имају следећа обележја:

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

Грађевинске дизалице средње носивости или средње грађевинске дизалице имају:

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

Грађевинске дизалице велике носивости или велике грађевинске дизалице имају:

- дохват већи од 50 m,
- висину дизања већа од 50 m,
- носивост веће од 5 t

Табела 2.1 Подела носивости грађевинских дизалица

Носивост	kN	kNm	Висина (m)	Дохват(m)
Мала	0-20	до 300	20-30	15-25
Средња	30-50	до 600	30-50	20-45
Велика	>50	преко 1000	>50	>50

Носивост дизалице, гледајући строго формално, можемо дефинисати као највећи дозвољени терет обешен на куку или терет с грабилицом.

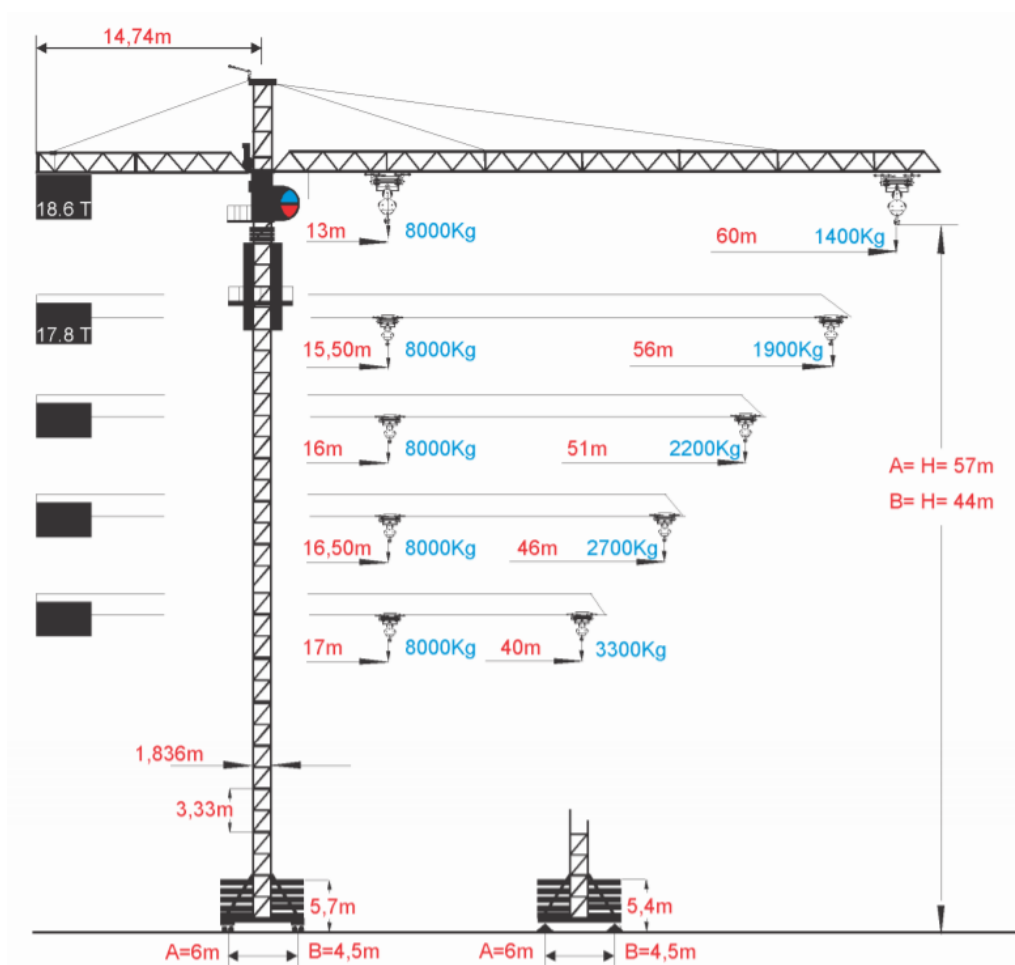
Дохват је удаљеност средине отвора куке од осе окретања носача куке. Дохват дизалице се мења кретањем колица (мачке) по стрели дизалице. Потребан дохват грађевинске дизалице зависи од конфигурације објекта, положаја дизалице у односу на објекат, места захвата елемента (складиште, транспортно средство) и од положаја елемента у конструкцији [6].

Често је потребно одредити потребну дужину стреле, као и висину опслуживања крана, тј. дизање терета у односу на грађевину која се гради. Битан параметар код грађевинских дизалица је и висина торња која зависи од максималне висине објекта, максималне висине монтажног елемента, уређаја за захватање и минималног удаљења куке од стреле дизалице. Висина дизања је вертикална удаљеност од најнижег до највишег положаја захватаног средства (куке) при дизању. Усвајањем минималне потребне висине торња дизалице остварује се минимално време монтаже дизалице и смањују се негативни утицаји на дизалицу (ветар и сл.) [6].

На слици 2.5 је приказана статистика дизања терета грађевинске дизалице F60-14 фирме Fering. Овај тип дизалице је пројектован за радове на било којој висини и простору, где се захтевају велике носивости и брзине рада. За овај тип дизалице предвиђена је дужина руке до 60 m уз могућност прилагођавања по захтеву купца. Може се користити на стандардној висини или са анкерисањем. Монтажа је једноставна, економична, брза и сигурна. Сви погони и електромеханички делови су смештени на окретном делу дизалице [10].

Техничке карактеристике:

Висина дизања-хоризонтална стрела	A=57 m; B=44 m
Дужина стреле	60 m
Носивост на крају руке	1400 kg
Максимална носивост на дохвату 13 m	8000 kg
Брзина колица	0 – 60 m/min
Брзина ротације	0 – 0,9 min ⁻¹
Брзина кретања крана	0 – 20 min ⁻¹
Радни напон	3 x 380 V; 50 Hz
Управљачки напон	48 V; 50 Hz
Инсталирана снага	40 kW



Слика 2.5 Носивост грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом фирме "FERING" [10]

DVOSTRUKO ŠNJIRANJE (t)						2,8	2,3	2	1,75	1,55	1,4
METARA	13	20	23	25,5	35	40	45	50	55	60	
ČETVEROSTUKO ŠNJIRANJE (t)	8	4,8	4	4	2,8	2,3	2	1,75	1,55	1,4	
DVOSTRUKO ŠNJIRANJE (t)					4	2,95	2,6	21,5	1,9		
METARA	15,5	20	25	27,5	30,5	40	45	50	55		
ČETVEROSTUKO ŠNJIRANJE (t)	8	6	4,4	4	4	2,95	2,6	21,5	1,9		
DVOSTRUKO ŠNJIRANJE (t)					4	2,95	2,6	21,5			
METARA	16	20	25	28,5	31,5	40	45	51			
ČETVEROSTUKO ŠNJIRANJE (t)	8	6	4,4	4	4	2,95	2,6	21,5			
DVOSTRUKO ŠNJIRANJE (t)				4	3,1	3,3					
METARA	16,5	25	30	32,5	40	46					
ČETVEROSTUKO ŠNJIRANJE (t)	8	5	4	4	3,1	3,3					
DVOSTRUKO ŠNJIRANJE (t)				4	3,3						
METARA	17	25	31,5	33,5	40						
ČETVEROSTUKO ŠNJIRANJE (t)	8	5,2	4	4	3,3						

Слика 2.6 Дијаграм носивости [10]

2.2. Монтажа и демонтажа грађевинских дизалица

Монтажа и демонтажа дизалице су сложени задаци и морају се спроводити тачно за сваки тип по упутствима произвођача и свим сигурносним мерама. Поступак састављања дизалице од довежених компоненти у целину спремну за дејство (пренос и дизање) или поступак усправљања дизалице у облик спреман за дејство, назива се монтажа дизалице.

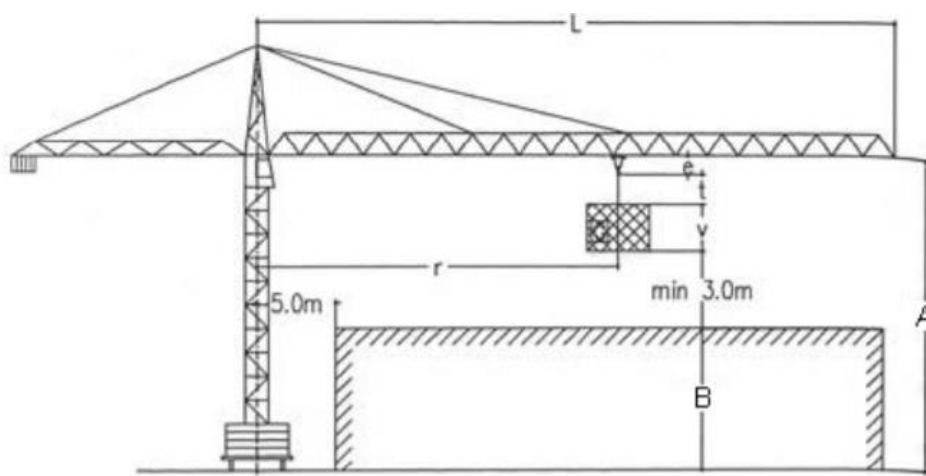
Обрнути поступак, од стања дизалице у коме је могла да дејствује до растављања у транспортабилне компоненте или повратак дизалице у стање да се може као целина транспортовати путевима зовемо демонтажа дизалице.

Трајање процеса монтаже и демонтаже може бити реда величине неколико сати до реда величине неколико седмица, зависно од величине дизалице, врсте, марке и типа, као и од могућности коришћења помоћних средстава.

За веће грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом време монтаже износи 10 дана са приближно 100 радних сати. Приближан однос трајања монтажа – демонтажа је 60% - 40%.

Карактеристике грађевинске дизалице при монтажи елемената:

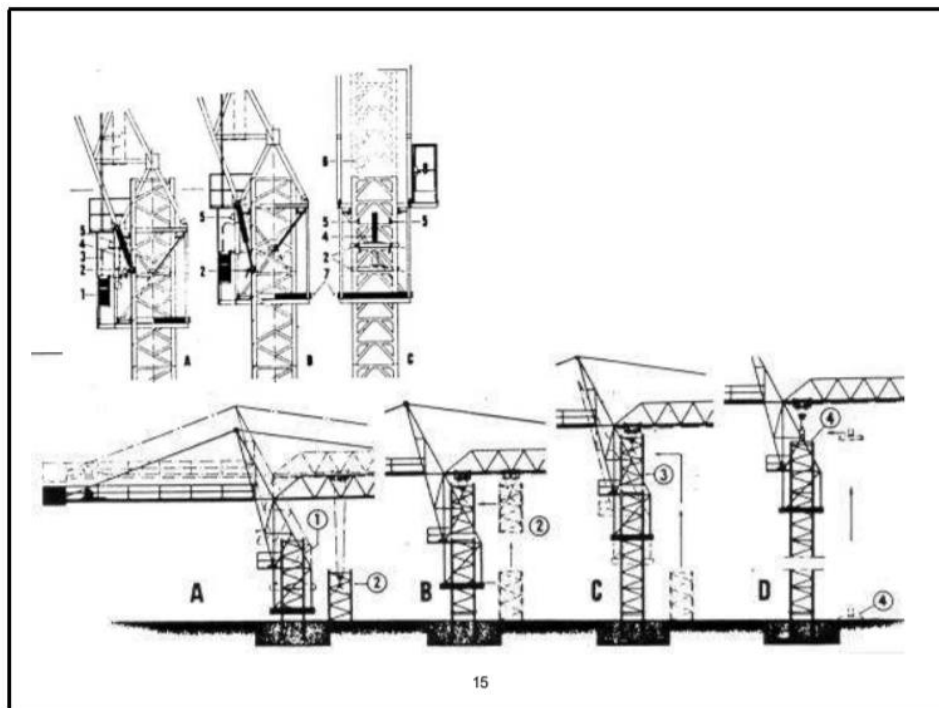
- L – дужина стреле дизалице,
- r – максимални радијус монтаже датог елемента,
- A – висина торња дизалице (удаљење доње ивице стреле од тла),
- B – максимална висина објекта,
- v – максимална висина елемента који се монтира,
- T – уређај за хватање елемента при монтажи (ужад, траверзе...),
- e – минимално удаљење куке од стреле грађевинске дизалице,
- G – тежина монтажног елемента [4].



Слика 2.7 Карактеристике дизалице при монтажи [4]

На основу шеме монтаже одређује се максимални радијуси (r_i) подизања свих врста монтажних елемената и на основу тога максимална потребна дужина стреле (L). Потребна носивост дизалице одређује се на основу тежине елемената (G) и њихових максималних радијуса (r_i) [4].

Приликом монтаже и демонтаже често постоји могућност и потреба за ангажовањем мобилних дизалица (аутодизалица и сл.) као испомоћ за брже постављање или уклањање грађевинских дизалица на градилиштима.



Слика 2.8 Фазе монтаже грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом и непокретним торњем [9]

Пре сваке монтаже крана неопходно је обезбедити несметан прилаз средстава за транспорт и монтажу дизалице те прорачунати и припремити подлогу за њу.

Статички прорачун стабилности подлоге зависи од укупног оптерећења дизалице (тежина дизалице + максимална носивост дизалице помножена са коефицијентом сигурности).

Лакше дизалице се превозе комплетне, а на градилишту се помоћу аутодизалица или специјалног витла (након постављања почетног баласта) монтирају и подижу у висину.

Велики напредак у опреми механизацијом, нарочито дизалицама, изазвао је велику потражњу, а тиме и њихову производњу. Конкуренција произвођача је изузетно велика, а поједини типови се веома мало разликују. Разлике се јављају у појединим конструктивним решењима елемената стубова, стрела и њиховог настављања, смештања погонских уређаја и др.

Подизање ове дизалице по правилу започиње друга дизалица (најчешће аутодизалица). Она поставља доњи построј на шине или темељ, затим на њега основни доњи сегмент

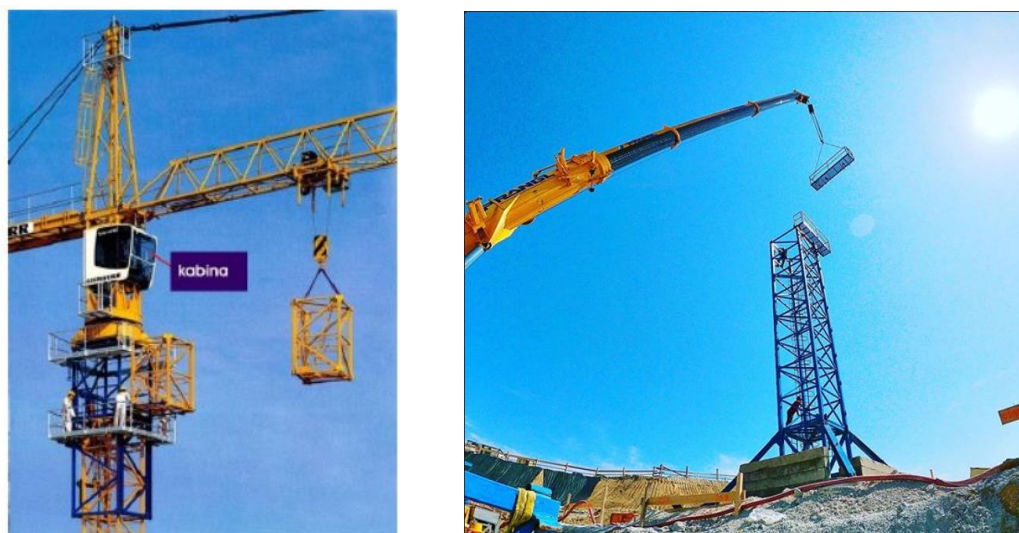
торња, па на њега горњи сегмент стуба са обртним постољем, затим се поставља стрела и стрела противтега. Торањ уз грађевински објекат се продужава само колико је потребно да стрела може несметано да се са теретом обрће изнад објекта, па како расте објекат, тако се и издиже торањ, по потреби се при том анкерише за објекат.

Систем самопродужавања торања има додатни клизни сегмент са помоћним механизмом дизања – хидроцилиндар. Клизни сегмент је решеткаста конструкција од челичних профила, учвршћен је за горњи део торања и носи механизме за окретање. Подизање целокупног горњег дела дизалице се врши *хидрауличким цилиндром* (слика 2.9) којим се у односу на део торања испод горње секције, издигне обртно постоље са стрелом и противтегом за висину једнаку висини секције торања, па се погонима дизања и кретања колица унесе нови сегмент на врх, бочно или испод торања (помоћни механизам дизања мора да дигне и торањ) и вијцима или завртњевима споје секције [11].



Слика 2.9 Хидраулични цилиндар за подизање [11]

Торањ грађевинске дизалице се подиже део по део. Основни део торања се причвршћује завртњевима и наврткама који су прекривени гуменим капама. При раду уз или у објекту, користи се систем "пењања" торања, који се ослања/води у 3 рама на 3 нивоа објекта. Везивање за грађевину врши се помоћу посебне челичне конструкције или помоћу ужади. Помоћним погоном дизања, ослонивши се на објекат, издиже се торањ за висину која је једнака висини секције торања.



Слика 2.10 Унос нове секције и монтажа грађевинске дизалице [10]

2.3. Одржавање грађевинских дизалица

Одржавање грађевинских дизалица обухвата скуп мера које осигуравају задржавање дизалице радно способним и у исправном стању за коришћење. Свака дизалица која служи за ношење терета тежих од 1 t и код које се дизање остварује намотавањем ужета или ланца на котур, мора бити пре свега опремљена свим техничким подацима да би њена експлоатација била што успешнија. Исто тако, ради сигурности у раду и заштите људи који раде са дизалицом, организације које имају дизалице морају се придржавати хигијенско-техничких заштитних мера.

Мере одржавања дизалице се деле на одржавање дизалице када је она у пасивном стању, односно када не ради, као и на одржавање дизалице када је она у активном стању, односно када ради на градилишту.

Када дизалица стоји растављена битно је правилно складиштење. Делови дизалице треба да се заштите од атмосферског утицаја како не би дошло до непотребне корозије делова, поготово оних који су изложени трењу (котурови, мачка итд.). Такође треба да буде спречен приступ неовлашћеним особама да делови дизалица не би били украдени, намерно оштећени, што онда може угрозити сигурност дизалице када ради, а тиме и самих радника у близини те дизалице.

Одржавање дизалица у активном стању се ради прегледима и наравно поправкама, ако је то потребно, као и разним активностима редовног одржавања – подмазивањем делова који су покретни, изменом ужета након одређеног броја радних сати, итд.

За сваки део дизалице постоји временски интервал у којем мора радити и начин прегледа, а које прописује произвођач дизалице. Тако, нпр. лежајеве једанпут годишње треба очистити, одмастити и поново подмазати истом врстом масти као што је била и пре чишћења. Котурови морају бити контролисани јесу ли истрошени и колико, челична ужад треба бити неоштећена, прописно подмазана, итд. Све наведене радње треба да обавља стручно особље.

Такође код превоза дизалице и монтаже потребно је водити бригу о правилном транспорту и монтажи делова дизалице - местима где се сме прихватити стрела дизалице, правилном начину подизања, редоследу монтаже и многим другим стварима.

Један од најбитнијих елемената за сигуран и сврсисходан рад дизалица је правилно организован рад на њеним прегледима и поправкама. Организованим прегледима откривају се и најмање неисправности на елементима носиве конструкције и механизма и на тај начин се отклања могућност да дизалица престане са радом због незнатних кварова.

За свакодневно одржавање дизалице дизаличар коме је поверена дизалица има главну улогу, будући да је он тај који свакодневно у току рада дизалице проматра њен рад, контролише исправност механичких и електричних делова и уочава евентуалне неисправности. Дневни преглед дизалице врши дизаличар пре почетка рада и у паузама у току рада. Све уочене кварове дизаличар мора пријавити свом непосредном руководиоцу.

Најважнији део пробног испитивања је пробно статичко и пробно динамичко оптерећење. Пробним статичким оптерећењем се проверава сигурност уређаја за дизање и преношење терета као целине, а пробним динамичким оптерећењем се проверава исправност и правилно функционисање механизма за дизање и преносење терета и њихових кочница. Пробно статичко оптерећење врши се теретима већим од дозвољене носивости дизалице и то зависно од величине максималног терета: за дизалице носивости до 2 t, пробни терет је већи од максималног за 25%; за носивост од 2-5 t, пробни терет је већи за 5 t од максималног терета и за дизалице носивости преко 5 t оптерећење је веће од максималног за 10%. Прво пробно статичко оптерећење се врши тако да се терет подигне на висину од 100 mm од пода и на тој висини држи 10 минута. После 10 минута терет се спушта на тло и проверавају се евентуалне деформације на дизалици. За време пробног статичког оптерећења дизалице, терет се постави на место где конструкција добија највећи нагиб, који треба измерити и упоредити са израчунатим, односно са дозвољеним нагибом (1/700-1/1200) L. Ако се после првог пробног статичког оптерећења примете деформације на носивој конструкцији дизалице или на деловима њених механизма, дизалица не сме бити пуштена у рад док се не испитају и не уклоне узорци насталих деформација. Динамичко пробно оптерећење, које се врши због провере сигурности рада свих механизма са њиховим кочницама, обавља се теретом увећаним за 10% од највеће носивости дизалице [6].

2.4. Стабилност грађевинских дизалица

Торањска грађевинска дизалица угрожена је по питању стабилности против претурања. Због тога се за њу дефинише *максимална носивост* (за положај колица близу торња), која је меродавна за прорачун елемената погона дизања, ослонаца и сл. и *носивост*. Обзиром да њену стабилност највише угрожава момент тежине терета (одговара производу носивости и дохвата), крива носивости у дијаграму је хипербола одсечена максималном носивошћу, а за њу је релевантни податак момент носивости.

$$M_n = N * l = const \quad (2.1)$$

$$N = \frac{M_n}{l} (t) \quad (2.2)$$

$$N_{min} = \frac{M_n}{l_{max}} (t) \quad (2.3)$$

$$N_{max} = \frac{M_n}{l_{min}} (t) \quad (2.4)$$

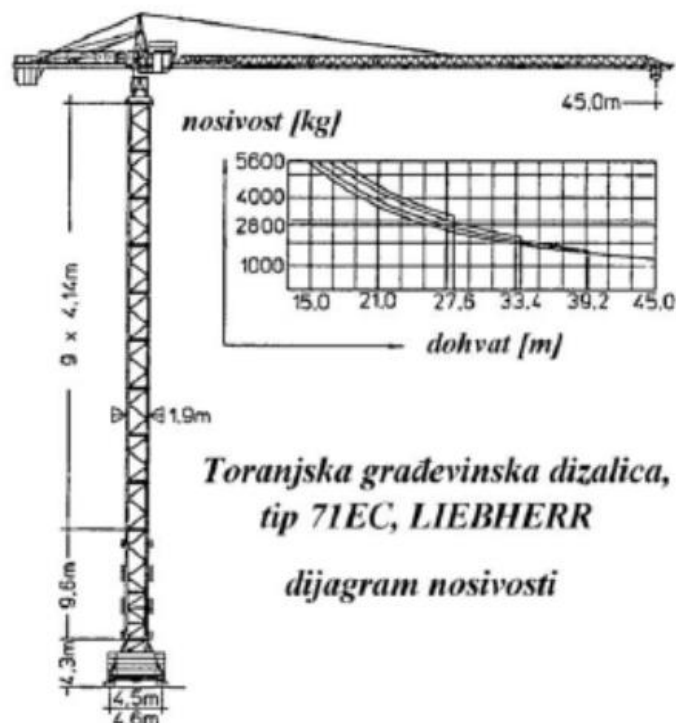
N — носивост;

l_{max} — највећа даљина дохвата крака дизалице;

l_{min} — најмања даљина дохвата крака дизалице;

M_n — момент носивости [9];

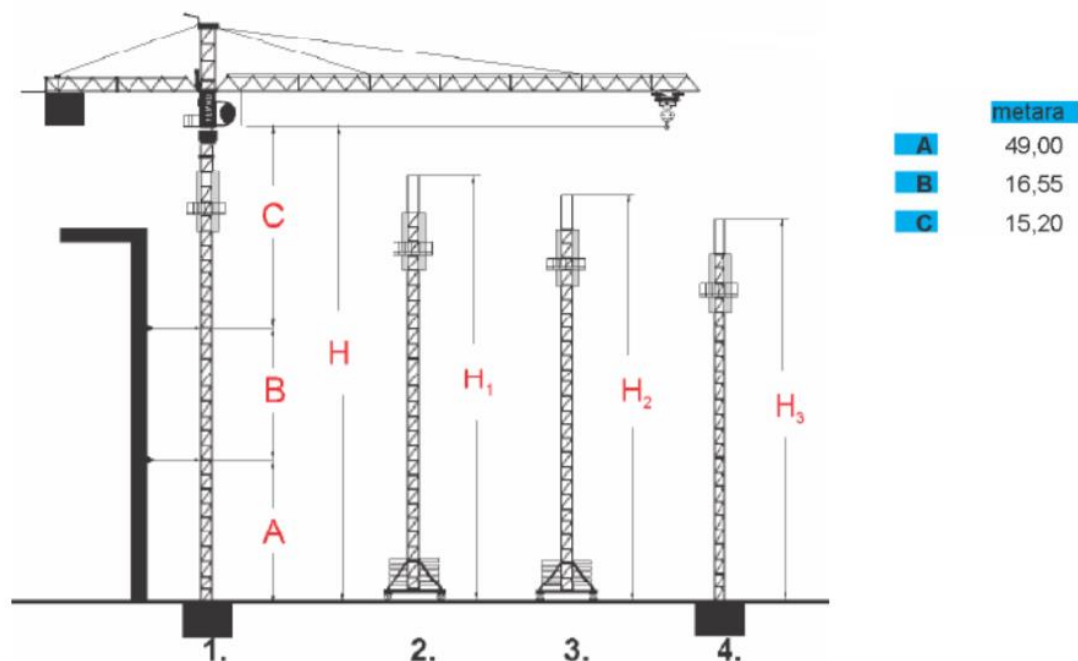
Противтег на стрели повећава стабилност дизалице са теретом, али угрожава њену стабилност без терета, па се њиме уравниожава $\approx 50\%$ момента терета, а преостали део се уравниожава противтегом на доњем строју (увек повећава стабилност, али има мали крак до осе претурања).



Слика 2.11 Дијаграм носивости торањске грађевинске дизалице, LIEBHERR [5]

Због опасности од претурања, грађевинска дизалица опрема се безбедносним уређајима као што су: *ограничавач силе* (искључује погон дизања у смеру дизања), *ограничавач момента тежине терта* (искључује погон: нагињања стреле у смеру спуштања, кретања колица у смеру ка врху стреле), *анемометар* (мери брзину ветра и искључује погоне као претходни ограничавачи), *кочница за урагански ветар* (фиксира доњи построј покретне дизалице за шине или други за то предвиђени објект), *откочивање кочнице погона обртања стреле* (ветар поставља стрелу у положај најмање силе ветра), *крајњи искључивачи* за кретање погонских механизма итд. Савремене дизалице имају борд-компјутер који показује вредности свих релевантних параметара и спречава рад погона који би угрозио безбедност дизалице [11].

2.5. Начин постављања грађевинске дизалице



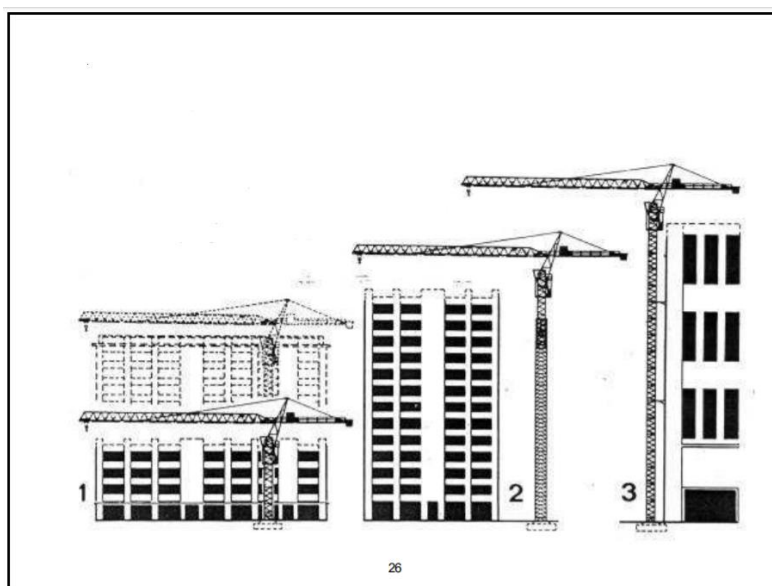
Слика 2.12 Постављање грађевинских дизалица са хоризонталном стрелом [10]

1. Анкерисана дизалица уз објект до $H=100\text{ m}$
2. Дизалица постављена на стопама до $H=57\text{ m}$
3. Дизалица постављена на стопама до $H=56.7\text{ m}$
4. Дизалица фиксирана за бетонску базу до $H=43.7\text{ m}$

Непокретне грађевинске дизалице приликом преноса и дизања терета се не крећу. Ове дизалице се могу добро користити јер заузимају ограничено подручје. Могу се поставити на различите висине до свог максимума слободностојеће висине или се могу поставити на самој грађевини. За телескопско извлачење и подизање крана на висину дизања већу од 40 m неопходно је претходно анкерисање крана за објект- прво сидрење (слика 2.13). Прво сидрење - анкерисање за објект се изводи између пете и девете секције дизалице (уз претходно одређену локацију везивања затега за објект) након чега се врши телескопско извлачење, тј. убацивања нових секција у стуб дизалице. Број монтираних секција дизалице изнад првог сидрења је максимално 11. У случају потребе за већим висинама врши се друго анкерисање за објект. Минималан размак – висина између два сидрења износи 5 секција, а максималан 9 секција (ово ограничење је неопходно да би се задржала еластичност стуба грађевинске дизалице) [11].



Слика 2.13 Телескопско извлачење и анкерисање за објект [3]



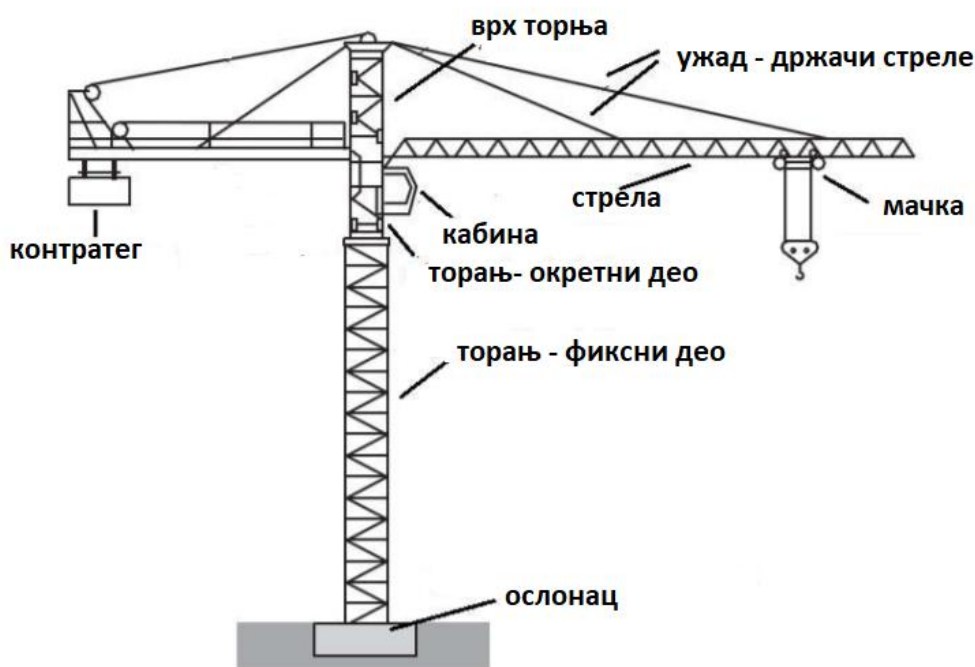
Слика 2.14 Постављање непокретних грађевинских дизалица [9]

1. Пењајуће грађевинске дизалице у оквиру (смештај унутар) грађевине
2. Самостојеће грађевинске дизалице удаљене од грађевине
3. Самостојеће грађевинске дизалице везане за грађевину

3. Основни елементи грађевинских дизалица

Основни елементи конструкције грађевинске дизалице су:

- постоље - омогућава пренос тежине дизалице и терета који се преноси на тло;
- баласт (контратег) - својом тежином прави равнотежу са теретом који се преноси дизалицом;
- торањ - својом висином омогућава вертикални транспорт материјала;
- стрела дизалице (рука) - омогућава хоризонтални транспорт материјала;
- кабина – радно место дизаличара;
- колица (мачка) – омогућава хоризонтални транспорт терета дуж гране дизалице;
- прибор за прихват терета – концепција зависи од терета који се транспортује;



Слика 3.1 Основни елементи грађевинске дизалице [6]

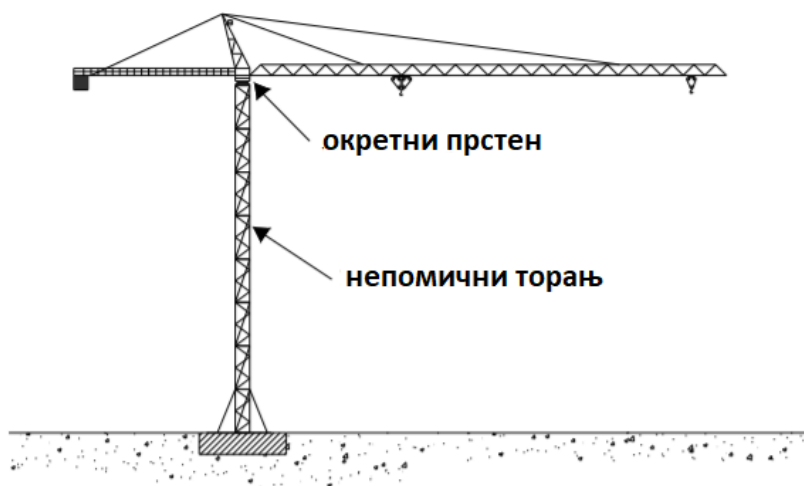
3.1. Основне карактеристике конструкције грађевинске дизалице

3.1.1. Конструкција стреле и торња грађевинске дизалице

Стрела – представља решеткасту конструкцију која је изграђена заваривањем различитих профила. Укупна дужина стреле представља дохват грађевинске дизалице, а зависи од броја сегмената. По стрели се крећу колица (мачка). Хоризонтално померање може да се изведе на два основна начина. Постоје дизалице код којих је стрела покретна

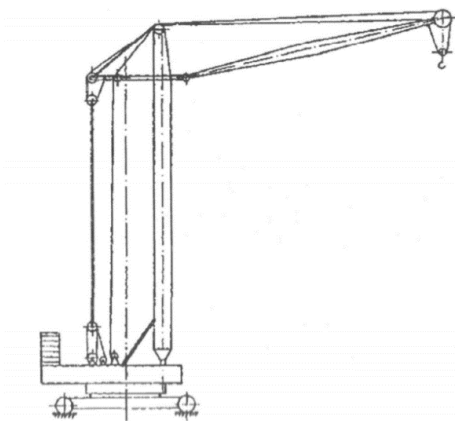
у вертикалном правцу (такозвана игла) ротирањем око тачке споја са торњем и дизалице са стрелом која је стално у хоризонталном положају и по којој се крећу колица дизалице (мачка).

Торањ – то је решеткаста конструкција која се монтира на постоље. У зависности од типа грађевинске дизалице, постоје торњеви различитих висина. Сваки торањ је састављен од низа сегмената међусобно повезаних наврткама и завртњевима, који се лако монтирају. Код непомичног торња окретни прстен је смештен на или близу врха торања и стрела се окреће око вертикалне осе непомичног торња (слика 3.2).



Слика 3.2 Конфигурација непомичног торња

Код дизалица мање и средње носивости се користи хоризонтална стрела на обртном торњу. Код окретног торња, окретни прстен је смештен на дну торња и комплетан торањ и стрела се заједно окрећу у односу на базу торња. Дизалице са обртним торњем су стабилније јер им је тежиште ниже, а момент савијања који делује на стуб од стреле која се диже, компензује се одговарајућим ужадима.

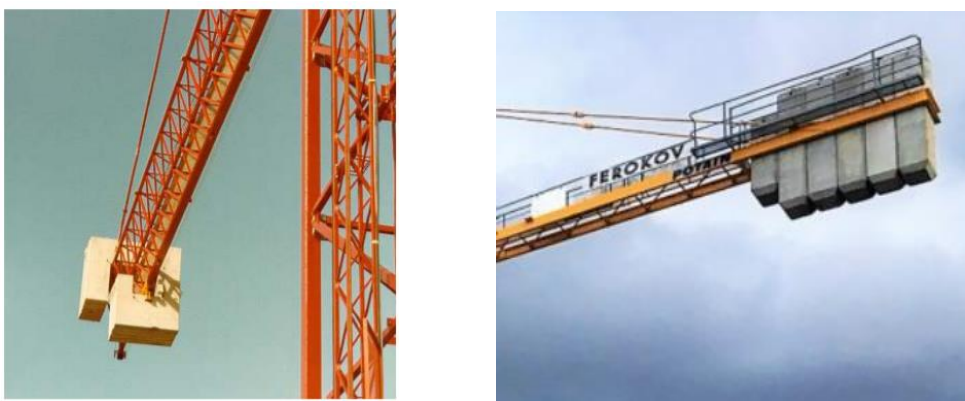


Слика 3.3 Конфигурација окретног торња [8]

3.1.2.Постављање противтега и положај командне кабине

Дизалица са горњим обртањем је по правилу намењена за теже радове у грађевинарству – при изради нових и већих објеката (шири простор). Обзиром да маса торња не оптерећује лежај на обртном постољу, висина торња је ограничена опасношћу од претурања и извијања, па ако се торањ анкерише за објекат који опслужује током градње, висина је практично неограничена (и до 300 m). Носивости су до 80 t, дохват до 80 m. Овако велики дохвати омогућени су постављањем *противтега* (слика 3.4) на стрелу са друге стране торња, по правилу уз постављање погонског механизма дизања, понекад и кретања колица, на месту противтега [11].

Противтег дизалице садржи бетонске плоче које могу бити постављене на постоље, као и на стрелу са друге стране дизалице. Задатак противтега јесте да остваре уравнотежење дизалице и терета. Код дизалица са окретним торњем, противтег и погонски механизми се налазе на постољу, док се код дизалица са неокретним торњем налази на стрели.



Слика 3.4 Контратег код грађевинских дизалица [12]

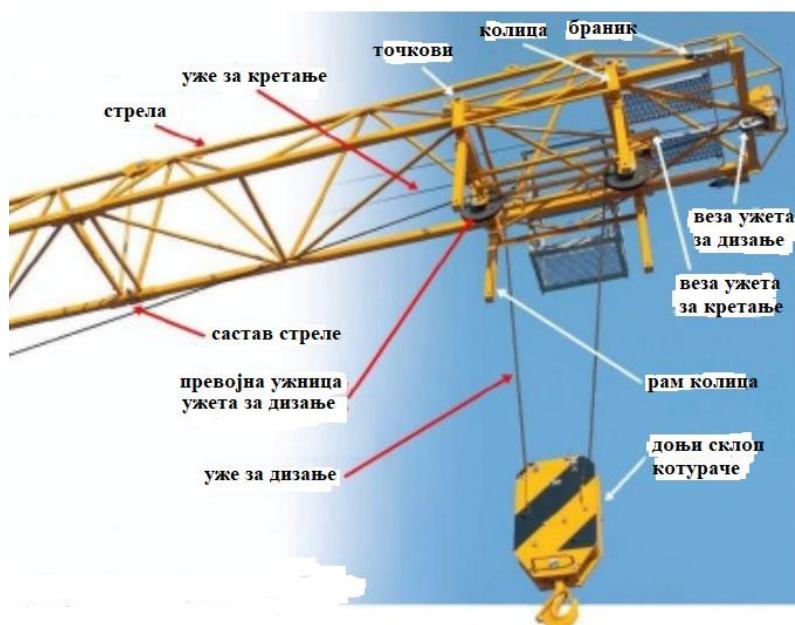
Положај командне кабине – оне се најчешће налазе на врху дизалице, испод стреле. Командна кабина се окреће заједно са стрелом чиме је обезбеђена добра прегледност. Постоје и мање дизалице код којих је командна кабина смештена на постољу као и дизалице са даљинском контролом кретања.



Слика 3.5 Командна кабина грађевинских дизалица [7]

3.1.3 Положај колица и начин постављања доњег построја

По стрели се крећу једна, ређе двоја колица. У циљу да буду што лакша (услов стабилности ограничава укупну масу колица са теретом), погонски механизми нису на колицима, кретање колица се врши вучним ужетом, а дизање ужетом чији је један крај учвршћен за врх стреле, а други се намотава на бубањ на стрели противтега, па су на носећој конструкцији колица само две превојне ужнице и четири точка. Стрела је по правилу троугаона решетка, са стазама точкова колица на доња два угла решетке.



Слика 3.6 Детаљ врха стреле и колица

Доњи построј се у грађевинарству најчешће изводи као непокретан (велики дохват стреле омогућава покривање већине објеката, па кретање није потребно), ређе утемељен, а за мање висине и носивости и као покретан (рад на складиштима и у бродоградилиштима). Брзина кретања је мала, нешто већа при раду дизалице на складишту. Ослањање је на 4, ређе на 3 точка који се крећу по шинама.



Слика 3.7 Доњи построј грађевинских дизалица [10]

Дизалице, које су намењене преношењу комадних терета и растреситог материјала, у свом машинском делу се састоје од класичних машинских елемената – редуктора, вратила, спојница, али и од елемената који могу да се означе као типични делови дизалица, јер се искључиво или претежно примењују на њима. У ове елементе се убрајају: ужад, куке, котураче, добоши, кочнице, точкови и сл. За све њих постоје посебни услови за прорачун и примену.

3.1.4. Ужад

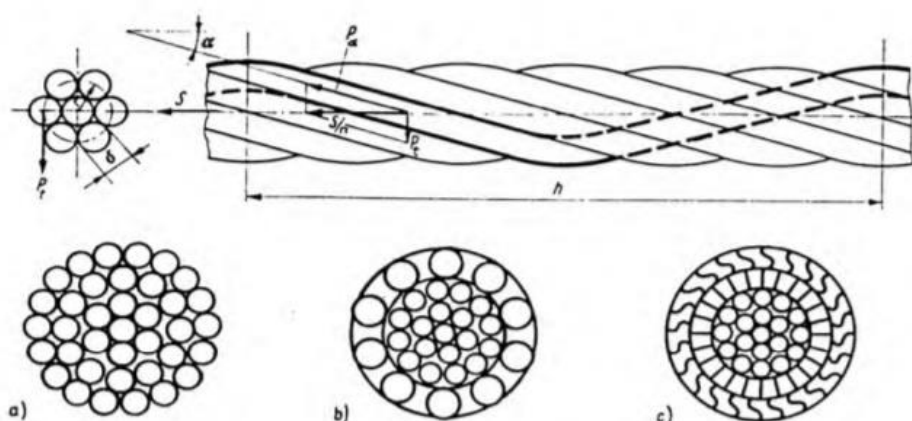
Челично уже је први пут уведено 1834. године у транспортну технику. Стално усавршавање и добро прилагођавање специјалним условима и новим захтевима брзо су ширили област примене на скоро сва транспортна средства, тако да се данас дизалице, жичаре, лифтови и др. не могу замислити без ужади.

Уже се састоји од танких појединачних елемената велике дужине, односно жица, што услед глатке површине омогућава кретање без удара и при великим брзинама. Добра особина ужади је та што нису осетљива на ударе и преоптерећења, као што су ланци, код којих долази до тренутног кидања.

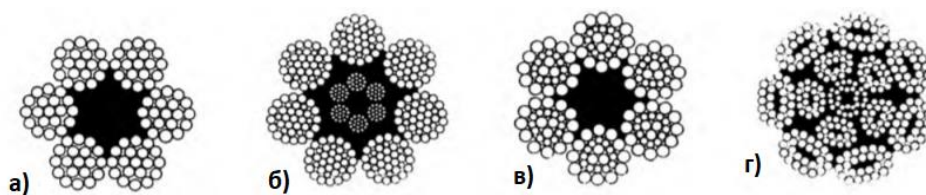
Жица је основни конструктивни елеменат ужета. Материјал за израду жица добија се у електричним пећима, са садржајем угљеника (0,4-0,9)%. Како би се повећала отпорност на корозију додаје се понекад 0,3% бакра. Жице се израђују минималне јачине на кидање 1570, 1770, 1960 МПа. На дизалицама се примењују ужад са жицама јачине 1570 и 1770 МПа. Код дизалица се по правилу примењују десноходно унакрсно упредена ужад [2].

Једна од основних подела ужади по конструкцији јесте на:

- Једноставно увијена ужад или завојна ужад,
- Двоструко увијена ужад или ужад од струкова.



Слика 3.8 Завојна, једноставно увијена ужад [2]



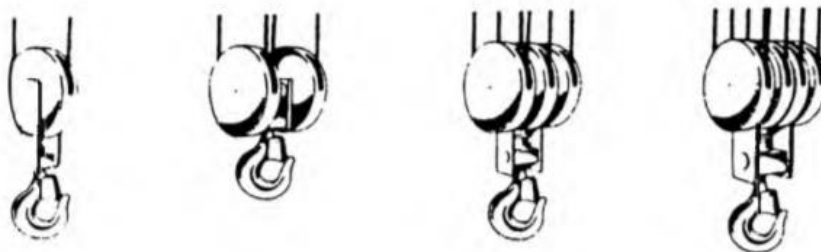
Слика 3.9 Ужад од струкова [2]

Уже које се креће као покретно уже преко котурова и бубњева или се по њему као постојећем ужету, котрља точак, је поред вучне силе, због превијања преко котурова и бубњева, оптерећено на притисак и савијање [2].

3.1.5. Котураче

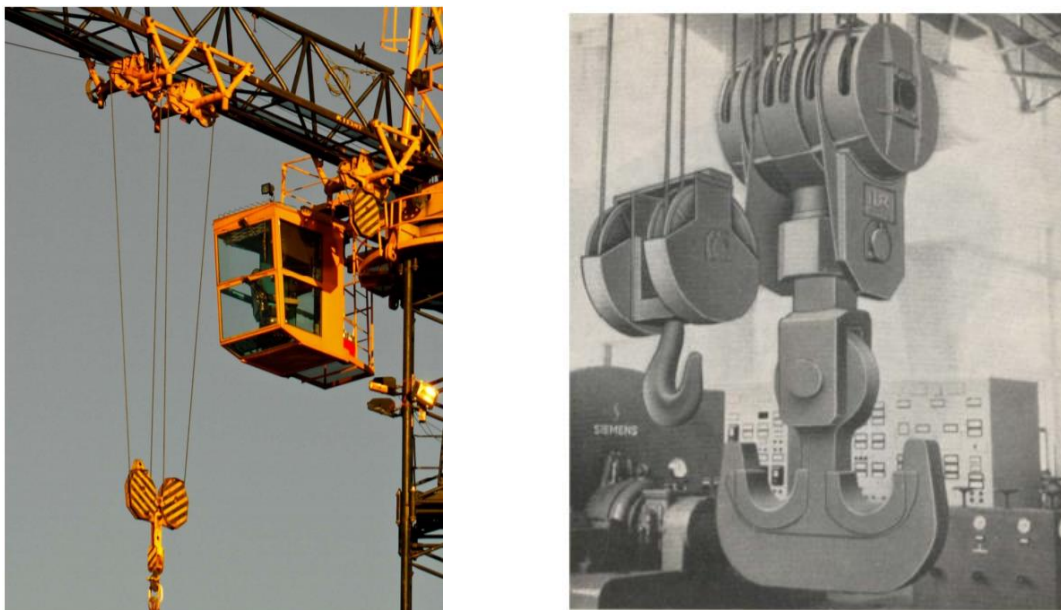
Котураче се уводе у механизам за дизање да би се смањила сила у ужету, а тиме и момент терета на добошу и да би се смањио преносни однос између мотора и добоша.

Доње котураче (слика 3.10) могу бити просте и двојне. Према конструкционим извођењима двојне котураче могу бити: нормалне, дугачке и кратке. Код простих котурача један крак ужета је везан за ослонац, а други се намотава на добош за ужад. Код двојних котурача два крака ужета се намотавају на добош, а остали иду са доње котураче на систем горњих котурова. Зависно од тежине транспортованог терета доња котурача може имати више котурова [2].



Слика 3.10 Доње котураче [2]

Доња котурача се састоји из носећих котурова, носећих лимова, траверзе, куке, навртке за куку, осовине, лежајеве и других делова. Показане конструкције доњих котурача обезбеђују лако прилагођавање положаја куке са везивање терета и његово стабилно преношење у жељени положај. Из приложених табела пројектант бира доњу котурачу према носивости и погонској класи механизма за дизање. Тиме одмах добија котурачу коју ће применити у конструкцији грађевинске дизалице. Уобичајено је да се до носивости 32 t употребљава четворокрака котурача, а преко 32 t осмокрака [2].



Слика 3.11 Доње котураче код грађевинских дизалица [12]

3.1.6. Куке

Куке спадају у универзалне елементе за хватање терета и имају велики број облика израде. Израђују се као једнокраке, двокраке, ламеласте, куке са ушком итд. Највише се примењују једнокраке и двокраке куке.

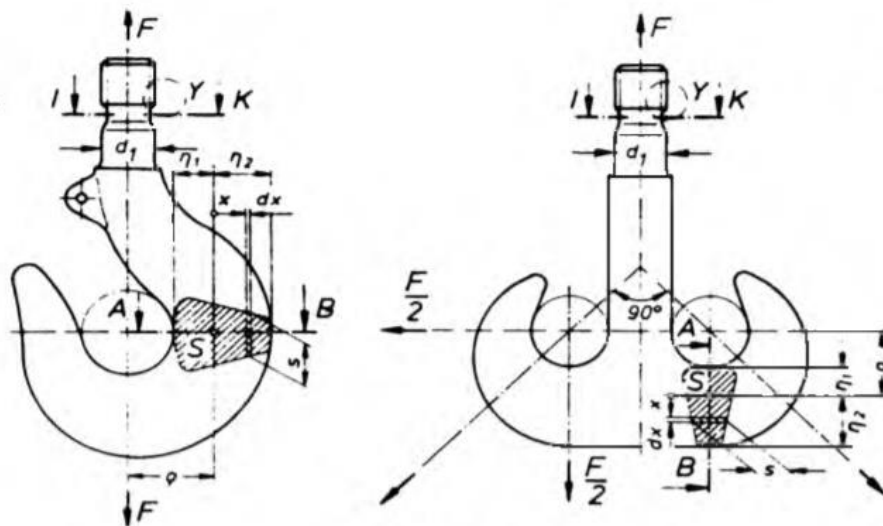
Приликом прорачуна механизма за дизање, најпре се према носивости и режиму рада (погонска класа) бира стандардна кука, а затим се врши провера радних напона у опасним пресецима [2].



Слика 3.12 Куке грађевинских дизалица [12]

Ивични напони савијања у пресеку А-В дати су под претпоставком да терет дејствује у центру кривине:

- Код једнокраких кука вертикално,
- Код двокраких кука на оба крака под углом од 45° у односу на вертикалу.



Слика 3.13 Оптерећење кукe са одговарајућим пресеком [2]

За једнокраке кукe ивични напони се срачунавају из израза:

$$\sigma_e = \frac{F \cdot \rho}{Z} \cdot \frac{\eta_1}{\rho - \eta_1} = \frac{F}{S} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{\eta_1}{\rho - \eta_1} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.1)$$

$$\sigma_c = \frac{F \cdot \rho}{Z} \cdot \frac{\eta_2}{\rho + \eta_2} = \frac{F}{S} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{\eta_2}{\rho + \eta_2} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.2)$$

За двокраке кукe ивични напони су:

$$\sigma_e = \frac{F \cdot \rho}{2 \cdot Z} \cdot \frac{\eta_1}{\rho - \eta_1} = \frac{F}{2 \cdot S} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{\eta_1}{\rho - \eta_1} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.3)$$

$$\sigma_c = \frac{F \cdot \rho}{2 \cdot Z} \cdot \frac{\eta_2}{\rho + \eta_2} = \frac{F}{2 \cdot S} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{\eta_2}{\rho + \eta_2} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.4)$$

где су:

$F = Q$ – сила дизања у (N);

Z – помоћна величина која се израчунава на основу мера са слике;

$k = Z / (S \cdot \rho)$ – коефицијент који узима у обзир кривину штапа и зависи од облика попречног пресека;

$\rho = \frac{a_1}{2} + \eta_1$ – крак силе у (mm);

η_1 и η_2 – растојање тежишта од ивичних влакана пресека у (mm) [2];

4. Погонски механизми

Погонски механизми су најскупљи, а за прорачун, конструисање и израду свакако најкомпликованији делови грађевинске дизалице. У складу са развојем грађевинских дизалица и са технолошким и другим захтевима развијали су се и погонски механизми торањских грађевинских дизалица. Иако се са једне стране не може рећи да се погонски механизми у принципу не разликују од других дизаличних механизма (мотор неизменичне струје, спојница, преносник, добош...), с друге стране важи да механизми имају низ специфичности и конструктивних решења типичних само за механизме грађевинских дизалица.

Код механизма за дизање терета развијен је већи број концепцијских и конструктивних решења. Сваки познатији произвођач има своја конструктивно концепцијска решења која треба да задовоље један од битних услова регулисања: промена брзине у функцији терета (при променљивом моменту) и промена брзине при непроменљивом терету.

Први начин је неопходан да би се могла мењати брзина – повећавати је за мање терете, спуштати лаке терете повећаним брзинама и тиме повећати ефикасност рада дизалице, поготову код великих висина дизања и спуштања. Други захтев је такође важан јер се захтева меко хватање и постављање терета (монтажних елемената, кофа са малтером, итд.).

Механизми за дизање су најчешће са једним добошем, који се, за велике висине вишеслојно намотава, или са два добоша (за два крака ужета за намотавање) код дизалица веће носивости са вишекраком котурачом. Добијање више брзина постиже се:

- комбинацијом са два мотора;
- планетним и диференцијалним преносницима;
- применом кочница на вртложну струју;
- електродинамичком спојницом;

Погон окретања и погон кретања су такође специфичне конструкције. Један од основних захтева је мекано полагање и мекано кочење, дакле тражи се остваривање минималних динамичких сила, јер се ради о врло еластичним носећим структурама [2].

Погон дизања изводи се за снагу до 30 kW и брзину ($3 \div 5$) kW асинхроним кавезним полнопреклопним ($2/16$ полова) ЕМ и механичким двостепеним или тростепеним мењачем, за снагу ($30 \div 100$) kW и опсег брзина $1:80$ асинхроним клизноколутним ЕМ и вртложном кочницом, за највеће снаге регулисаним ЕМ једносмерне струје. Данас се за снагу до ($200 \div 300$) kW користи асинхрони кавезни ЕМ са f/U управљањем/регулацијом и опсег брзина $1:60$ (највеће брзине уз $f > 50 \text{ Hz} \rightarrow$ слабљење поља), без механичког мењача (слика 4.1). Велики опсег брзина потребан је за брзо дизање захтеваног средства са малим теретом или без терета. Опсег остварен ЕМ проширује се променом броја кракова котураче премештањем носача средње ужнице са доњег склопа котураче на колица и обратно.



Слика 4.1 Погонски механизам грађевинских дизалица [7]

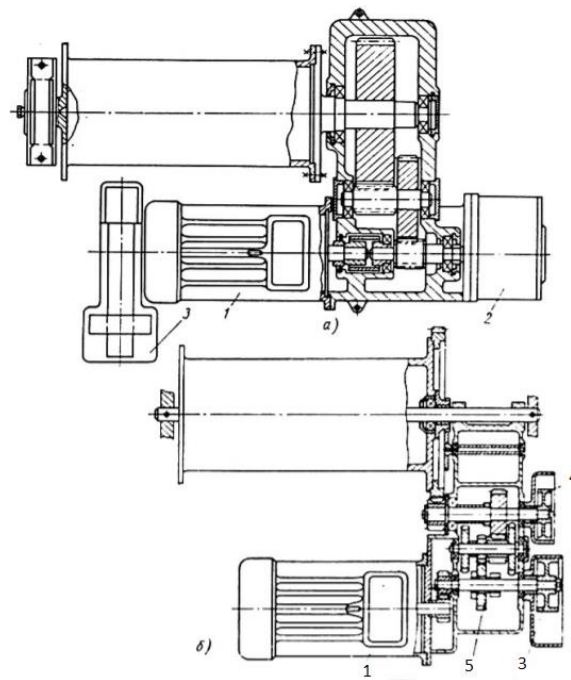
Погон кретања колица изводи се асинхроним кавезним ЕМ, раније полнопреклопивим (2 или 3 брзине), данас са f/U управљањем/регулацијом и кочницом која само спречава померање, погонским бубњем и бесконачним ужетом. Код нагибне стреле колица се фиксирају за стрелу, обично на врху. Потребна снага је мала (отпори су трење и ветар) [7].

Погон обртања изводио се асинхроним клизноколутним ЕМ и кочницом на вртложну струју, данас асинхроним кавезним ЕМ са f/U управљањем/регулацијом. Механичка кочница спречава померање/заокретање, а при ветру не дозвољава покретање док момент ЕМ није довољно јак да савлада ветар. Додавањем лима велике површине на стрелу противтега, уравнотежава се момент силе ветра, али се повећава оптерећење лежаја обртног постоља и угрожава стабилност [7].



Слика 4.2 Погон кретања колица са вучним бубњем и погон обртања [3]

На слици 4.3 су дата два решења механизма за дизање. У сваком случају конструкција погона за дизање је врло сложена, посебно обзиром на потребу врло fine регулације полагажења и заустављања.



Слика 4.3 Погон дизања грађевинских дизалица [2]

1. Електромотор;
2. Кочница са вртложним струјама;
3. Кочница за држање;
4. Помоћна кочница;
5. Покретни пар зупчаника;

4.1. Прорачун механизма за обртање

Снага електромотора за обртање се одређује из обрасца:[8]

$$P = \frac{(M_o + M_{in}) \cdot \omega}{\eta \cdot \psi} [kW] \quad (4.1)$$

где су:

M_o — рачунски момент отпора обртања [kNm];

M_{in} — момент инерцијалних сила;

ψ — степен преоптерећења мотора;

$\psi = 1,5 \div 1,8$ за асинхрони мотор са фазним ротором;

η — степен корисности ($\eta = 0,85$);

ω — угаона брзина обртања [rad/s];

$$M_o = M_{tr} + M_v + M_y + M_D \quad (4.2)$$

где су:

M_{tr} – момент трења;

M_v – момент од ветра у раду;

M_y – момент сила које потичу од нагиба дизалице;

M_D – момент оптерећења од пулсације ветра;

4.2. Прорачун механизма кретања грађевинске дизалице

Снага електромотора се рачуна по обрасцу:

$$P = \frac{W + F_{in}}{\psi \cdot \eta} \cdot v \quad [kW] \quad (4.3)$$

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];

$$W = W_{tr} + W_B + W_Y + S_W \quad (4.4)$$

где су:

W_{tr} – отпори трења;

W_B – отпори услед ветра који делује на дизалицу и терет;

W_Y – отпори услед нагиба стазе;

S_W – отпори услед случајних оптерећења која делују на стрелу;

$$W_{tr} = (Q + G) \cdot f_k \quad (4.5)$$

где су:

G – сопствена тежина дизалице [kN];

Q – носивост дизалице [kN];

f_k – специфични отпор који је дефинисан у табели 4.1;

$$W_Y = (Q + G) \cdot \sin \alpha \quad (4.6)$$

$$F_{in} = 1,1 \cdot (Q + G) \cdot a \quad (4.7)$$

a – убрзање [m/s^2];

Табела 4.1 Вредност специфичног отпора f_k [8]

ПРЕЧНИК, mm		ВРЕДНОСТ f_k ЛЕЖИШТА	
ТОЧАК	ОСОВИНА	КЛИЗНА	КОТРЉАЈУЋА
до 200	до 50	0,028	0,02
од 200....400	од 50....65	0,018	0,015
од 400....600	од 65....90	0,016	0,01
од 600....800	Од 90....100	0,013	0,006

4.3. Орјентационе мере и сопствене тежине

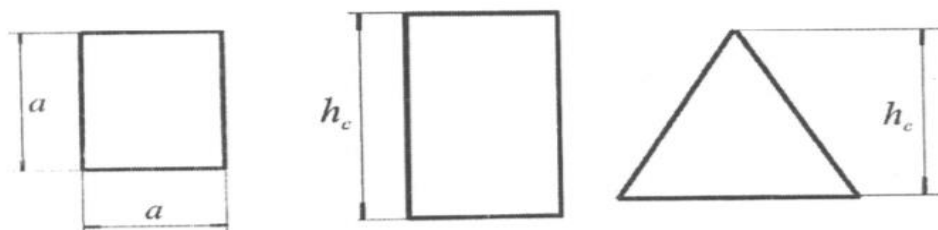
Ако је попречни пресек стуба квадрат онда је:[8]

$$a = (0,9 \div 1,1) \frac{H}{20} [m] \quad (4.8)$$

H [m] – висина дизања при максималном дохвату;

За попречни пресек решетке стреле у средини распона:

$$h_c = (0,9 \div 1,1) \frac{H}{22} [m] \quad (4.9)$$

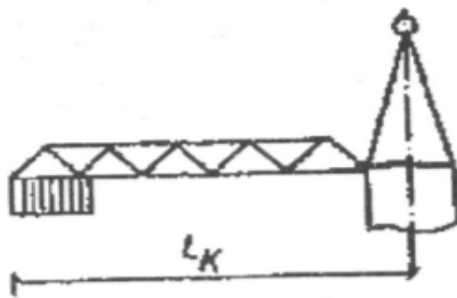


Слика 4.4 Попречни пресек стуба и решетке стреле [8]

Рачунска дужина стреле контратега (слика 4.5):

$$L_k = (0,9 \div 1,1) \frac{A}{3} [m] \quad (4.10)$$

A [m] – највећи дохват;



Слика 4.5 Дужина стреле контратега [8]

Општа маса дизалице са стрелом и обртном главом стуба:

$$G = 0,0335 \cdot M^3 \sqrt{\frac{H}{Q}} \quad [t] \quad (4.11)$$

Где су:

$M = Q \cdot A \quad [kNm]$ – карактеристика терета;

$Q \quad [t]$ – носивост;

$H \quad [m]$ – висина дизања;

4.4. Производност дизалица

Средњечасовна експлоатациона производност карактерише масу подигнутог терета за један машински час [8].

$$P_{s.\check{c}} = \frac{60Q \cdot K_Q \cdot K_T}{t_u} \quad [t/h] \quad (4.12)$$

где су:

$Q \quad [t]$ – носивост;

K_Q – коефицијент употребе дизалице према носивости;

K_T – коефицијент употребе дизалице временски;

$t_u \quad [min]$ – трајање радног циклуса;

$$t_u = t_{M.O} + t_{K.O} \quad (4.13)$$

$t_{M.O}$ – време трајања циклуса везано за учествовање машинског погона;

$t_{K.O}$ – време трајања ручних помоћних операција;

$$t_u = \frac{2.5 \cdot H}{v} + 2 \left(\frac{s_1}{v_1} + \frac{s_2}{v_2} + \frac{s_3}{n_3} \right) + t_{k.o} \quad (4.14)$$

где су:

$H [m]$ – висина дизања;

$v \left[\frac{m}{min} \right]$ – брзина дизања или спуштања терета;

$s_1 [m]$ – средњи пут колица при промени дохвата;

$s_1 [m]$ – средњи пут дизалице;

$s_3 [m]$ – средњи број обртаја дизалице (стреле) за циклус;

$v_1 \left[\frac{m}{min} \right]$ – брзина кретања колица;

$v_2 \left[\frac{m}{min} \right]$ – брзина кретања дизалице;

$n_3 [min^{-1}]$ – број обртаја дизалице;

Табела 4.2 Вредност коефицијента K_T и K_Q [8]

Тип дизалице	Коефицијент	
	K_Q	K_T
са куком	0,8....1	0,75....0,9
са грајфером	0,8....0,9	0,85....0,95

4.5. Учинак грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом

Кретање терета код грађевинских дизалица је следеће:

- усправно кретање терета или дизањем или спуштањем када дизалица мирује;
- сложено кретање терета кад се дизалица креће уз дизање и спуштање и то окретањем гране дизалице око торња или торња око постоља;
- окретање целокупне дизалице на шини;
- окретањем опреме за прихват терета по грани дизалице;
- комбинација свих наведених кретања дизалице и делова дизалице.

Учинак грађевинске дизалице зависи од конструктивних својстава дизалице (снага мотора, брзине рада), затим од начина рада, квалитета, својства материјала (тврдоћа, влажност) и од радних услова (услови простора, самосталног рада дизалице или комбинација са другим машинама) [9].

Планирани сатни учинак U_p грађевинских дизалица:[9]

$$U_p = k_i \cdot U_t \text{ [t/h]} \quad (4.15)$$

$$k_i = k_o = k_{og} \cdot k_{rv} \quad (4.16)$$

$$U_t = n_c \cdot Q_c \text{ [t/h]} \quad (4.17)$$

$$n_c = \frac{T}{t_c} = 60/t_c \text{ [ciklusa/h]} \quad (4.18)$$

где је:

U_p – планирани "практични" учинак;

U_t – темељни технички "теоријски" сатни учинак;

n_c – број циклуса који дизалица направи у времену [h];

Q_c – количина могућег учинка/терета (количина учинка) по једном радном циклусу дизалице;

k_i – коефицијент исправке "теоријског" учинка;

k_p – посебни коефицијент корекције "теоријског" учинка

$k_p = 1,00$ (код транспортних средстава);

k_o – општи коефицијент корекције "теоријског" учинка;

Прорачун укупног времена трајања циклуса дизалице:[9]

$$t_c = t_p + t_{dt} + t_{ot} + t_{kt} + t_{st} + t_i + t_{dp} + t_{op} + t_{kp} + t_{sp} \text{ [min]} \quad (4.19)$$

где је:

t_p – време пуњења посуде са теретом или време хватања терета;

t_{dt} – време усправног дизања терета;

t_{ot} – време окретања терета (окретање гране или тоња дизалице са теретом или под оптерећењем);

t_{kt} – време водоравног кретања терета (кретање терета по грани);

t_{st} – време усправног спуштања терета;

t_i – време истовара или отпуштања терета;

t_{dp} – време повратног усправног дизања опреме за прихват терета, али без терета;

t_{op} – време повратног окретања (окретање гране или торња дизалице);

t_{kp} – време водоравног повратног кретања опреме за прихват терета, али без терета;

t_{sp} – време спуштања опреме за прихват терета, али без терета;

5. Закључак

Грађевинске дизалице су последњих четрдесетак година у све већој примени. Ове дизалице су због своје техничке конструкције и логистике рада кључна транспортна средства унутрашњег технолошког или градилишног транспорта у високоградњи, индустроградњи, као и свих осталих бетонских грађевина.

Постоји велики број конструкција ових дизалица, које у принципу поседују велике сличности. Примењују се на великим градилиштима објеката високоградње, могу послужити на претоварним железничким станицама, лукама и сл. Преовладавају углавном грађевинске дизалице са хоризонталном стрелом. Могу бити слободне, затим ослоњене на грађевину, као и унутар неке грађевине. Ове дизалице се првенствено користе за монтажу зграда.

Како би грађевинске дизалице несметано обављале своје задатке, преношење терета по висини и дужини, и биле сигурне за употребу, важно је правилно одржавање. Одржавање се темељи на прегледима у различитим временским интервалима, од дневног прегледа, па све до годишњег. Код одржавања дизалица важно је разликовати одржавање дизалице када је она ван употребе (стоји растављена или склопљена) и када је у употреби.

Упоредо са растом броја зграда, као и спратова повећава се и потреба за применим различитих модела грађевинских дизалица, па се зато налазе све модернија решења у њиховој употреби и примени. Са овим дизалицама поједностављен је и веома олакшан посао грађевинарима у све захтевнијим задацима.

Литература

- [1] С. Дедијер, Транспортни уређаји I, Београд, 1986.
- [2] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Дизалице, основе, Градина, Ниш, 1994.
- [3] К.И.Г.О д.о.о., <http://www.kigo.rs/proizvodi/gradjevinske-dizalice-potain/>, приступљено 15.06.2019.
- [4] Грађевинарство, портал грађевинске индустрије, <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/399/820/toranjske-dizalice> , приступљено 15.06.2019
- [5] Liebherr, <https://www.liebherr.com/en/deu/about-liebherr/history/1949-1960.html> приступљено 15.06.2019.
- [6] Д. Обрадовић, Одржавање торањских дизалица, ОТО 2018, Зборник радова, 2019. https://bib.irb.hr/datoteka/951524.Obradovic_OTO_2018.pdf, приступљено 25.06.2019.
- [7] Conecta, <https://www.conecta.ch/> , приступљено 25.06.2019.
- [8] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [9] Торањске дизалице, <https://www.grad.unizg.hr/download/repository/09-4-toranjskedizalice.pdf>, приступљено 10.07.2019
- [10] Fering, <http://www.fering.com.ba/katalozi/F42-13.pdf>, приступљено 15.07.2019.
- [11] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [12] Основи транспортних машина, Факултет инжењерских наука, предавања, доступно на <http://moodle.mfkg.rs/>