

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: 65/2016

Милош М. Милановић

Механичке грабилице за расуте терете
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

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

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене грабилица код машина са периодичним радом.
- Прикаже кратак осврт на њихов историјски развој.
- Изврши класификацију, наведе и опише механичке грабилице за механичке терете.
- За изабрани уређај прикаже принцип прорачуна 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] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [5] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине - Практикум, Ниш, 1998.

Крагујевац, 25. 03. 2020.

Ментор:

Др Ненад Милорадовић, ванр. проф.

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
1.1 Историјски развој дизалица.....	2
1.2 Врсте дизалица	3
2. УРЕЂАЈИ ЗА ЗАХВАТАЊЕ ТЕРЕТА	7
2.1 Кофе	7
2.2 Електромагнети	7
3. ГРАБИЛИЦЕ.....	9
3.1 Механичке грабилице са једним ужетом	10
3.2 Механичке грабилице са два ужета	13
3.3 Грабилице са даљинским управљањем	14
3.4 Моторне грабилице	15
3.4.1 Моторне грабилице са једним електромотором.....	16
3.4.2 Моторне грабилице са два независна електромотора.....	17
3.4.3 Моторне грабилице са два електромотора и уграђеним планетарним редуктором	18
3.5 Електро-хидрауличке грабилице	19
3.6 Хидрауличке грабилице.....	20
3.7. Специјалне грабилице.....	21
3.7.1 Полип грабилице	21
3.7.2 Трим грабилице	22
3.8 Безбедност и заштита при раду дизалица	22
4. ПРОРАЧУН ТРИМ ГРАБИЛИЦЕ.....	24
4.1 Полазни подаци	24
4.2 Погонски механизам	24
4.3 Динамички фактор	25
4.4 Димензије трим грабилице	26
4.5 Анализа сила грабилице	27
4.5.1 Одређивање сила у хидрауличном цилиндру	27
4.5.2 Силе у зглобу грабилице.....	29
5. ЗАКЉУЧАК.....	31
6. ЛИТЕРАТУРА.....	32

Резиме

Тема овог рада су механичке грабилице за расуте терете. У оквиру рада описана је основна улога дизаличних машина и наведен њихов кратак историјски развој. Истакнута је основна подела дизалица на основу режима рада и са аспекта реализације транспортних процеса. Описани су уређаји за захватање терета. Посебно је представљена улога, подела и област примене грабилица у раду са растреситим материјалом код машина са периодичним радом. На основу задатих полазних података, извршен је прорачун елемената трим грабилице на електрични погон.

Кључне речи: грабилица, дизалица, расути терети.

Abstract

Topic of this work is mechanical grapples for bulk cargo. First we will say what the crane are and what is their basic role and purpose is, then we will go through the development of the cranes through the history and basic division of cranes based on the mode of operation and from the aspect of the realization of logical processes. We will describe some of the basic devices for capturing bulk cargo, such a buckets, electromagnets and of course grapples, which are the most basic device in cranes that carry large amounts of loose materials. We will present the role of the grabber and the area of application of the grabber in machines with periodic work and the division of the grabber depending on the way of opening and closing the buckets.

Key words: grab, crane, bulk cargo.

1. УВОД

У свим индустријским гранама дизалице имају веома велику примену и као такве имају велики значај у развоју индустрије. Дизалице представљају транспортне уређаје прекидног транспорта у хоризонталној и вертикалној равни, оне су намењене за дизање и спуштање терета са или без његовог преношења. Дизалице припадају великој породици транспортних уређаја који по својој конструкцији, намени, извођењу, месту на коме се користе и техничким карактеристикама могу бити разноврсни. На основу тога врши се подела дизалица на разне начине, као што су подела према начину рада, према правцу дејства, положају, месту коришћења итд. Већина дизалица је подешена за рад са куком или грабилицом, међутим постоје и друга захватна средства као што су кофе, електромагнети итд. [1].

Грабилица је специфичан облик захватног уређаја за дизалична средства намењена за руковање расутим материјалом. Примена грабилица могућа је код разних конструктивних облика дизалица за скоро све познате врсте расутих материјала [2]. Данас се не може замислити савремена производња у било којој индустријској области без примене дизалица.

1.1 Историја

Сматра се да је први кран направљен 3000 година п.н.е. Прве грађевинске дизалице су измислили стари Грци, оне су биле покретане људском снагом, а касније и животињама.

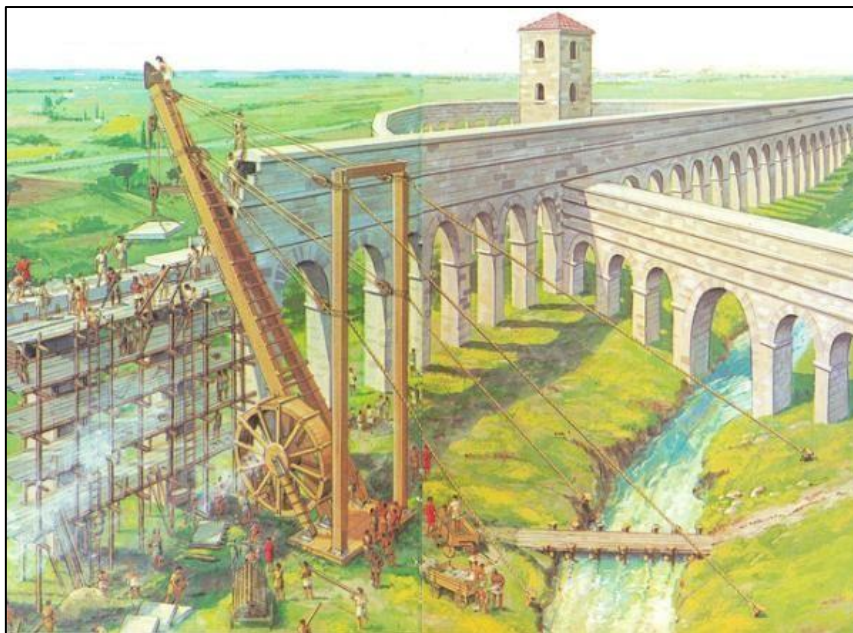
Кранови су коришћени у средњовековној архитектури од 11. па све до 12. века, а сачувани су цртежи кранова тек од 13. века. Употреба кранова имала је значајно место у изградњи великих европских катедрала. У овом периоду дошло је до развоја специјализованих кранова или кранова који су били постављени на деловима грађевина који су већ биле завршене. Један од првих средњовековних цртежа који показује кран потиче из 1240. године. Очигледно је да је златно доба кранова било за време Римског царства. У то време се повећала изградња грађевина, нарочито високих грађевина.

Триспастос је била најједноставнија римска дизалица која се састојала од једнокраке стреле, витла, ужета и блока који је садржао три ременице. Коришћењем Триспастоса један човек је могао да подигне 150 килограма[1].



Слика 1: Триспастос[1]

Затим су Римљани такорећи унапредили ову врсту дизалице додајући јој 2 или више ременица (у зависности од терета који диже) и тако је настала дизалица Полиспастос.



Слика 2: Римски Полиспастос[2]

У средњем веку карактеристичне су лучке дизалице за увођење бродова и помоћ у њиховој изградњи. Неке су уграђене у камене куле ради додатне снаге и стабилности.

До краја 19. века у погон дизалица почињу да се убацују први модели мотора са унутрашњим сагоревањем као и електрични 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. Модерне дизалице обично користе моторе са унутрашњим сагоревањем или електромоторе и хидрауличне системе и имају много већу способност дизања од претходних дизалица које је покретао човек.

Дизалице данас постоје у многобројним облицима где су прилагођене за специфичну употребу. Понекад величине варирају, у распону од најмањих конзолних дизалица које се користе у радионицама, до највиших торањских дизалица које се користе за градњу високих зграда [1].

1.2 Врсте дизалица

Дизалице се могу разврстати у више категорија по различитим критеријумима који се јављају у раду са њима. На основу режима рада дизалица разликују се четири погонске класе:

- Лака (дизалице са релативно кратким радним временом и релативно малим оптерећењем).
- Средња (дизалице за општу употребу у радионицама и складиштима).
- Тешка (дизалице које раде са честим релативним оптерећењем и честим укључивањем механизма у рад).
- Врло тешка (дизалице са врло тешким погоном, са релативно великим оптерећењем, јаким ударима и дизалице које раде на високим температурама) [5].

Према конструктивном облику дизалице се могу квалификовати у више група: мосне, рамне, конзолне, грађевинске (торањске), порталне, полупорталне, ауто дизалице, ручне дизалице ...



Слика 3: Грађевинска(торањска) дизалица [3]



Слика 4: Рамна дизалица [3]

Са аспекта реализације логичких процеса најзначајније су следеће три групе конструкција:

- Рамне
- Мосне
- Лучке-порталне

Рамне дизалице – овај тип дизалица су првенствено намењене за реализацију различитих претоварних задатака са комадном и расутом робом на отвореном простору. Са развојем контејнерског транспорта рамна дизалица је нашла широку примену и у контејнерским терминалима. Рамне и мосне дизалице су веома сличне а главна разлика међу овим дизалицама је у томе што је шинска стаза за кретање спуштена у ниво оперативне површине, а конструкција која носи главне носаче дизалице на шинску стазу ослања се преко четири ноге. Распон рамних дизалица се креће од 12 до 50 метара.

Постоје два облика рамних дизалица:

- Са обртно-покретном надградњом на којој се налази стрела
- Са конвенционалним колицима сличним као код мосне дизалице

Посебну класу рамних дизалица чине постројења за истовар расуте робе из великих бродова [4].

Мосне дизалице имају облик моста, по чему су и добиле име. Најбројније су индустријске дизалице, које служе углавном за транспорт расутог материјала и предмета унутар индустријских погона, за премештање материјала и предмета у складиштима, за утовар и истовар железничких вагона и камиона итд.

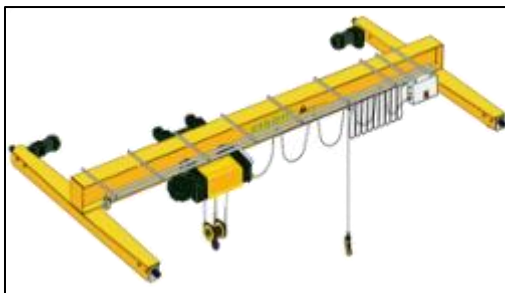
Мосне дизалице се састоје из једног или два главна и два чеона носача. Главни носачи могу бити лимене или решеткасте конструкције. Лимени носачи су најчешће сандучасти (обично формиран заваривањем) или ваљани профили. Мосне дизалице садрже једно или два покретна електрична витла, која могу да имају главно и помоћно дизање, нормално и фино дизање. Кретање витла (колица) може бити по горњем или по доњем појасу главног носача [4].

Могу да раде са куком, електромагнетом, грабилицом...

Мосне дизалице са граблицама - служе за утовар и транспорт различитог расутог материјала као што су песак, камен, угаљ, муљ, жито, итд. Главни уређај за претовар терета је наравно граблица. Мосне дизалице са граблицама могу се користити у затвореним, полу отвореним и отвореним просторима, најчешће се примењују у постројењима за прераду метала, млиновима, електранама на биомасу и угаљ. Због могућности аутоматизације процеса транспорта употреба ових дизалица посебно је занимљива у постројењима у којима је потребно осигурати стално снабдевање неких сировина (нпр: угаљ) за рад. Коришћењем аутоматизованог система мосне дизалице са граблицама није потребно користити утовариваче [5].



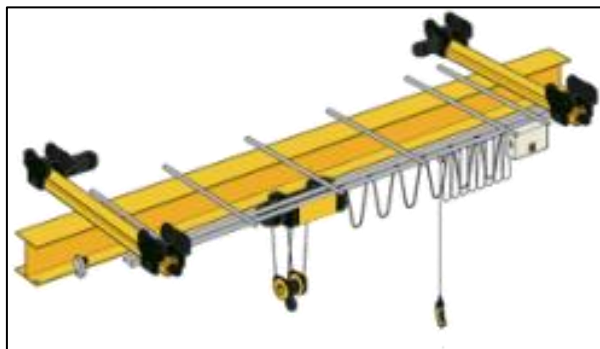
Слика 5: Мосна дизалица са грабилицом [5]



Слика 6: Једногредна мосна дизалица [6]



Слика 7: Двогредна мосна дизалица [6]



Слика 8: Висеће мосне дизалице [6]

Порталне-лучке дизалице – ове дизалице су један од најстаријих конструктивних облика дизаличних постројења. Порталне дизалице се састоје од просторног крутог рама (портала) и обртне надградње са покретном стрелом. Портал се изводи са три или четири ноге. Код лакших дизалица статички одређених, портал је углавном са три ноге, док се код малих распона портала и велике носивости портали граде на четири ноге. Овај облик дизалице је веома погодан за претовар комадне и расуте робе у речним и поморским лукама [7]. Главни делови ове дизалице су: стрела, стуб, кабина са механизмима, портал, покретни контратег, непокретни контратег и управљачка кабина [3].



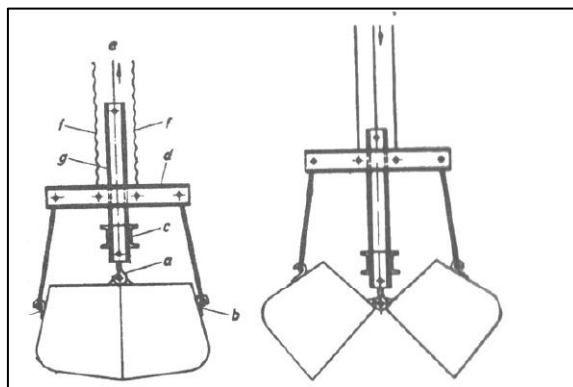
Слика 9: Портална дизалица [8]

2. УРЕЂАЈИ ЗА ЗАХВАТАЊЕ РАСУТОГ ТЕРЕТА

Како би се успешно обавио транспорт терета преко дизалица, потребно је поседовати потребне уређаје за захватање и пренос терета. Уређаји за захватање и дизање терета су елементи дизалица и утичу на производност дизалице. У пракси се најчешће срећу следеће врсте уређаја за захватање расутог терета: кофе, електромагнети, грабилце...[3]

2.1 Кофе

Ова захватна средства је примењују за пренос расутих терета. Постоје различити типови конструкција, тако да постоје кофе које висе на куки и које се само истоварују, затворене, отворене, кофе за чији рад је потребна машина са два добоша (слика 10), итд.



Слика 10: Пример рада кофе [7]

Сама кофа се састоји из два једнака дела, који су везани једним заједничким зглобом. Ако кофа висе на заједничком зглобу *a*, онда је она затворена. Обрнуто, ако су делови кофе ослоњени на испустима *b*, тада се кофа отвара и испушта терет који се налазио у њој. Носеће уже *e* је преко дела *c* везано са зглобом *a*, док су испусти *b* полугама повезани са траверзом *d* која је обешена о ужад за отварање *f* [7].

Кофе се не пуне саме материјалом. За њихову примену потребан је уређај за засипање кофа материјалом. Носивост кофа може бити и до 10 m³ [7].

2.2 Електромагнети

Ови уређаји за захватање терета у себи садрже магнете које који провлаче све металне елементе и материјале са феромагнетним особинама (нпр: лимови, ваљани профили, опилјке, гвоздене шипке, итд.). Ови уређаји функционишу тако што се помоћу специјалног кабла доводи електрична енергија електромагнету [9].

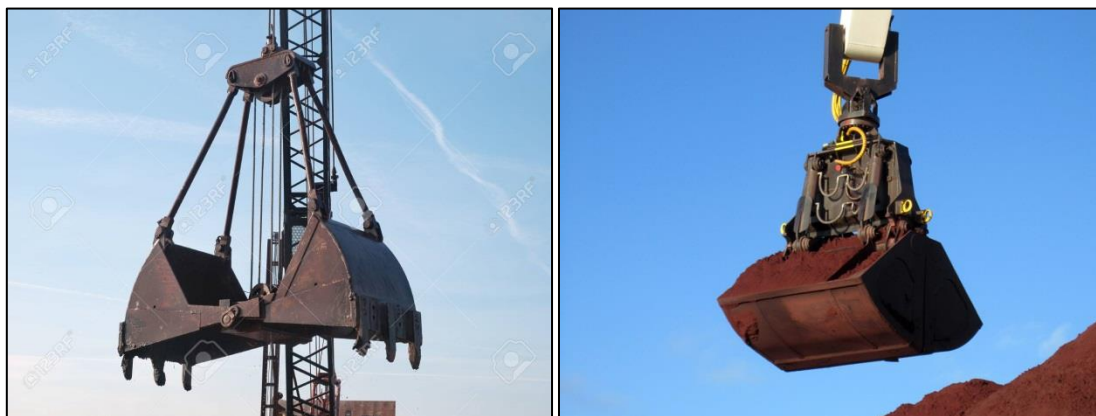


Слика 11 : Приказ електромагнета у току рада[10]

Електромагнети функционишу тако што се материјал који је потребно пренети захваљујући магнетним пољима веома лако везује за електромагнет, затим се материјал отпушта са уређаја за дизање. Лако прикупљање материјала представља главну предност електромагнета. Велики недостатак електромагнета је његова тежина односно сама тежина магнета што смањује корисну носивност дизалице [3]. Приликом нестанка струје терет слободно пада и то може изазвати проблеме и повреде радника који су у близини, овај проблем се решава тако што се унутар електромагнета постављају батерије које морају имати довољно капацитета да терет не падне са електромагнета [7].

3. ГРАБИЛИЦЕ

Грабилице представљају најосновнији помоћни уређај код дизалица које преносе велике количине растреситих материјала [3]. Грабилица се састоји од две транспортне чељусти које се сопственом тежином заривају у материјал терета, обухватају га и преносе га на одређено место за истовар. Ефективно пуњење грабилице зависи од особине материјала у који се зарива (величине зрна, запреминске-насипне густине материјала) и карактеристике саме грабилице (тежина и облик).



Слика 12: Грабилица [11]



Слика 13: Могућа решења захватних уређаја грабилица

Грабилице представљају најбољи уређај за захватање терета зато што транспортују материјал без накнадног додатног рада, било ручног или машинског [7].

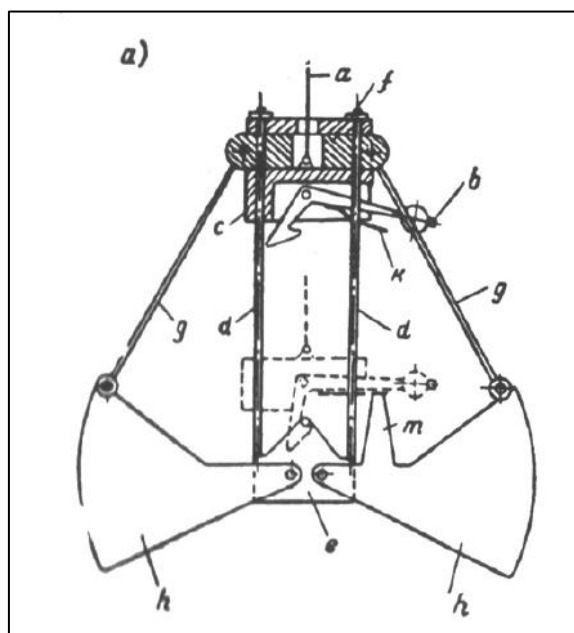
У зависности од намене, врсте терета које транспортују, начина погона постоје различити типови грабилица и њихових захватних уређаја. Нека од решења су приказана на слици 13.

Према врсти погона и начину отварања чељусту грабилице, постоје:

1. Механичке грабилице: -са једним ужетом
-са два или четири ужета
-са ручним истоварањем
2. Грабилице са даљинским управљањем
3. Моторне грабилице
4. Електро-хидрауличне грабилице
5. Хидрауличне грабилице
6. Специјалне грабилице

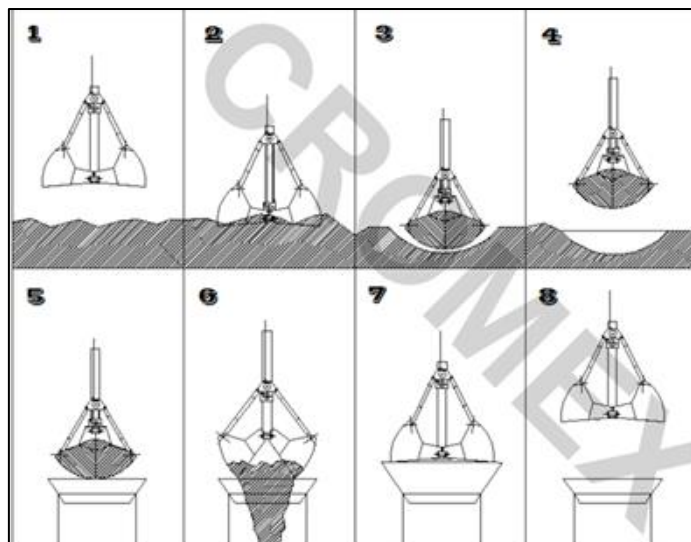
3.1 Механичке грабилице са једним ужетом

Грабилице са једним ужетом, које се називају и спуштајуће, пројектоване су нарочито за кранове (као што су бродски кранови) са једним ужетом. Механизам на грабилици блокира/деблокира грабилицу сваки пут када додирне тло како би се отворила или затворила. Овај систем се бира уколико је доступно само једно уже [12].



Слика 14: Шематски приказ грабилице са једним ужетом [3]

На слици 14 приказана је шематски празна грабилица са једним ужетом у положају када се креће према материјалу. Уже *a* је причвршћено за носач *c* који се може кретати по вођицама *d*, чврсто везаним са доњом главом *e*, по истим тим вођицама се може кретати и горња глава *f* која је везана са полугама *g* за чељустима грабилице *h*. На носачу *c* зглобно је везана полуга *b* са тегом и опругама *k* [7].



Слика 15: Принцип рада грабилице са једним ужетом [12]

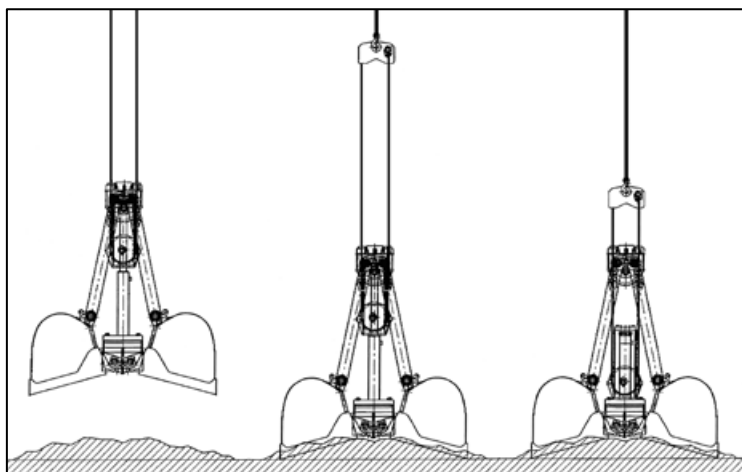
Помоћу слике 15 може се објаснити принцип рада грабилице са једним ужетом. У првом кораку грабилица се спушта у отвореном положају, пошто се грабилица спусти на материјал, уже се отпушта са крана док не буде сасвим опуштено (2). Механизам је сада закључан. Потом се грабилица подиже и затвара (корпе или шкољка), пунећи се материјалом (3). Напуњена грабилица се помера на одредиште (4), када грабилица стигне на одредиште, на место истовара, грабилица се поново спушта и лежи све док се уже крана поново не опусти (5). Механизам је сада откључан.

При подизању, материјал ће бити истоварен како се грабилица отвара (6). Сада је грабилица празна (7) и премешта се на место утовара (8). Овај процес се периодично понавља [12].

Принцип рада грабилице са једним ужетом

Спуштање отворене грабилице

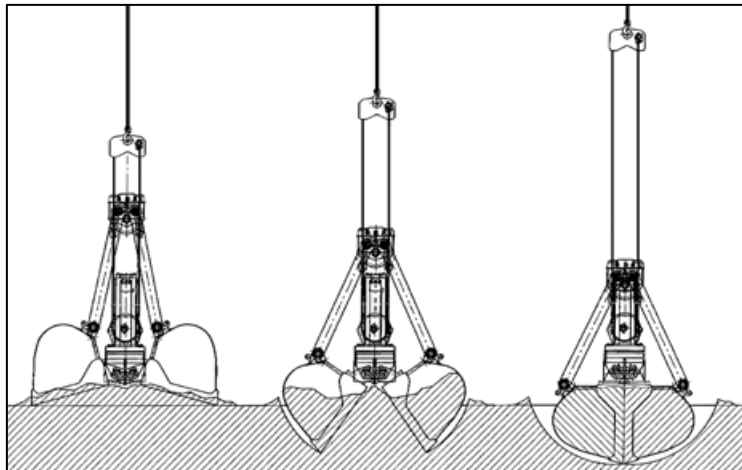
Након спуштања грабилице на расути терет, уже је делимично олабављено а када котур досегне најнижи положај блок се спаја са доњом главом (слика 16).



Слика 16: Спуштање отворене грабилице

Затварање грабилице

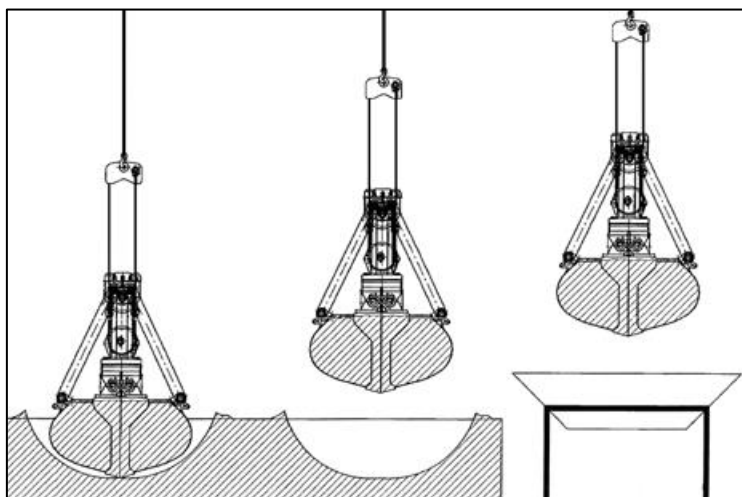
Повлачењем носећег ужета дизалице оба блока са котуровима се повлаче. Чељусти грабилице се крећу према доле, па се зато укопавају у расути материјал и грабилица се затвара (слика 17).



Слика 17: Затварање грабилице

Подизање и померање грабилице

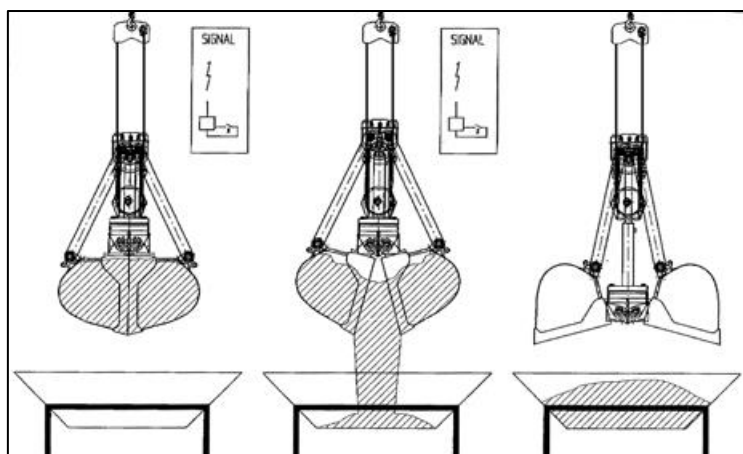
Када је грабилица у затвореном положају, може се преместити на одговарајуће место за истовар (гомила расутог терета, уређен простор, складишни простор са левком), (слика 18).



Слика 18: Подизање и померање грабилице

Отварање грабилице

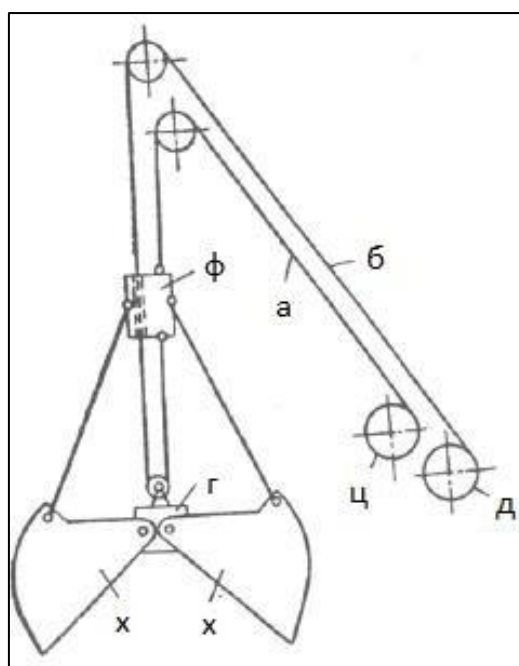
Када је грабилица изнад истоварног места и материјал је спреман за истовар, руковалац отвара грабилицу помоћу даљинског управљача. Активира се хидраулични вентил унутар грабилице, а чељусти се затим померају у отворен положај да ослободе материјал (слика 19).



Слика 19: Отварање грабилице

3.2 Механичке грабилице са два ужета

Код ове врсте грабилица затварање чељусти грабилице и делимично дизање пуне грабилице се обавља једним ужетом (или групом ужади) док друго уже (или група ужади) поред делимичног дизања пуне грабилице, држе грабилицу на одређеном месту за време отварања чељусти. Из поменутих разлога машина за погон грабилице мора имати два добоша који могу радити независно и заједно један са другим [7].

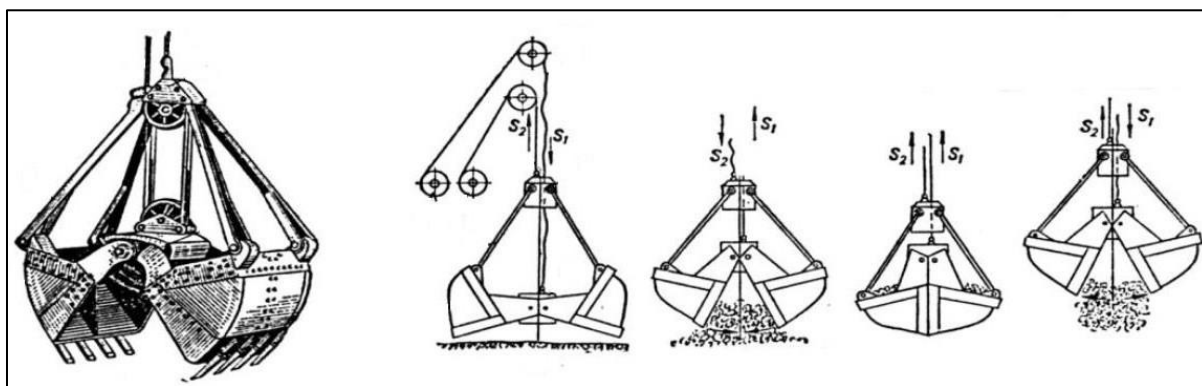


Слика 20: Двоужетна грабилица [13]

На слици 20 дата је шема двоужетне грабилице. Делови на грабилици су следећи: а-уже за дизање и држање; б-уже за затварање и дизање; ц-добош за дизање и држање; д-добош за отварање и дизање; ф-горња глава; г-доња глава; х-чељусти грабилице [3].

Принцип рада грабилице са два ужета:

1. Отварање грабилице-уже „а“ је непокретно, док уже „б“ удаљава доњу главу „г“ од горње главе „ф“.
2. Следи захватање и затварање-у овој ситуацији уже „а“ је непокретно а уже „б“ се покреће и приближава главу „г“ у односу на главу „ф“.
3. Дизање или спуштање пуне грабилице-и уже „а“ и уже „б“ се крећу навише или наниже [3].



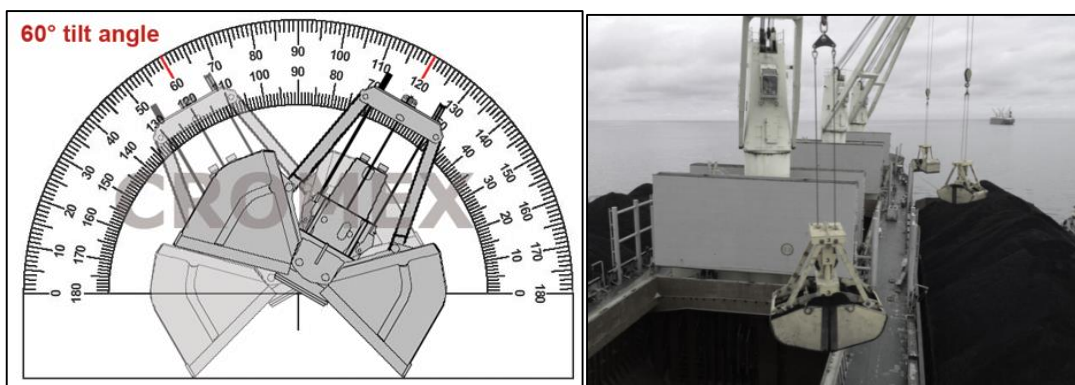
Слика 21: Принципи рада двоужетне грабилице [14]

За експлоатацију растреситог материјала најраспрострањенија је грабалица са два пара ужади и две чељусти [14]. Предност грабилица са два ужета или грабилица са четири ужета над крановима са две линије (једна носећа, друга за отварање) или крановима са четири линије (две носеће, две за затварање) јесу:

- 1) Механизам се једноставно контролише, а брзина му зависи од брзине крана.
- 2) Практично је искључена могућност случајног активирања механизма.
- 3) Могућност отварања и затварања грабилице док кран ради пуном брзином, без заустављања.
- 4) Оптимални баланс између укупне тежине пуне грабилице и капацитета крана пружа максималну ефикасност уз ниске трошкове одржавања [12].

3.3 Грабилице на даљинско управљање

Данас су грабилице на даљинско радио управљање најпожељнији додатак крановима за општи терет. Грабилице на даљинско управљање са једним ужетом постале су омиљени тип нарочито за ефикасну манипулацију материјалом у поморском сектору, у раду са бродским крановима, обалским крановима, итд. Грабалица на даљинско управљање као сто јој и само име каже покреће се помоћу даљинског управљача, а брзина истовара се може контролисати у току рада. С обзиром на то се роба може истоварити на контролисан начин и умањити емисија прашине, што је јако битно за животну околину. Како би се руковало овом грабалицом нису потребни додатни извори енергије или додатно особље, пошто су ове грабилице опремљене батеријама са високим напонем и брзим пуњењем, осигурано је да се могу континуирано користити [12].



Слика 22: Радио даљинска дизалица [12]

Грабилице на даљинско управљање затварају се и у ваздуху и на самом материјалу уз помоћ сопствене тежине. Могу да раде под углом од 60° [12].

3.4 Моторне грабилице

Код ових типова грабилица отварање и затварање чељусту обично се обавља преко електромотора који је постављен на рам грабилице [14]. Погон грабилице је преко електромотора који је уграђен у горњу главу грабилице, а пренос силе на чељусту изводи се механичким, хидрауличним и пнеуматским путем. Предност моторних грабилица је лако отварање и затварање жељеном брзином на било којој висини, обезбеђује знатно већи капацитет од грабилица са једним ужетом и могу се користити без посебних ограничења за све врсте материјала. Главни недостатак ових дизалица је велика тежина (иду и до 19 t, а неки просек је око 5 тона).

Према врсти погона моторне грабилице се деле на:

- Моторне грабилице са једним електромотором
- Моторне грабилице са два независна електромотора
- Моторне грабилице са два електромотора и уграђеним планетарним редуктором

Грабилица може бити постављен на одговарајућу мобилну платформу, као на слици 23а), или ради са дизалицама које имају стрелу (слика 23б))



а)

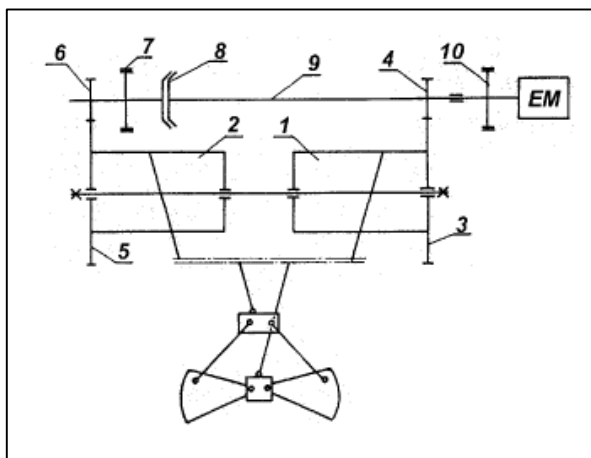


б)

Слика 23: Грабилице на мобилним машинама

3.4.1 Моторне грабилице са једним електромотором

На слици 24 је приказана шема моторне грабилице са једним електромотором.



Слика 24: Шема грабилице са једним електромотором [3]

Главни делови моторне грабилице са једним електромотором су: 1-Добош за затварање, 2-Добош за држање, 3 и 4-зупчasti пар, 5 и 6-зупчasti пар, 7 и 10-електромагнетне кочнице, 8-фрикциона спојница, 9-вратило, ЕМ-електромотор [3].

Добош за затварање „1“ је преко зупчастог пара „3“ и „4“ везан за погонско вратило „9“, које је везано за електромотор. За вратило „9“ је такође везан и добош за дизање „2“ преко зупчаника „5“ и „6“ и фрикционе спојнице „8“ [7].

Принцип рада моторне грабилице са једним електромотором:

1. Спуштање пуне грабилице

- фрикциона спојница „8“ је уопчана,
- кочнице „7“ и „10“ су откочене,
- оба добоша се обрћу и одмотавају уже (грабилица је затворена)

2. Отварање чељусти грабилице

- фрикциона спојница „8“ је размакнута,
- кочница „7“ је уочена, грабилица виси на закоченом добошу,
- кочница „10“ је откочена. Добош за затварање се обрће одмотавајући уже и грабилица се отвара.

3. Затварање чељусти грабилица и захватање терета

- фрикциона спојница „8“ је размакнута,
- кочница „10“ је откочена,
- кочница „7“ је закочена,
- добош за затварање „1“ се обрће у смеру дизања и намотава уже за затварање и чељусти грабилице захватају терет.

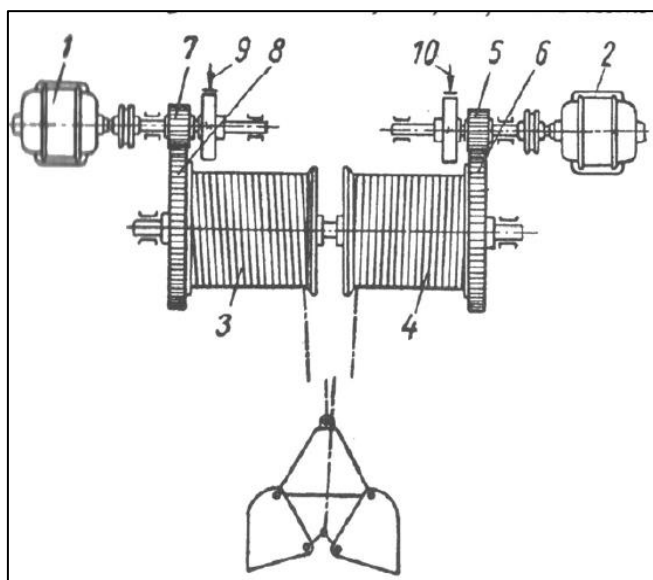
4. Дизање пуне грабилице

- После пуног затварања чељусти укључује се фрикциона спојница „8“ а кочница „7“ се откочује,
- Добоши „1“ и „2“ се обрћу у смеру дизања, ужади се намотавају и грабилица се диже.

Главни недостаци ових дизалица су компликовано командовање фрикционом спојницом и кочницама, могућност да се уже за затварање преоптерети или да се недовољно затворе чељусти грабилице што зависи од тога да ли се спојница нешто раније или нешто касније укључила.

3.4.2 Моторне грабилице са два независна електромотора

Најпростија и најсигурнија конструкција механизма за дизање грабилице је са два независна погона за сваки добош. Овакве конструкције обезбеђују приближно равномерно оптерећење на оба ужа. На слици 25 приказана је шема конструкције механизма са два независна електромотора [7].



Слика 25: Моторна грабилица са два електромотора[7]

Главни делови механизма са два независна електромотора су:

- 1 и 2- електромотори
- 3- добош за држање
- 4- добош за затварање
- 5 и 6- зупчасти пар
- 7 и 8-зупчасти пар
- 9 и 10- кочнице

При захватању материјала ради само добош за затварање 4 преко зупчаника 5 и 6, кочница 9 је закочена а кочница 10 је откочена. Електромотор 2 прима кратковремено оптерећење које је једнако приближно целокупној тежини захваћеног материјала и тежини грабилице, када се чељусти приближе једна другој.

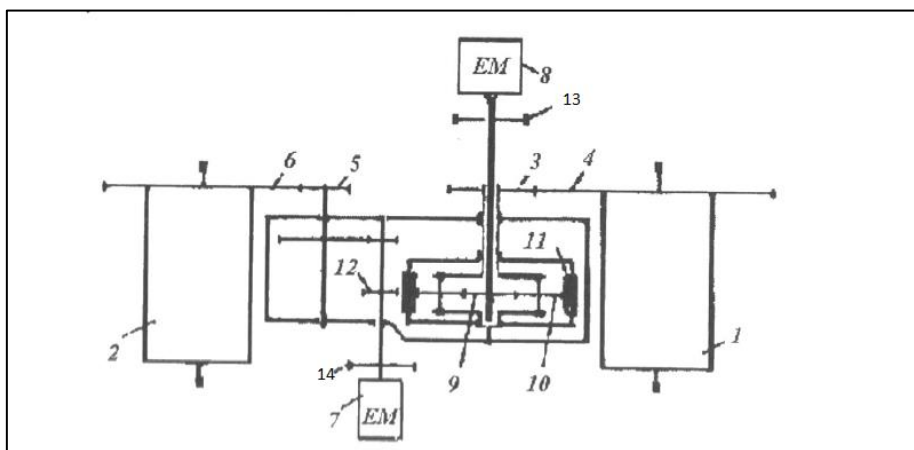


Слика 26: Пример рада моторне грабилице

Када се грабилица затвори у том тренутку се укључује електромотор 1 за држање, везан уз добош 3 и кочница 9 је откочена. Пуно оптерећење се сада распоређује на оба електромотора. Ако је електромотор 1 укључен са закашњењем, онда ће он имати већи број обртаја него електромотор 2, зато што је мање оптерећен него електромотор 2. Онда ће и оптерећење ужета за држање грабилице порасти до те мере да се изједначи са оптерећењем ужета за затварање [7].

3.4.3 Моторне грабилице са два електромотора и уграђеним планетарним редуктором

На слици 27 приказана је шема механизма грабилице са два независна електромотора и уграђеним планетарним редуктором [13].



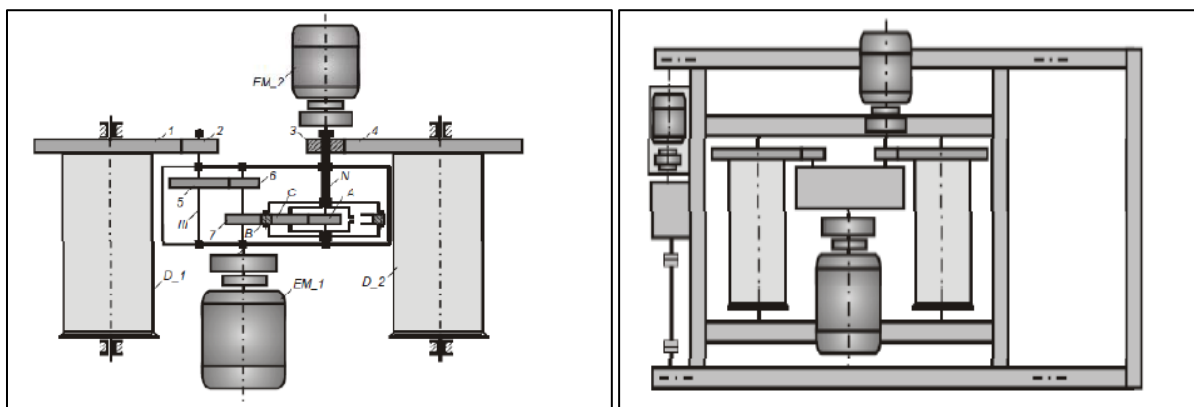
Слика 27 : Грабилица са два електромотора и планетарним редуктором [13]

Главни делови овог механизма су: два електромотора (7 и 8), добош за затварање (1), добош за држање (2), зупчасти пар везан за добош за затварање (3 и 4), зупчасти пар везан за добош за држање (5 и 6), зупчаник „сунце“ (9), зупчаници „тркачи“ (10), зупчаник (12). Зупчасти венац (11) и кочнице (13 и 14).

Приликом захватања материјала електромотор 7 не ради, а кочница 14 је закована. Зупчасти венац 11 је непокретан и уже за држање је затегнуто. Електромотор 8 ради и обрће се у смеру дизања, тада је кочница 13 откочена и самим тим зупчаник 9 се обрће. Зупчасти “тркачи” 10, “трче” око зупчаника 9 и окрећу зупчаник 3 и 4 и тада се добош за затварање 1 обрће [3].

Када је грабилица захватила материјал електромотор 8 престаје са радом и кочница 13 је закована. Тада зупчаник 9 мирује, откочена је кочница 14 и електромотор 7 почиње са радом. Електромотор 7 се обрће у смеру дизања грабилице (уже се намотава), самим тим зупчаник 12 обрће зупчасти венац 11. Зупчасти “тркачи” 10, оптрчавају око непокретног зупчаника “сунца” 9 и покрећу зупчанике 3 и 4 и добош за затварање 1. Зупчаник 12 такође покреће и зупчанике 5 и 6, који обрћу добош за држање 2. Истовремено се обрћу оба добоша и пуна грабилица се диже [3].

Сада следи отварање пуне грабилице, тада електромотор 7 не ради и кочница 14 је закована док се електромотор 8 окреће у смеру одмотавања ужета. Добош за држање држи терет, главне грабилице се одмичу и она се отвара [13]. Приликом спуштања пуне грабилице електромотор 8 је укључен, кочница 14 је откочена и све ради као код принципа дизања пуне грабилице. Оба добоша раде у смеру одмотавања ужета [13].



Слика 28: Шема рама дизаличних колица са механизмом за дизање терета [3]

3.5 Електро-хидрауличне грабилице

Електро-хидрауличне моторне грабилице посебно су пројектоване за рад са расутим материјалом на крановима с једним ужетом, и захтевају довод енергије са крана. Радни учинак електро-хидрауличних грабилица се, зависно од доступне електричне енергије, остварује помоћу хидрауличких пумпи на грабилици [12].

Оптималан захтевани степен испуњености у погледу различитих материјала којима се рукује постиже се великом силом приликом затварања.

За сврхе измуљавана и копања, грабилице се израђују са високо отпорним деловима и посебним дизајном.

Контролним системом грабилице најчешће се управља из кабине оператера крана, са којим је обично интегрисан, али постоји и опција са даљинским управљањем.

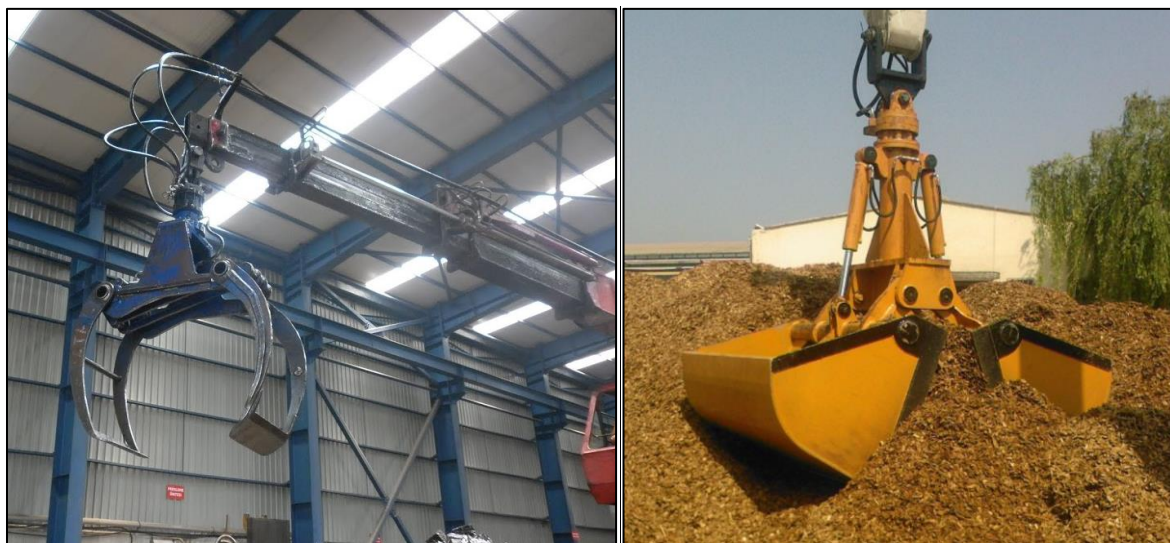


Слика 29: Електро-хидрауличка грабилица [20]

3.6 Хидрауличке грабилице

Хидрауличке грабилице су пројектоване за утовар и истовар расутог терета на крановима с хидрауличким системом. Постоје са отвореном или затвореном шкољком/зупцима, зависно од типа материјала којим се рукује. Произведени су од челика изузетно отпорног на хабање, са отпорним и заптивеним лежајевима. хидрауличне грабилице се израђују са хидрауличним ротором од 360 °.

Хидрауличне грабилице могу бити повезане и на хидрауличне машине, ровокопаче или друге специјално израђене машине.



Слика 30: Хидрауличне грабилице [20]

3.7 Специјалне грабилице

Специјалне грабилице карактерише посебна врста чељусти. Сам одабир врсте чељусти зависи од материјала који преноси овом граблицом [7]. Један од типова специјалних граблице су грабилице са више чељусти или полип грабилице.

3.7.1 Полип грабилице

Полип грабилице или грабилице са више чељусти су специјална захватна средства за транспорт тешких, сабијених материјала који у својој структури имају комаде неправилног облика (камење, дрво, грађевински шут, старо гвожђе, отпад итд.).



Слика 31: Полип грабаница [15]

Ове грабилице имају карактеристичну конструкцију чељусти чији облик омогућава лако продирање у материјал и веома добро захватање.

Што се тиче броја чељусти-пипака иде од 4 до 8. Врхови чељусти шпицастог облика и при руковању тешким материјалима конструкција предвиђа laku замену врха чељусти. Свака од пипака-чељусти има свој хидроцилиндар, чиме се остварује иста сила стезања-затезање терета. Капацитет ове грабанице се креће од 10m^3 [16].

3.7.2 ТРИМ грабилице

Првенствено овај тип грабилице је био намењен за завршно грабљење и чишћење затворених бродских простора [5]. Користе се у циљу сто бољег сакупљања остатака материјала при истовару бродова, вагона. Због подесног облика постижу одличне резултате при претовару јер имају дубок захват а облик онемогућује блокирање грабилице. Поред велике ширине грабљења посебна специфичност код ових грабилица је хоризонтално кретање чељусти при затварању. Ова особина поред обезбеђења, смањује и могућност оштећења возила и елеминише потребу за корекцијом висине дизања што олакшава рад. Ове грабилице се углавном користе само на крају процеса истовара са циљем да се што боље покупи материјал из возила које се истовара.



Слика 32: Трим грабилица [16]

3.8 Безбедност и заштита при раду дизалица

Мере заштите при раду и спречавање и отклањање опасности по живот и здравље запослених на раду са дизалицама прописује Правилник о општим мерама и нормативима заштите при раду са дизалицама. Одредбе овог правилника односе се на фирме које пројектују, производе, постављају, користе и одржавају дизалице.

Одредбе овог правилника примењују се на све врсте дизалица као и на сва помоћна носећа средства дизалица (куке, грабилице, корпе, траверзе и остало што служи за ношење, везивање и вучу терета).

Свака дизалица мора имати металну (фабричку) таблицу која садржи следеће податке:

- 1) фабрички знак (амблем);
- 2) назив произвођача;
- 3) врста дизалице са ознаком типа (само ако се ради о серијској производњи);
- 4) максимална носивост дизалице;
- 5) година израде;
- 6) фабрички број (редни број односно регистарски број)

Ова таблица причвршћује се на видном месту дизалице

Грабилице морају бити конструисане тако да је искључена могућност затрпавања ужета материјалом који грабилица преноси. Ужнице грабилице морају бити обезбеђена против спадања ужета са жлебовима за време рада грабилице.

Запремина и тежина грабилице морају бити означене на видном и погодном месту грабилице.

При замени куке на дизалици грабилицом ради преношења расутог терета (руде, камена, песка, угља и др.), мора се водити рачуна да збир тежине терета и тежине грабилице не прелази дозвољену носивост дизалице.

Мере и нормативи заштите на дизалицама односе се на:

1. Носећу металну конструкцију
2. Делови и опрема дизалица за прихват и ношење терета (челична ужад, ланци)
3. Бубањ витла за намотавање ужади или ланаца, катури (ужнице) и ланчаници на дизалици
4. Чекрк и витло
5. Котурача
6. Уређаји за кочење
7. Ослонци, браници и одбојници
8. Противтегови и баласт
9. Уређаји за управљање
10. Кабина за управљање дизалицом
11. Степеништа, прилази и пролази и радне платформе
12. Габарити дизалица, кранске стазе, колосеци и шине
13. Електроуређаји на дизалицама

4. ПРОРАЧУН ТРИМ ГРАБИЛИЦЕ

Трим грабилица има електрични погон а отварање чељусти врши се преко хидрауличних цилиндара. Трим грабилица представља побољшану варијанту грабилице са две чељусти, са екстремно великим углом отварања (до 180°).

У оквиру овог поглавља биће наведен принцип прорачуна овог типа грабилице и извршен прорачун сила које се јављају у процесу њеног рада. Грабилица је постављен на двогредну носну дизалицу.

4.1 Полазни подаци

Полазни подаци, према којима ће бити извршено димензионисање грабилице, наведени су у табели 1.

На основу полазних података, и према препорукама стандарда [17, 18] извршен је прорачун сила у цилиндру грабилице. Прорачун је спроведен, према каталошким подацима наведеним у [5] и у складу је са методологијом наведеном у [3, 13, 14].

Табела 1. Полазни подаци

Радни параметри			Задати пројектни параметри
Носивост	Q_t	t	8
Распон моста	L	m	25
Висина дизања терета	H	m	15
Брзина дизања терета	v_1	m/min	25
Брзина вожње витла	v_2	m/min	30
Безина вожње моста	v_3	m/min	55
Густина расутог терета	ρ	kg/m ³	1650

4.2 Погонски механизам

Да би се постигла задовољавајућа ефективност при раду, грабилица својим обликом и масом мора да буде усаглашена са физичким својствима материјала за који је намењена. Из поменутих разлога грабилице у одговарајуће класе и погонске групе.

Погонске групе за мосну дизалицу са грабилицом се дефинише на основу стандарда (табела 2) и одређена је на следећи начин:

- HC4 – при дизању терета
- C7 – према SRPS EN13001-1 [17,18]
- B6 – према DIN 15018
- 5m – према FEM прописима
- M8 – према ISO

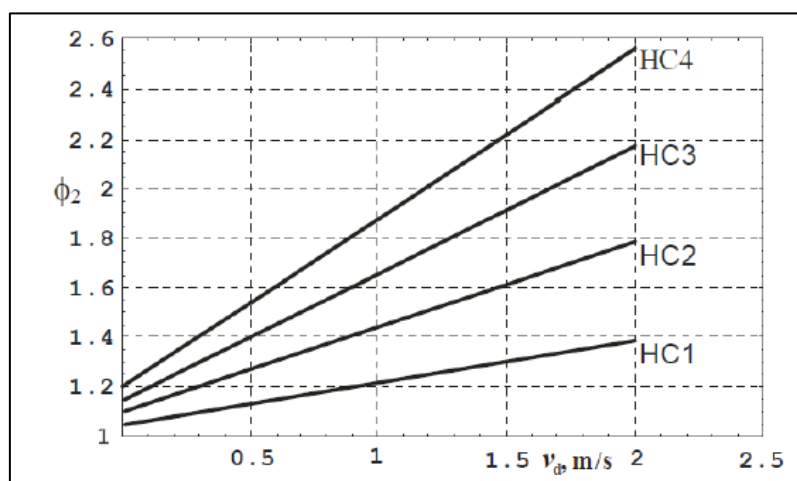
Табела 2. Погонске групе [5, 14]

Временска група		T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T _L , h: укупно		200	400	800	1600	3200	6300	12500	25000	50000
T _L , h/дан		≤0,125	≤0,25	≤0,5	≤1	≤2	≤4	≤8	≤16	>16
Погонске групе	FEM/DIN	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	-	-
	ISO	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	-	-

4.3 Динамички фактор

Додатна оптерећења конструкције услед подизања терета у прорачуну узимају се у обзир увођењем динамичког фактора ϕ_2 . Утицај динамичког оптерећења при дизању зависи од начина пуштања у рад мотора за дизање, општих услови рада и о врсти грабилице, а узима се у обзир тако што се дати терет помножи са динамичким фактором.

Динамички фактор може се израчунати према изразу (1) или се очитати из дијаграма који је на слици 33.



Слика 33: Динамички фактор према EN 13001-2 [17, 18]

Динамички фактор ϕ_2 израчунат према изразу (1).

$$\begin{aligned}\phi_2 &= 1 + 0,05 \cdot i_{HC} + 0,17 \cdot i_{HC} \cdot v_d \\ \phi_2 &= 1 + 0,05 \cdot 4 + 0,17 \cdot 4 \cdot 0,417 \\ \phi_2 &= 1,484\end{aligned}\tag{1}$$

где је:

$i_{HC} = 4$ – одабрана подизна група

$v_d = 0,417$ m/s – брзина дизања терета

4.4 Димензије трим грабилице

На основу познате носивости дизалице и карактеристика материјала који се транспортује може се одредити запремина грабилице:

$$m_n = m_{gr} + m_m = m' V + \rho V = (m' + \rho)V \quad (2)$$

из којег следи запремина грабилице:

$$\begin{aligned} V &= \frac{m_n}{m' + \rho} \\ V &= \frac{8}{1,5 + 1,65} \\ V &= 2,54 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (3)$$

где су :

$m_n = 8\text{t}$ – носивост дизалице

m_{gr} – маса грабилице

m_m – маса захваћеног материјала

Специфична густина грабилице :

$$m' = 1,5 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \quad (4)$$

Специфична густина грабилице по једном кубном метру захваћеног материјала добијена је из табеле 3.

Табела 3. Тип грабилице [5]

Тип грабилице	$m' = \frac{m_{gr}}{V}$	p (ременице)	Запремина V	ϕ
	t/m^3		m^3	$^\circ$
1	0.8...0.9	3,4 или 5	$V1+V2$	30
2	1.4...1.5	4 или 5	$V1+V2$	30
3	2.4...2.6	4,5 или 6	$V1$	0
4	3.25...3.6	4,5,6 или 7	$V1$	0

Након што је одрађен тип и запремина грабилице могуће је одредити масу грабилице. Маса грабилице за тип 2, специфичне густине $m' = 1,5 \text{ t/m}^3$ износи:

$$\begin{aligned} m_{gr} &= m' \cdot V \\ m_{gr} &= 1500 \cdot 2.54 \\ m_{gr} &= 3810 \text{ kg} \end{aligned} \quad (5)$$

Маса захваћеног материјала износи:

$$\begin{aligned} m_m &= \rho \cdot V \\ m_m &= 1650 \cdot 2.54 \\ m_m &= 4190 \text{ kg} \end{aligned} \quad (6)$$

Укупна маса грабилице испуњене материјалом износи:

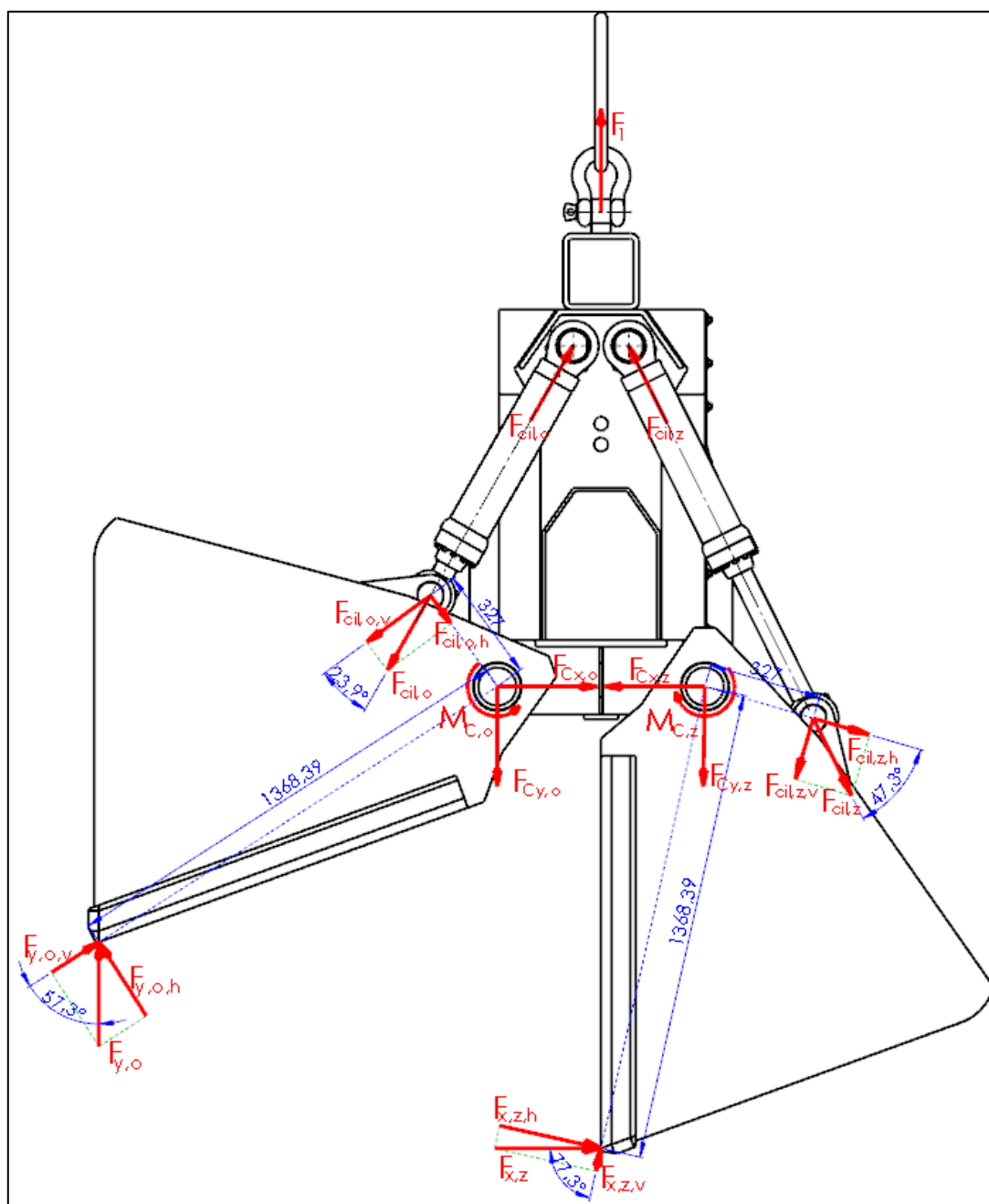
$$\begin{aligned} m_n &= m_{gr} + m_m \\ m_n &= 3810 + 4190 \\ m_n &= 8000 \text{ kg} \end{aligned} \quad (7)$$

4.5 Анализа сила грабилице

Прорачун ће бити спроведен за два карактеристична случаја тј. када је грабилица у отвореном и затвореном положају.

4.5.1 Одређивање сила у хидрауличном цилиндру

Сила у хидрауличном цилиндру ће се добити из равнотеже сила на основу слике 32. Одговарајуће вредности углова и димензија наведених на слици су преузете из [5, 13] и сматрају се познатим у даљем прорачуну.



Слика 34: Силе које делују на грабилицу потребне за одређивање силе у цилиндру [5]

Сила F_1 износи:

$$\begin{aligned} F_1 &= m_n \cdot g \cdot \phi_2 \\ F_1 &= 8000 \cdot 9,81 \cdot 1,484 \\ F_1 &= 116390 \text{ N} \end{aligned} \quad (8)$$

где су:

$m_n = 8000 \text{ kg}$ маса грабилице испуњене материјалом
 $\phi_2 = 1,484$ – динамички фактор

Отворена грабилица:

$$F_{y,o} = F_1 = 116390 \text{ N} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} F_{y,o,v} &= F_{y,o} \cdot \cos(57,3^\circ) \\ F_{y,o,v} &= 116390 \cdot \cos(57,3^\circ) \\ F_{y,o,v} &= 62879 \text{ N} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} F_{y,o,h} &= F_{y,o} \cdot \sin(57,3^\circ) \\ F_{y,o,h} &= 116390 \cdot \sin(57,3^\circ) \\ F_{y,o,h} &= 97943 \text{ N} \end{aligned} \quad (11)$$

Затворена грабилица:

$$F_{x,z} = F_1 = 116390 \text{ N} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} F_{x,z,v} &= F_{x,z} \cdot \cos(77,3^\circ) \\ F_{x,z,v} &= 116390 \cdot \cos(77,3^\circ) \\ F_{x,z,v} &= 25588 \text{ N} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} F_{x,z,h} &= F_{x,z} \cdot \sin(77,3^\circ) \\ F_{x,z,h} &= 116390 \cdot \sin(77,3^\circ) \\ F_{x,z,h} &= 113542 \text{ N} \end{aligned} \quad (14)$$

Потребан момент око зглоба С:

Отворена грабилица:

$$\begin{aligned} M_{c,o} &= F_{y,o,h} \cdot 1,3684 \\ M_{c,o} &= 97943 \cdot 1,3684 \\ M_{c,o} &= 134026 \text{ Nm} \end{aligned} \quad (15)$$

Затворена грабилица:

$$\begin{aligned} M_{c,z} &= F_{x,z,h} \cdot 1,3684 \\ M_{c,z} &= 113542 \cdot 1,3684 \\ M_{c,z} &= 155372 \text{ Nm} \end{aligned} \quad (16)$$

Потребна сила у цилиндру:

Отворена грабилица:

$$\begin{aligned} F_{cil,o,v} &= \frac{M_{c,o}}{0,327} \\ F_{cil,o,v} &= \frac{134026}{0,327} \\ F_{cil,o,v} &= 409865 \text{ N} \end{aligned} \quad (17)$$

Сила у једном хидрауличном цилиндру:

$$\begin{aligned} F_{cil,o} &= \frac{F_{cil,o,v}}{4 \cdot \cos(23,9^\circ)} \\ F_{cil,o} &= \frac{409865}{4 \cdot \cos(23,9^\circ)} \\ F_{cil,o} &= 112076 \text{ N} \end{aligned} \quad (18)$$

Затворена граблица:

$$F_{cil,z,v} = \frac{M_{c,z}}{0,327}$$

$$F_{cil,z,v} = \frac{155372}{0,327}$$

$$F_{cil,z,v} = 475142 \text{ N}$$
(19)

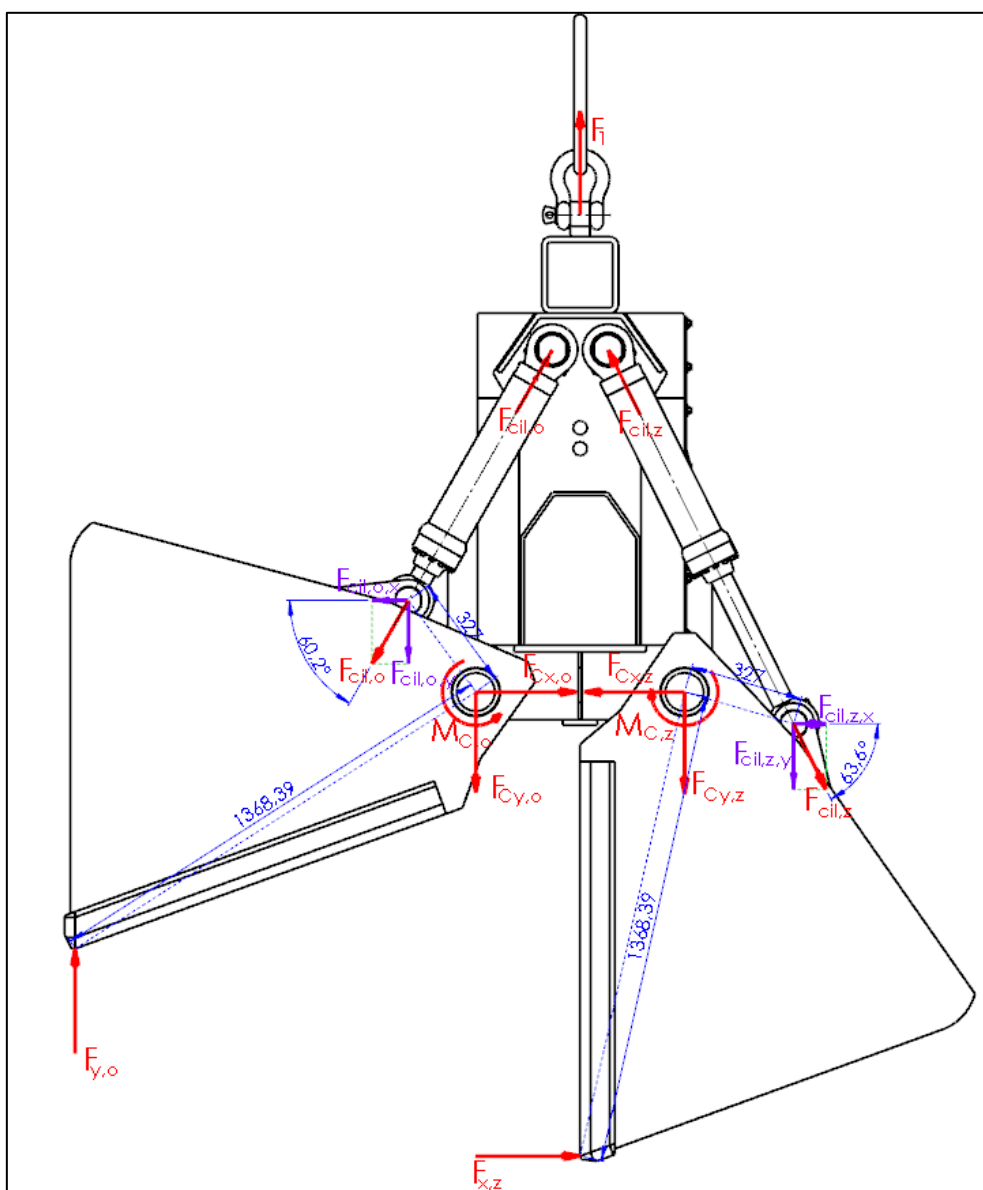
Сила у једном хидрауличном цилиндру:

$$F_{cil,z} = \frac{F_{cil,z,v}}{4 \cdot \sin(47,3^\circ)}$$

$$F_{cil,z} = \frac{475142}{4 \cdot \sin(47,3^\circ)}$$

$$F_{cil,z} = 161632 \text{ N}$$
(20)

4.5.2 Силе у зглобу граблице:



Слика 35: Силе које деулују на граблицу потребне за одређивање оптерећења у зглобу граблице [5]

Отворена грабилица:

$$\begin{aligned} F_{c,x,o} &= F_{cil,o} \cdot \cos(60,2^\circ) \\ F_{c,x,o} &= 112076 \cdot \cos(60,2^\circ) \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} F_{c,x,o} &= 55699 \text{ N} \\ F_{c,y,o} &= \frac{F_{y,o}}{4} - F_{cil,o} \cdot \sin(60,2^\circ) \\ F_{c,y,o} &= \frac{116390}{4} - 112076 \cdot \sin(60,2^\circ) \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} F_{c,y,o} &= -68158 \text{ N} \\ F_{c,uk,o} &= \sqrt{F_{c,x,o}^2 + F_{c,y,o}^2} \\ F_{c,uk,o} &= \sqrt{(55699)^2 + (-68158)^2} \end{aligned} \quad (23)$$

$$F_{c,uk,o} = 88022 \text{ N}$$

Затворена грабилица:

$$\begin{aligned} F_{c,x,z} &= \frac{F_{y,z}}{4} - F_{cil,z} \cdot \cos(63,6^\circ) \\ F_{c,x,z} &= \frac{116390}{4} - 161632 \cdot \cos(63,6^\circ) \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} F_{c,x,z} &= 100965 \text{ N} \\ F_{c,y,z} &= -F_{cil,z} \cdot \sin(63,6^\circ) \\ F_{c,y,z} &= -161632 \cdot \sin(63,6^\circ) \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} F_{c,y,z} &= -144776 \text{ N} \\ F_{c,uk,z} &= \sqrt{F_{c,x,z}^2 + F_{c,y,z}^2} \\ F_{c,uk,z} &= \sqrt{100965^2 + (-144776)^2} \end{aligned} \quad (26)$$

$$F_{c,uk,z} = 176504 \text{ N}$$

Према прорачунатој вредности силе, могуће је извршити избор одговарајућег хидрауличног цилиндра који може да остварити оволику силу. Из каталога, према [19] усвојен је *Bosch Rexroth AG* цилиндар серије CDL2MP.

На основу добијене вредности силе ($F_{c,uk,z}=176504 \text{ N}$) може се закључити да је добијена вредност у складу са реалним вредностима при експлоатацији грабилице и да је прорачун сила у цилиндрима коректно спроведен.

5. Закључак

Тема овог завршног рада биле су механичке грабилице за расуте терета код машина са периодичним радом. Представљен је развој дизалица кроз историју као и подела према начину рада, положају, месту коришћења. Представљена је њихова улога и начин рада. Грабилице као основни помоћни уређај код дизалица за захватање велике количине расутог терета имају велику примену у готово сви гранама индустрије. Могу се користити у затвореним, полуотвореним и отвореним просторима, поморским и речним лукама, најчешће се примењују у постројењима за прераду метала, млиновима, електранама на биомасу и угаљ. Извршена је подела према начину како се чељусти грабилице отварају и затварају: са једним ужетом, са два ужета, моторне и специјалне грабилице.

Безбедност и заштита на раду при раду дизалица је веома важна. Мере заштите при раду и спречавање и отклањање опасности по живот и здравље запослених на раду са дизалицама прописује Правилник о општим мерама и нормативима заштите при раду са дизалицама. Неиспуњавање услова безбедности руковања и непоштовање одређених мера предострожности може довести до повређивања људи и до велике материјалне штете. Дизалицом се не смеју подизати терети чија је тежина већа од максималне вредности или чија је тежина непозната.

Грабилице морају бити конструисане тако да је искључена могућност затрпавања ужета материјалом који грабилица преноси.

У прорачуну су одрађене димензије једне трим грабилице са полазним параметрима, тј израчуната је маса и густина грабилице. Одређен је динамички фактор и анализа силе у хидрауличном цилиндру и анализа силе у зглобу С.

На основу дефинисаних полазних података, извршено је димензионисање грабилице и одређене су силе у цилиндрима грабилице које се јављају у карактеристичним положајима грабилице, у отвореном и затвореном режиму рада.

6. Литература

- [1] <https://samanshafafzadeh.wixsite.com/mobile-crane/history>, Приступљено 22.9.2020
- [2] <https://nl.pinterest.com/pin/799248265094219452/>, Приступљено 22.9.2020.
- [3] Н. Милорадовић, основи транспортних машина- скрипта са предавања. Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.
- [4] https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/5483/mod_resource/content/0/Predavanja_ciklicna_sredstva/Dizalice.pdf, Приступљено 22.9.2020.
- [5] Б. Ивасовић, дипломски рад. Свеучилиште у Загребу. Факултет стројарства и бродоградње.
- [6] Кранин дизалице, <https://www.kranin.rs/galerija.htm>, Приступљено 22.9.2020
- [7] С. Дедијер, Основи транспортних машина, Београд, 1989.
- [8] Shipyard crane, <http://hr.shipyardjibcrane.com/wharf-and-port-crane/harbor-crane.html>, Приступљено 22.9.2020.
- [9] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине- Практикум, Ниш, 1998.
- [10] Kino Cranes, <http://hr.gantrycranesupplier.com/crane-parts/magnet-for-crane/crane-use-steel-scrap-lifting-electromagnet.html>, Приступљено 23.9.2020
- [11] E-Crane, <https://www.e-crane.com/e-cranes/grabs/>, Приступљено 23.9.2020
- [12] Grabilica, <http://grabilica.com/home/grab-types>, Приступљено 23.9.2020
- [13] Д. Острић, С.Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [14] Д. Острић, Дизалице, Београд, 1992.
- [15] Балкан хидраулик, <http://www.balkanhidraulik.rs/proizvodi/rozzi/grabilice-i-kasike>, Приступљено 25.9.2020.
- [16] Б. Цветановић, Помоћни елементи дизалица, http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/MP_2019_POMOCNI_UREDJAJI_DIZALICA.pdf?script=lat, Приступљено 25.9.2020
- [17] СРПС EN.13001-1:2013, Дизалице – Конструкција уопште, Део 1: Општи принципи и захтеви, Завод за стандардизацију, Београд, Србија
- [18] СРПС EN.13001-2:2013, Безбедност дизалица – Конструкција уопште, Део 2: Дејства оптерећења, Завод за стандардизацију, Београд, Србија
- [19] Bosch Rexroth, Каталог, <https://www.boschrexroth.com/en/xc/>, Приступљено 23.9.2020
- [20] The Grab Specialist, <https://www.tgs-grabs.nl>, Приступљено 25.9.2020.