

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**

Војислав Н. Лукић

**Кочиони уређаји код механизма
за дизање терета
завршни рад**

Крагујевац, 2014.

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: 80/2011

Војислав Н. Лукић

**Кочиони уређаји код механизма
за дизање терета**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Ненад Милорадовић, доцент-ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Истакне улогу и област примене кочница као значајних уређаја у погонским механизмима дизалица.
- Наведе и опише врсте кочница које се користе код механизма за дизање терета.
- Прикаже начин избора и метод прорачуна кочница код механизма за дизање терета.
- На изабраном типу кочнице прикаже принцип прорачуна њених основних елемената за следеће полазне податке:
 - носивост $m = 5 \text{ t}$
 - висина дизања $H = 16 \text{ m}$

Препоручена литература:

- [1] Д. Острић, С. Тошић, Дизалице, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [2] Д. Острић, Дизалице, Машински факултет, Београд, 1992.
- [3] С. Дедијер, Основи транспортних уређаја, Београд, 1989.
- [4] С. Тошић: Прорачун машина непрекидног транспорта и дизаличних уређаја, Машински факултет, Београд, 2001.
- [5] Р. Мијајловић, З. Маринковић, М. Јовановић, Транспортне машине - Практикум, Ниш, 1988.
- [6] Д. Шаљић, Транспортни уређаји - упутство за израду пројекта и збирка решених задатака, Машински факултет, Крагујевац, 1978.

Крагујевац,

25.03.2014.

ментор:

Др Ненад Милорадовић, доцент

Кочиони уређаји код механизма за дизање терета

Резиме

Кочиони уређаји, су кључни елементи у свим дизаличним системима. Намењени за спуштање терета, заустављање кретања или контролу кретања и основни су склоп дизаличног система.

У раду је урађен преглед конструктивних решења кочионих уређаја. Описан је принцип рада диск кочница, кочница са тракама, кочница са папучама и карактеристична извођења.

Анализирана су различита конструктивна решења водећих произвођача у свету на основу избора подизача, типа кочнице и оптерећења.

Урађен је и прорачун и избор кочионог уређаја са двоструким папучама и електрохидрауличким подизачем.

Кључне речи: механизам за дизање терета, кочница са папучама, диск кочница, кочница са тракама, подизач

Brakes for hoisting mechanisms

Abstract

Brakes are essential elements in all lifting systems. They are intended to lowering the load, stopping the load or movement control and are fundamental assembly of lifting system.

In the paper the review of brake systems design solutions is done. Operating principles of discs brakes, drum brakes and band brakes and their specific solutions are explained.

Brake systems of different structural designs of worldwide manufactures are analysed based on selection of thruster, brake type and load.

Calculation and selection of drum hoist brake with two shoes and electro-hydraulic thruster are conducted.

Keywords: hoisting mechanism, drum brake, disc brake, band brake, thruster

Садржај

1	Увод	3
2	Кочиони уређаји код механизма за дизање терета	4
2.1	Класификација кочионих механизма	4
3	Фрикциони парови	8
3.1	Материјали елемената фрикционих парова	9
4	Кочнице са радијалним притиском	13
4.1	Кочнице са папучама	13
4.1.1	Прорачун кочнице са две папуче	19
4.2	Кочнице са тракама	24
5	Кочнице са аксијалним притиском	29
5.1	Конусне кочнице	29
5.2	Диск кочнице	30
5.2.1	Прорачун механичких диск кочница	34
5.3	Кочнице са ламелама	36
6	Подизачи	37
7	Кочиони уређаји – конструктивна извођења механичких кочница	40
7.1	Електрохидрауличке кочнице	41
7.2	Магнетне кочнице	43
7.3	Електромагнетне кочнице	44
7.4	Пнеуматске кочнице	45
7.5	Хидрауличке кочнице	46
8	Закључци	48
9	Литература	50

1 Увод

Транспортни системи се састоје из више других подсистема, од којих зависи функционисање целине у већој или мањој мери. Један од тих подсистема који је кључан за успешно и безбедно функционисање транспортног система, је кочиони систем. Кочницама се постиже велика сила трења, услед чега је могуће зауставити дизалицу, односно механизам за дизање терета у кратком временском периоду на одређеној висини.

Механизми дизаличних машина опремљени су уређајима за кочење поузданог дејства којима се обезбеђује да се на механизму за подизање оствари заустављање терета и његово задржавање на висини, а на механизму за премештање или обртање дизалице – заустављање погона механизма на одређеном зауставном путу кочења[1].

Због повећане примене транспортних система постављају се захтеви да брзине кретања и масе транспортованог терета буду све веће. Кочнице дизаличних транспортних машина обезбеђују не само безбедан рад машина већ и утичу на њихов капацитет. За повећање капацитета механизма потребно је смањити време кочења, али при максималном успорењу настају силе кочења које могу бити веће од допуштених механичких оптерећења. Наглим и изненадним кочењем нарушава се чврстоћа спојева, што доводи до хабања спојница, лежаја, зупчаника и точкова, [2].

Код дизалично транспортних машина које раде са повећаним успорењем може се јавити проклизавање точкова механизма за кретање дизалице, што може довести до просипања растопљених метала који се транспортују, до љуљања транспортованог терета, до вибрација металних конструкција и до других нежељених појава, о којима треба водити рачуна приликом одређивања момента кочења и прорачуна елемената дизалично транспортних машина.

2 Кочиони уређаји код механизма за дизање терета

Код транспортних машина један од најодговорнијих склопова чине кочнице којима се рад механизма може контролисати. Сваки механизам дизалице има сопствени уређај за кочење. Кочиони механизам система за подизање терета обезбеђује заустављање и задржавање терета на жељеној висини.

Основни подсклопови кочионог уређаја су: подизачи, уређаји за откочивање, командни механизам, преносни механизам и извршни органи кочнице, односно метално фриксиони парови помоћу којих се и остварује кочење терета.

2.1 Класификација кочионих механизма

Кочење механизма са електричним погоном се обично обавља електричним и механичким путем. Према начину трансформације енергије кретања, кочнице се деле на, [1]:

- електричне и
- механичке.

По намени кочнице могу бити:

- кочнице за спуштање,
- кочнице за кретање и
- кочнице за заустављање.

Кочнице за спуштање регулишу брзину спуштања и примају потенцијалну енергију терета који се спушта.

Кочнице за кретање примају кинетичку енергију дизалице која се транслаторно креће и прекидају даље кретање.

Кочнице за заустављање имају улогу да после завршетка спуштања, терет зауставе на одређеној висини.

Електричне кочнице претварају енергију кретања у електричну енергију. Мотор развија момент који делује у супротном смеру од смера обртања ротора.

Механичке кочнице енергију кретања претварају у топлотну енергију.

Електро шеме неких савремених механизма за дизање омогућују значајно смањење брзине дизања у тренутку активирања кочнице. У том случају, механичка кочница остаје јединствено средство за заустављање механизма при прекиду довода електричне енергије. Прорачун кочница оваквих механизма дизалица потребно је урадити према величини укупног момента кочења и при томе се не сме узети у обзир могућност смањења момента кочења на рачун искоришћења електричних кочница, [1].

Приликом одређивања момента кочења морају да буду познати:

- врста рада који обавља механизам,
- режим рада механизма,
- конструктивни и прорачунски подаци: маса терета који треба пренети, маса одговарајућих елемената, моменти инерције елемената механизма, брзина кретања, преносни однос и степен корисности,

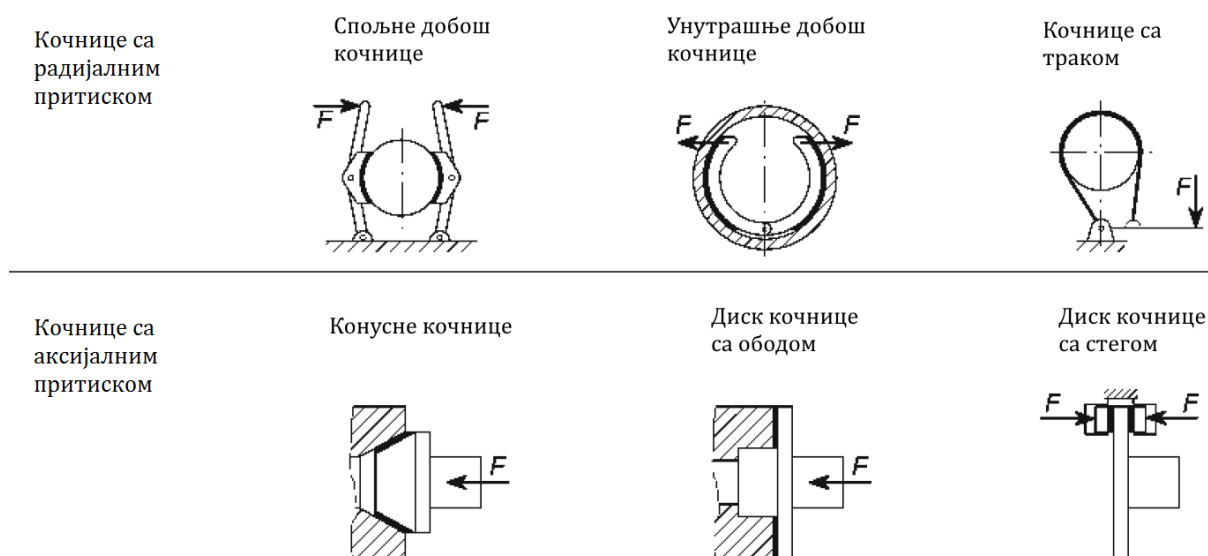
- место уградње кочнице у кинематској шеми механизма (у зависности од изабраног места уградње величина момента кочења је различита, мења се у зависности од преносног односа преносника, од радног уређаја добоша, точкова за премештање дизалице, до кочнице),
- момент увијања M_t који делује на вратилу кочнице приликом кочења, а који се одређује тако што се узимају у обзир губици у елементима механизма од радног уређаја, до вратила кочнице,
- број обртаја вратила кочнице.

Уколико се користе кочнице са траком, као и неке конструкције кочница за регулисање брзине, неопходно је знати смер убрзања кочионог добоша приликом кочења.

Кочиони уређаји дизалично-транспортних машина могу се разврстати према следећим критеријумима, [1]:

Према конструктивном извођењу радних елемената у облику папуча које фрикционим силом притежу по спољној или унутрашњој површини кочионог добоша, тракасте кочнице, са радним елементом у облику гипке траке која фрикционом силом притеже по кочионом добошу, диск кочнице са радним елементом у облику целовитог престенастог диска или у облику засебних сегмената папуча, конусне кочнице са радним елементом у облику конуса. Последње две подврсте кочница могу се објединити у једну групу кочница са радном силом кочења која делује дуж осе кочнице, те чине групу кочница код којих је сила притиска у правцу осе кочнице, слика 2.1.

*Према начину деловања – аутоматске кочнице (са електромагнетним или електро-хидрауличким погоном, кочнице се активирају тежином терета који се премешта, итд.) које се активирају независно од воље дизаличара и то истовремено са искључивањем мотора механизма на коме је кочница уграђена и *управљиве кочнице* код којих укључивање и искључивање обавља дизаличар, тако што делује на уређај за управљање и активира кочницу независно од погона механизма.*



Слика 2. 1 Класификација кочница према начину остварења силе активирања, [3]

Према смеру- устављачка кочница, којом се обавља заустављање механизма на крају кретања, када се кочицом ограничава брзина кретања у одређеним границама,

тако што се делује у току сваког периода рада одговарајућег механизма (кочница за спуштање терета и регулатори брзине).

Према начину деловања силом управљања:

- кочнице нормално затворене, код којих се укључивање остварује константним дејством спољашње силе (силом опруге, тежином специјалног терета за укључивање кочнице, итд.), а искључивање кочнице настаје истовремено са укључивањем погона механизма – при активирању силе за управљање кочницом, при искључивању погона кочница се аутоматски затвара.

- Кочнице нормално отворене, код којих се отварање остварује константном силом која делује споља, а затварање, тј. укључивање се остварује силом за управљање радом кочнице.

- Кочнице комбинованог дејства, које у нормалним условима раде као кочнице нормално отворене, а у хаваријским условима раде као нормално затворене, деловањем спољашње силе затварања.

Све кочнице, независно од конструкције, морају да испуне основне задатке:

- морају да остваре довољан момент кочења према задатим условима рада,
- морају се брзо затварати и отварати,
- морају имати довољну чврстоћу и трајност елемената у односу на конструкцију кочнице у целини,
- конструкција мора бити једноставна,
- треба да имају ниску цену коштања,
- потребно је омогућити обављање визуелне контроле, регулације и замене похабаних и оштећених елемената, као и стабилно подешавање,
- треба обезбедити поуздан рад кочионог уређаја уз минимално хабање радних елемената,
- кочница мора имати минималну масу и габаритне мере,
- температура на површини трења у процесу рада не сме да прелази одговарајућу граничну температурну вредност која је прописана за кочницу датог типа, а за усвојени фрикциони материјал.

Као место уградње добоша кочнице обично се предвиђа брзоходо вратило механизма (улазно вратило у редуктор) на коме делује најмањи момент увијања и према томе, кочница развија мали момент кочења, те има и најмање габаритне мере и најмању силу кочења одговарајућег погона. У том случају се као добош кочнице може користити једна од половина спојнице која повезује мотор са редуктором. Ако се на механизму примени спојница са уређајем за пригушење (са гуменим прстеновима и вијцима, опругама итд.) тада се за кочиони добош може искористити само половина спојнице која се налази на вратилу редуктора.

Кочница се бира према меродавном моменту кочења M_k :

$$M_k = \beta M_{st}, \quad (2.1)$$

где су:

- β -дејство силе ветра на дизалицу у нерадном стању и
- M_{st} – статички момент сведен на вратило електромотора.

За кочнице уграђене на механизмима за дизање терета вредности коефицијента β су:

- $\beta=1,5$ за лаки режим рада,
- $\beta=1,75$ за средњи режим рада,

- $\beta=2,0$ за тешки режим рада.

Код кочница за кретање обично се узима да је:

$$M_k = 1,25 * M_{st}, \quad (2.2)$$

односно:

$$M_{st} = F_w \frac{D_r}{2} \frac{1}{i} \frac{1}{\eta}, \quad (2.3)$$

где су:

- F_w - статички отпори кретања оптерећене дизалице са коефицијентом закошења,
- D_r - пречник точка,
- i - преносни однос редуктора и
- η - степен корисности механизма.

Према конструктивном извођењу механичких кочница разликују се:

- кочнице са папучама,
- кочнице са траком,
- кочнице са диском, конусом, ламелама итд.

3 Фрикциони парови

Трење је неповољна појава у машинским системима. Међутим, код кочионих система оно је основа њиховог процеса функционисања. Сила трења представља силу кочења система и остварује се у контакту елемента фрикционог пара, тако да је фрикциони пар извршни елемент кочионог система. На интензитет силе трења фрикционог пара утиче велики број чинилаца: сила притиска (нормална сила), коефицијент трења, материјал елемената фрикционог пара, радни услови и др. Фрикциони пар чине кочиона (фрикциона) облога (папуча или трака) и извршни орган кочнице диск или добош.

Најважнија карактеристике фрикционих парова који се користе код механичких кочница су: висок коефицијент трења, одговарајућа нормална сила на контактну површину а тиме и сила трења. Да би делови кочнице имали што је могуће мање димензије потребно је да фрикциони материјали имају: велику отпорност на смицање, отпорност на топлоту, отпорност на хабање, мале промене коефицијента трења, неосетљивост на уље и воду. У табели 3. 1 приказане су особине материјала који су коришћени за фрикционе облоге. Разноврсност је условљена сталним развојем материјала у овој области, табела 3. 1.

Табела 3.1 Карактеристике фрикционих материјала у контакту са челиком, сивим ливом, [3]

	Фрикциони материјал	Коефицијент трења, /	Дозвољени површински притисак, N/mm ²	Максимална температура, °C	Специфично хабање, mm ³ /kWh
А – природни фрикциони материјали	Дрво	0,2-0,35	0,05-0,5	100	
	Гума	0,30-0,60	0,05-0,3	100	
	Сиви лив	0,15-0,25	0,8-1,8	260-300	
Б – Фрикциони материјали са органским везивом	Памучна тканина са синтетичком смолом	0,40-0,65	0,05-1,2	100	50-600
	Азбестна тканина са смолом	0,30-0,50	0,05-2	150	
	Азбест са смолом или буном пресован или ваљан	0,25-0,40	0,05-8	180-250	
	Метална вуна са вуном пресована	0,40-0,65	0,05-8	200-250	
	Неорганска влакна са буном пресована	0,30-0,50	0,05-8	200-250	
В–Синтеровани материјали	Синтеровани фрикциони материјали на бази Cu, Fe	0,15-0,35	0,05-1,5	300-600	45-300
	Метало-керамика	0,30-0,50	<0,5	300-600	35-190

Природни фрикциони материјали, *група А*, немају карактеристике повољне за примену код механичких кочница. Фрикциони материјали из *групе В* се састоје од сировине, пуниоца, везива и адитива који имају утицај на коефицијент трења и они су или пресовани или ваљани. Најчешће коришћена сировина је раније био памук, због велике чврстоће и отпорности на високу температуру. У међувремену је коришћен азбест који је имао добра фрикциона својства али је забрањен за употребу због канцерогеног дејства.

Пуниоци су: талк, графит, глина, калцијум карбонат, метални оксиди, сулфиди и др.

3.1 Материјали елемената фрикционих парова

Материјали елемената фрикционих парова имају велики утицај на квалитет кочнице, а тиме и на извршење задатка кочионог система. Пред материјале фрикционих парова постављају се бројни захтеви: *висок коефицијент трења, стабилно трење, мало хабање, лака обрадивост, добро провођење топлоте, ниска цена и лако уклапање са металним елементом, [4]*

Фрикциони материјал у спрези са одговарајућим металним елементом, који чини други елемент пара, мора да обезбеди довољне вредности коефицијента трења. Високе вредности коефицијента трења морају се остварити не само на ниским или умереним радним температурама, већ и при високим температурама. У директној вези са коефицијентом трења и његовом стабилношћу је и питање отпорности фрикционог материјала на хабање од чега зависи трајност или век фрикционе облоге. Интензитет хабања и отпорност на хабање значајно утичу и на одржавање кочница. Проблеми стабилности коефицијента трења и високе отпорности на хабање знатно се лакше решавају ако је у питању фрикциони пар који ради у условима трења са подмазивањем, односно у уљној средини. Фрикциони парови ове врсте имају значајно ниже коефицијенте трења али се обезбеђују одговарајућим конструктивним решењима (већи број ламела). Присуство уља на фрикционој површини омогућава интензивно одвођење топлоте, због чега су радне температуре ниже, трење је стабилно и отпорност на хабање је висока.

Фрикциони материјал у вези са другим елементом фрикционог пара – металним елементом треба да буде добро усаглашен и да нема неповољних међусобних утицаја.

Веома су важни и захтеви који се постављају пред фрикционе материјале у вези са њиховим физичким, механичким и хемијским својствима као што су тврдоћа, жилавост, упијање воде и уља, прилагођавање металном елементу, [4].

Фрикциони материјали су добри изолатори топлоте. Тиме се отежава одвођење топлоте са фрикционе површине па се достижу високе радне температуре. Код добош кочница од укупне количине топлоте која се развије при кочењу 95% се одводи преко добоша а само 5% преко папуча, тј. кроз облоге фрикционог материјала. Код диск кочница овај однос је још израженији. Скоро 99% количине топлоте одводи се преко диска, што је један од разлога за постојање могућности деформације диска.

Пред фрикционе материјале постављају се и захтеви који се односе на обрадивост. Веома значајан захтев за фрикционе материјале је заменљивост облога.

За металне елементе фрикционог пара постављају се следећи захтеви: висок коефицијент трења, стабилно трење, мало хабање, добра обрадивост, отпорност на

термо-напоне, добро одвођење топлоте, добре механичке особине и склад са фрикционим материјалом.

Материјали металног елемента фрикционог пара треба да поседују добра механичка својства, посебно довољну тврдоћу и крутост, тј. високу отпорност на еластичне и пластичне деформације. Треба да имају мале вредности топлотне дилатације и високу тачку топљења, како би се спречило топљење метала у зонама фрикционе површине у којима се јављају врло високе температуре и налепљивање метала на фрикциони материјал. Метални елементи треба да имају високу отпорност на термичке напоне односно на замор изазван овим напонима који доводе до топлотних прскотина. Материјал металног елемента треба да има високу специфичну топлоту и добру топлотну проводљивост, како би се омогућило што боље и интензивније одвођење топлоте са фрикционе површине. Поред овога материјали треба да буду лако обрадиви и што ниже цене коштања.

Органски и неазбестни фрикциони материјали су у основи исте структуре, коју одређују четири основна састојка: влакно-влакнаста решетка, пунилац, везивно средство и фрикциони модификатори. Сви ови састојци имају своје посебне функције у смеши фрикционог материјала.

Основни задатак *влакнасте решетке* је да обезбеди фрикционом материјалу потребна механичка својства, тј. чврстоћу и жилавост. Влакно обезбеђује потребан интегритет фрикционог материјала у фази производње, односно повезивање свих састојака у смешу која омогућава даље хемијско и физичко обликовање. Поједине врсте влакана, као што су азбест, значајно утичу и на својства фрикционих материјала као и на отпорност при хабању.

Пунилац има задатак да попуни смешу фрикционог материјала, тј. да обезбеди потребне запремине у складу са захтевима конструктивне документације. Пошто пунилац не утиче на својства фрикционих материјала, у ову сврху користе се јефтини минерали, а понекад и метали. Битно је да тврдоћа пуниоца не буде велика, пошто веће тврдоће могу да утичу на својства материјала, а посебно могу да изазову неповољно деловање фрикционог материјала на спрегнути метални елемент.

Везиво фрикционог материјала је битан састојак, који „слепљује“ све састојке у целину, обезбеђујући потребна механичка и друга својства. Ове захтеве могу да испуне различити материјали али по правилу сви они траже одређене поступке термичке обраде, односно полимеризације.

Модификатори имају задатак да обезбеде потребне односе између битних радних карактеристика фрикционих материјала посебно у односу на трење и хабање. Они могу бити материјали веома различитог порекла, минерали, метали, органске смоле у разним облицима и са различитим учешћем у смеши.

У односу на услове рада и ближу намену, разликују се:

- фрикциони материјали за рад у условима без подмазивања и
- фрикциони материјали за рад у уљној средини, тј. за рад у условима са подмазивањем.

Азбестни фрикциони материјали имају веома добре карактеристике и приступачне цене, али се више не користе због канцерогеног дејства на човека. Поред тога имају и недовољну термичку стабилност. Код азбестних фрикционих материјала користе се као пуниоци различите врсте минерала и метала: барит, глина, калцијум-

карбонат. У случају металних пунилаца користе се ситни опиљци или прах гвожђа, месинга и других сличних материјала. Њихов задатак је да повећају топлотну проводљивост али и да стружу оксидне и смоласте насlage са металног елемента.

Неазбестни материјали имају боље радне карактеристике посебно при високим радним температурама при којима азбестни материјали губе своја својства.

Код органских фрикционих материјала као везиво се користе разне врсте полимера али и других материјала (каучук, силикати, сулфиди и сл.). Из групе полимера највећи значај имају фенолне смоле које су и јефтине. Смоле као везивно средство имају велики утицај на трење фриционог материјала. Фенол-формалдехидне смоле обезбеђују стабилност фрикционог материјала на температурама сличним оним које могу да издрже и азбестни материјали. Због ових својстава користе и као модификатори.

Радне карактеристике фрикционих материјала не зависе само од састава смеше већ зависе и од поступка производње. Материјали се могу поделити према поступку производње на *ткане* и *пресоване*.

Ткани фрикциони материјали имају добра механичка својства, задовољавајуће коефицијенте трења али лошију отпорност на хабање. Скупљи су од пресованих материјала.

Неазбестни фрикциони материјали влакнасте структуре имају у основи исту структуру као и азбестно материјали, с тим што се уместо азбеста за влакнасту решетку користе нека друга влакна. Остали састојци (везиво, пунилац, фрикциони модификатори) решавају се на исти начин као и код азбестних материјала. Користе се метална, минерална и стаклена влакна или влакна на бази органских молекула, тзв. арамидна влакна. Материјали који се користе као замена за азбест имају врло различите карактеристике али и велики распон цена. Ниједна врста влакна не одговара азбесту по свим својствима, односно ниједно влакно није потпуна замена за азбест. Трајност неазбестних материјала често је мања, а постоје и проблеми везивања неких неазбестних материјала за носач. Неазбестни материјали имају боље карактеристике при високим температурама у погледу механичких особина и триболошких својстава (коефицијент трења врло мало опада а интензитет хабања се благо повећава), [4].

Од свих материјала који се могу користити у фрикционим материјалу најдужу историју има челична вуна. Овај материјал се користи у тзв. полу-металним фрикционим материјалима који у свом саставу имају преко 50% металних састојака. У том случају, челична вуна се сече на влакна релативно велике дужине, ранга неколико милиметара. По правилу, користе се челици са малим садржајем угљеника. Челична влакна су скупља од азбестних, али дају висока механичка својства, велику отпорност на хабање и одличну стабилност при високим температурама. Коефицијент трења је нешто мањи али понашање фрикционих материјала на високим температурама надмашује све друге. Челична влакна се тешко мешају са фенолним смолама, односно теже се постиже компактност мешавине. Имају велику еластичност, што доводи до веће буке.

Стаклена и минерална влакна су значајно јефтинија и представљају озбиљну конкуренцију азбесту. Ова влакна су доста тврда, тако да фрикциони материјали на овој основи могу озбиљно да оштете метални елемент фриционог пара. Иако у начелу имају добру стабилност трења у неким случајевима могу да изазову значајан пад фрикционих особина при раду на високим температурама на нивоу тачке топљења

влакана. Постоји више врста материјала ове врсте, тако да се иде на мешање са другим врстама влакана (металним или арамидним). Овде спадају и керамичка влакана која трпе изузетно високе температуре: Одређен проценат ових влакана може да значајно побољша понашање фрикционог материјала на високим температурама.

Арамидна влакна су најбоља замена азбеста али су веома скупа. У масеном односу ова влакна учествују са 5%, што је разлог да се ови материјали све више користе. Најпознатија влакна ове врсте се могу наћи на тржишту под називом „кевлар“ које је пласирала и заштитила фирма *Du Pont*. Радни век фрикционих облога од материјала са *кевлар влакнима* је и до пет пута дужи од века азбестних материјала уз два пута дужи век металног елемента фрикционог пара.

Арамидна влакна су заснована на органским молекулима. Ова влакна се добро кристалишу имају високу оријентацију молекула и влакнасту структуру и самим тим добра механичка својства. Поред високе затезне чврстоће и добре еластичности, стабилна су на релативно високим температурама, с тим што се коефицијент трења практично не мења при температурама изнад 300°C.

Сви неазбестни материјали се производе на исти начин као и органске материје. И овде се иде или на ткање влакнасте решетке или на формирање смеше која се затим пресује са полимеризацијом везива, Дужине влакана су различита или као предива у намотајима неограничене дужине до пулпе дужине 5 до 6 mm.

Синтеровани фрикциони материјали чине другу групу неазбестних материјала. Код ових материјала везивање састојака у целину не постиже се везивањем свих састојака полимеризацијом, већ синтеровањем смеше односно топлим стапањем свих састојака у чврсту целину. Синтеровање се врши при високим температурама и високим притисцима, значајно вишим у односу на ниво потребан за полимеризацију фенолних смола или других везива ове врсте. Овакав поступак захтева посебну опрему за производњу, велике пресе и снажне пећи. Синтеровани фрикциони материјали у начелу су веома скуп, знатно скупљи од других фрикционих материјала са или без азбеста. Синтеровањем се обезбеђују висока механичка својства без посебних армирајућих елемената, тј. без влакнасте решетке. Смеша за синтеровање је јефтинија и садржи металне састојке (као пуниоце и фрикционе модификаторе) уз евентуалне минералне или керамичке додатке. Синтеровани фрикциони материјали имају повољна фрикциона својства, добру отпорност на хабање и стабилност при високим радним температурама. Посебно су погодни за рад у условима влажног трења, јер су отпорни на упијање уља и добро функционишу у оваквим радним условима, [1,2,4].

4 Кочнице са радијалним притиском

Кочнице са радијалним притиском, радијалном нормалном силом су типичне механичке кочнице. Најчешће се изводе као кочнице са папучама и као кочнице са тракама.

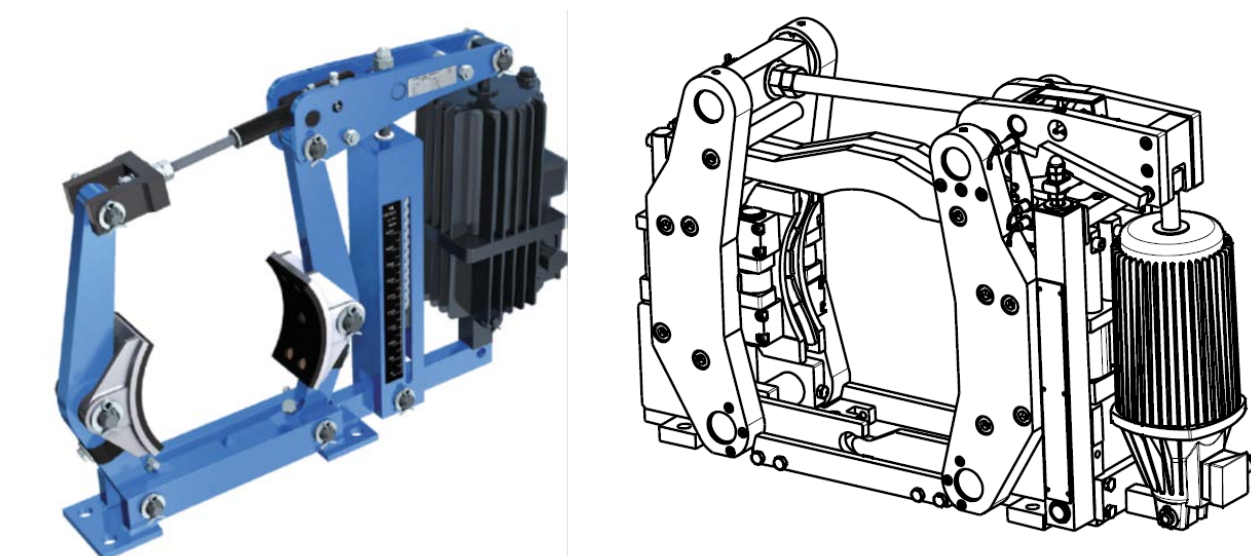
4.1 Кочнице са папучама

Код кочница са папучама кочење се остварује трењем између обртног дела кочнице (добоша) и папуче. Постоје две врсте кочница са папучама:

- кочнице са једном и
- кочнице са две папуче.

Кочнице са једном папучом се не примењују код дизаличних машина, јер преоптерећују вратило које носи добош кочнице на савијање.

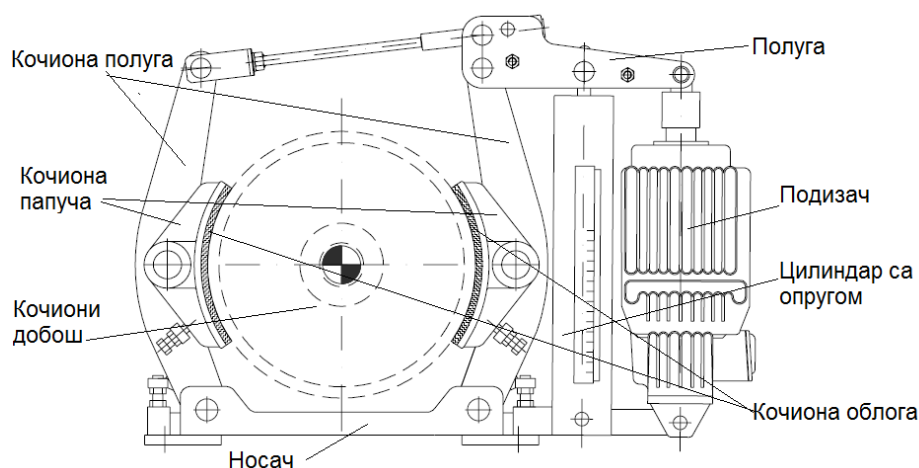
Постоје два конструктивна извођења ове врсте кочница: са унутрашњим и спољашњим папучама. Често се у литератури за ову врсту кочница користи назив добош кочница. Кочнице са спољашњим папучама користе се код дизаличних механизма, док се кочнице са унутрашњим папучама користе код различитих врста возила.



Слика 4.1 Кочнице са две папуче, Siebre,[5]

Извођења кочница са две папуче разликују се у полужном систему и типу откочног уређаја. Најчешће се код електричних мосних дизалица користе кочнице са две папуче и са електро-хидрауличним подизачем, слика 4.1.

Кочница заједно са подизачем (електричним, електрохидрауличким, ...) чини јединствену целину, која се комплетно уграђује у систем за дизање терета. Саставни делови подизача су: кућиште са цилиндром испуњеним уљем, погонски трофазни асинхрони мотор, центрифугална пумпа и преносни механизам (клип, клипњача, регулациони вентил и повратне опруге), слика 4.2.



Слика 4.2 Кочница са две папуче шематски приказ, [6]

Основни параметар при прорачуну кочнице је потребан кочиони момент M_k , који треба да се оствари у периоду заустављања кретања механизма дизалице. Кочиони момент се одређује у зависности од намене механизма,[2].

Код механизма за дизање терета кочница треба да одржава терет на одређеној висини са прописаном сигурношћу, да не би дошло до проклизавања терета. Степен сигурности кочења кочнице је овде већи него код кочнице механизма за кретање, где и отпори кретања учествују у кочењу. Време заустављања терета је много краће због малих инерцијалних сила, него код механизма за кретање, где су инерцијалне силе далеко веће.

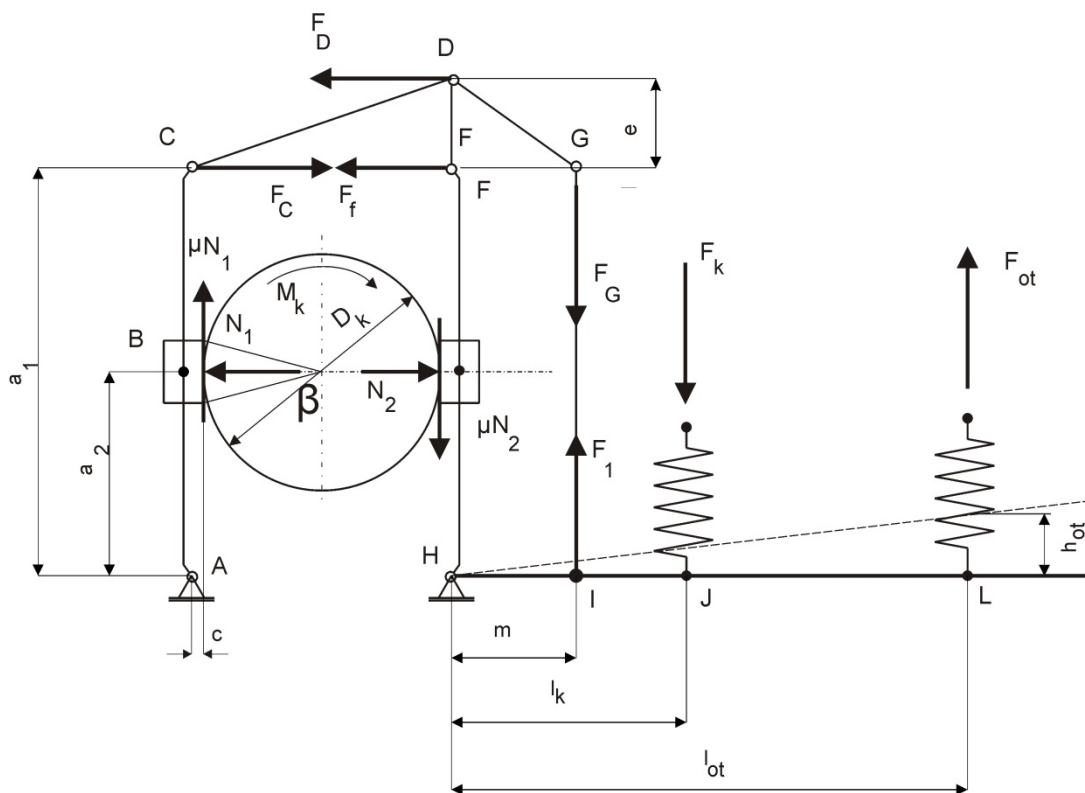
сlike 4.3:

$$\sum M_A = 0 \quad (4.1)$$

$$F_c a_1 - N_1 a_2 - \mu N_1 c = 0, \quad (4.2)$$

$$N_1 = \frac{F_c a_1}{a_\gamma + \mu c}, \quad (4.3)$$

где је: μ – коефицијент трења између добоша и папуче.



Слика 4.3 Шема сила које делују на добош кочионицу, F_k – кочиона сила, F_{ot} – сила откочивања, N_1 , N_2 – нормална сила (сила притиска на папучу 1 и на папучу 2), $\mu N_1, \mu N_2$ – силе трења, кочионе силе на папучи 1 односно папучи 2, F_G – сила у зглобу G, F_C – сила у зглобу C, F_F – сила у зглобу F, F_D – сила у зглобу D, M_k – кочиони момент, D_k – пречник добоша, β – обвојни угао, [1]

Из равнотеже момента за тачку Н је:

$$\sum M_H = 0, \quad (4.4)$$

$$F_f a_1 - N_2 a_1 + N_2 \mu c = 0, \quad (4.5)$$

односно сила N_2 је:

$$N_2 = \frac{F_f a_2}{a_2 - \mu c}. \quad (4.6)$$

Пошто је:

$$F_D = F_C, \quad (4.7)$$

и

$$F_D = F_F, \quad (4.8)$$

онда је:

$$F_C = F_F. \quad (4.9)$$

Нормалне силе N_1 и N_2 су:

$$N_1 = \frac{F_c a_1}{a_2 + \mu c}, \quad N_2 = \frac{F_c a_2}{a_1 - \mu c}. \quad (4.10)$$

Ако је $c=0$, онда је: c

$$N_1 = N_2 = N = \frac{F_c a_2}{a_1}. \quad (4.11)$$

Равнотежа момената за тачку F је:

$$\sum M_F = 0, \quad (4.12)$$
$$F_D e = F_k l_k.$$

Одавде следи:

$$F_k = \frac{F_D e}{l_k}, \quad (4.13)$$

где су:

- F_k - сила кочења,
- $F_{ок}$ - сила откочивања.

$$F_D = F_C = N \frac{a_1}{a_2}, \quad (4.14)$$

$$F_k = N \frac{a_1}{a_2} \frac{e}{l_k}. \quad (4.15)$$

Ако се уведе смена:

$$i_k = \frac{a_1}{a_2} \frac{e}{l_k}, \quad (4.16)$$

онда је кочиона сила:

$$F_k = i_k N. \quad (4.17)$$

Пошто се откочивање супротставља сили кочења, следи:

$$F_k l_k = F_{ot} l_{ot}, \quad (4.18)$$

па је:

$$F_{ot} = N \frac{a_1}{a_2} \frac{e}{l_{ot}}, \quad (4.19)$$

$$i_{ot} = \frac{a_1}{a_2} \frac{e}{l_{ot}}. \quad (4.20)$$

Сила откочивања је:

$$F_{ot} = i_k N, \quad (4.21)$$

где су:

- i_{ot} и i_k преносни односи кочнице.

Момент кочења је дефинисан изразом:

$$M_k = N \mu D_k, \quad (4.22)$$

где су:

- D_k - пречник кочионог добоша,
- M_k - момент кочења.

Кочиони коефицијенти имају вредности:

- $\mu = 0.45 \dots 0.5$ – за кочиони добош од челика и папуче са фибер траком.
- $\mu = 0.35 \dots 0.4$ – за кочиони добош од челика и папуче са азбестном траком, плетеном месинганим жицама.

Ход откочивача кочнице је:

$$h_{ot} = 2,2\varepsilon \frac{1}{i_{ot}}, \quad (4.23)$$

где је:

- ε - радијални зазор између папуча и добоша.

Коефицијент 2.2 из једначине (4.23) узима у обзир зазоре у зглобовима преносних полуга.

Рад електромагнетног подизача је:

$$A = K h_{ot}. \quad (4.24)$$

Површински притисак између добоша и папуче се проверава по обрасцу:

$$p = \frac{N}{A}, \quad (4.25)$$

$$A = \frac{\pi D_k B}{360} \beta, \quad (4.26)$$

где су:

- B – ширина папуче и
- β – обухватни угао папуче, $\beta = 60^\circ$.

Треба да буде задовољено: $p < p_{\text{dop}}, p_{\text{dop}} = 3 \div 6, \text{ daN/cm}^2$.

Провера топлотног оптерећења ради се преко карактеристика загревања која се одређује по обрасцу:

$$pv = \frac{N}{A} \frac{D_k \pi n_m}{60}, \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad (4.27)$$

где је:

- n_m – број обртаја електромотора, min^{-1}

Специфична снага треба да је нижа од допуштене, [2]:

$$pv < (pv)_{\text{dop}}, \quad (4.28)$$

Препоручене вредности су:

- $(pv)_{\text{dop}} = 25 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ код кочница на механизму за дизање терета и
- $(pv)_{\text{dop}} = 50 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$ код кочница на механизму за премештање терета.

Кочница се бира према меродавном моменту кочења M_k као према условима датим у једначини (2.1):

$$M_k = \beta M_{\text{st}}, \quad (4.29)$$

где је:

- β – степен сигурности кочнице.
- M_{st} – статички момент:

$$M_{\text{st}} = \frac{Q D_d}{\min \eta}, \quad (4.30)$$

где су:

- Q – носивост у N,
- D_d – пречник добоша, m
- m – број папуча,
- i – преносни однос,
- η – степен корисности.

Код механизма за кретање моменти кочења и статички момент су:

$$M_k = 1,25 M_{\text{st}}, \quad (4.31)$$

$$M_{\text{st}} = F_w \frac{D_t}{2i\eta},$$

где је:

- F_w - статички отпор кретању оптерећене дизалице,
- D_t - пречник катураче,
- i - преносни однос и
- η - степен корисности.

Кочнице са једном папучом се не користе код дизаличних система. Такође, код дизаличних система користе се добош кочнице са спољашњим папучама.

Водећи произвођачи кочионих уређаја за дизање терета у свету су: Пинч Бубенцер (*Pintsch Bubenzer*), Ромер (*Römer*), Зибре (*Siebre*), Гемко (*Gemco*), Итон (*Eaton*), Вестингхаус (*Westinghouse*), Џенерал електрикс (*Generel Electric, GE*) и други. Кочнице са две кочионе папуче или добош кочнице имају најширу примену, као извршни кочиони елементи код механизма за дизање терета. Изводе се као радне и сигурносне кочнице. Користе се у комбинацији са електрохидрауличким, електромагнетним, магнетним, хидрауличним и пнеуматским подизачима за активирање кочнице. Зависно од индустрије и од подручја примене имају различите димензије и различита решења кочионих уређаја.

На пример, произвођач Пинч Бубенцер производи кочнице са две папуче, диск и тракасте кочнице чији дискови и добоши имају пречник $D_k=200-500$ mm. Кочиони моменти имају вредности у опсегу $M_k=60$ Nm – 9,65 kNm ако се ради о кочицама са две папуче. Вредности кочионог момента зависе од димензија добоша, извођења папуча и од типа подизача. Произвођач Зибре у свом производном програму има добош кочнице са две папуче које су намењене за општу употребу. Пречници добоша су $D_k=200-7100$ mm, кочини моменти имају вредности у опсегу $M_k=50$ Nm – 9,65 kNm. Предности добош кочница са две папуче су: једноставна конструкција, мало делова, једноставно одржавање, могућност хоризонталног постављања, [5-11].

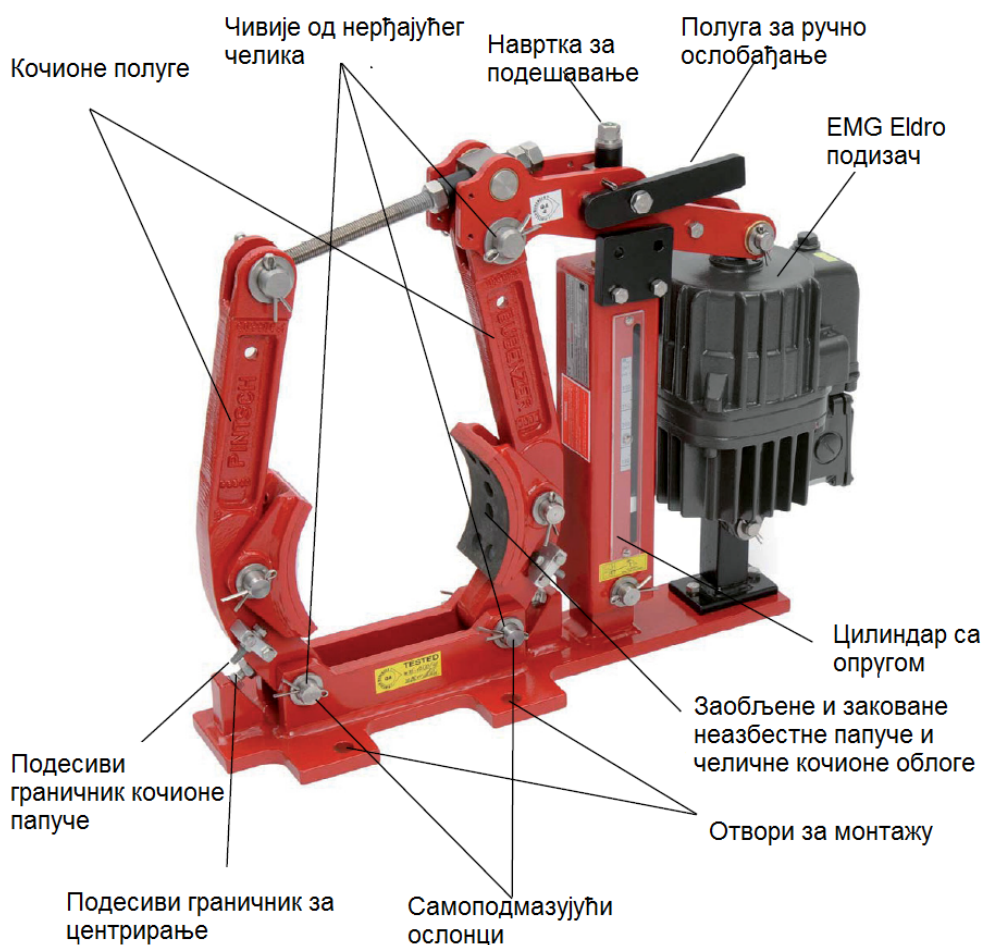
4.1.1 Прорачун кочнице са две папуче

Добош кочнице са две папуче имају широку примену у индустрији те ће овде бити приказан прорачун и избор кочнице потребне за дизање терета масе $m=5000$ kg на висину $H=16$ m.

Познати су следећи подаци:

- број активних навојака на добошу за дизање терета $Z_A=25.5$,
- преносни однос механизма за дизање терета $i_{red}=47$,
- број обртаја електромотора $n_{EM}=750\text{min}^{-1}$,
- степен корисности преносног механизма $\eta_m=0.95$
- степен сигурности кочнице $\beta_k=1.75$,
- преносни однос катураче $i_k=2$,
- пречник кочионог добоша $D_k=250\text{mm}$,
- коефицијент трења између папуча и добоша $\mu_k=0.4$,
- степена корисности полужног механизма кочнице $\eta_k=0.95$.

Елементи кочнице са две папуче која се прорачунава приказани су на слици 4.4.



Слика 4.4 Елементи кочнице са две папуче, [7]

Усвојена концепција механизма за дизање терета и димензије полужног механизма кочнице, приказани су на сликама 4.5 и 4.6.

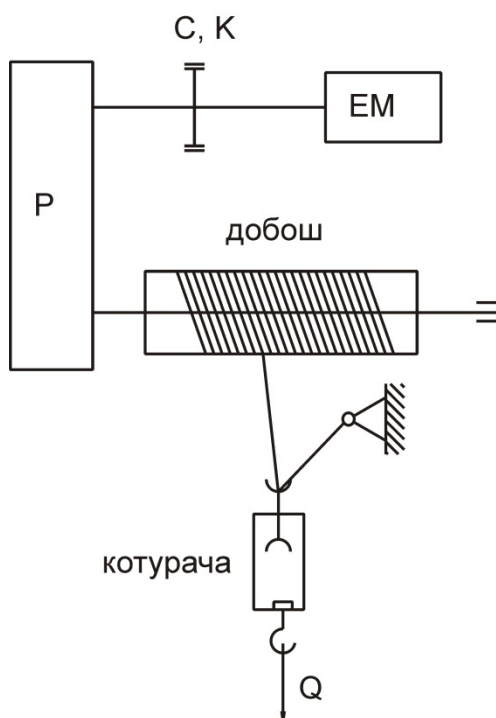
Из услова за број активних навојака на добошу одређује се стварни пречник добоша механизма за дизање терета:

$$z_A = \frac{H * z}{\pi * D_d} = 25,5, \quad (4.32)$$

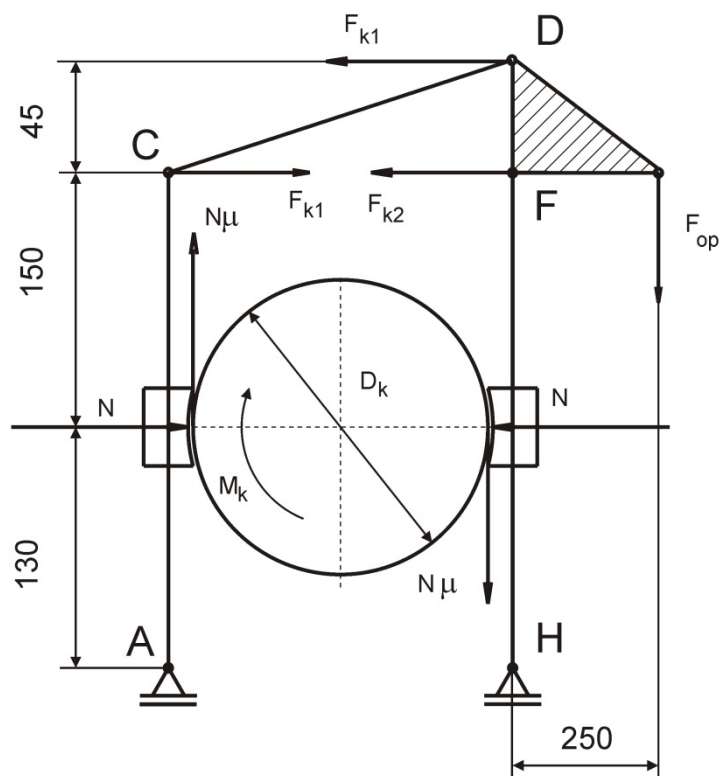
Пречник добоша механизма за дизање је:

$$D_d = \frac{H * z}{\pi * z_A} = \frac{16 * 2}{\pi * 25,5} = 0,399m \quad (4.33)$$

Усваја се стандардни пречник добоша $D_d=400 \text{ mm}$.



Слика 4.5 Шема механизма за дизање, [12]



Слика 4.6 Шема сила које делују на кочницу са две папуче, [12]

Број обртаја добоша се одређује из израза:

$$n_{dob} = \frac{n_{EM}}{i_{red}} = \frac{750}{47} = 15,95 \text{ min}^{-1}. \quad (4.34)$$

Брзина ужета, односно обимна брзина добоша је:

$$v_{u\check{z}} = v_k = \pi * D_d * n_k = \pi * 0,4 * 15,95 = 20 \frac{m}{min}. \quad (4.35)$$

Брзина дизања одређује се из израза за израчунавање преносног односа доње просте котураче:

$$v_{diz} = \frac{v_{u\check{z}}}{i_{kot}} = \frac{20}{2} = 10 \frac{m}{min}, \quad (4.36)$$

где је $i_{kot}=z=2$ за доњу просту котурачу.

Снага електромотора погона дизања за приказани механизам одређује се из израза:

$$P_c = \frac{Q * v_{diz}}{60 * \eta_m} = \frac{50 * 10}{60 * 0,85} = 9,8 kW. \quad (4.37)$$

Из моментне једначине за тачку А, слика 4.6, добија се:

$$N * 13 = F_{k1} * 28, \quad (4.38)$$

односно

$$F_{k1} = N \frac{13}{28}. \quad (4.39)$$

Статички момент сведен на вратило електромотора за просту катурачу у механизму за погон дизања терета је:

$$M'_{st(k)} = \frac{Q}{z} * \frac{D_k}{2} * \frac{1}{i_{red}} * \eta_m, \quad (4.40)$$

где је:

– $Q=mg$ - носивост, N.

Заменом вредности добија се:

$$M'_{st(k)} = \frac{50}{2} * \frac{0.4}{2} * \frac{1}{47} * 0,85 = 0,090425 kNm = 9042,5 Ncm. \quad (4.41)$$

Кочиони момент је:

$$M_k = \beta_k * M'_{st(k)} = 1,75 * 9042,5 = 15824 Ncm = 158,24 Nm. \quad (4.42)$$

Нормална сила N је:

$$N = \frac{M_k}{\eta_k * \mu_k * D_k} = \frac{15824}{0,95 * 0,4 * 25} = 1666 N. \quad (4.42)$$

Из моментне једначине за тачку **C**, слика 4.6, може се одредити сила у опрузи, сила откочивања:

$$\sum M_c = 0, \quad F_{k1} * 4,5 = F_{op} * 25. \quad (4.42)$$

Коначно се добија:

$$F_{ot} = F_{k1} \frac{4,5}{25} = N \frac{13}{28} * \frac{4,5}{25} = 139 N. \quad (4.42)$$

На основу израчунате вредности кочионог момента $M_k=158.24$ Nm усваја се кочница **EBN 250-23/5** произвођача Пинч Бубензер, [6].

Кочница је електрохидрауличког типа са подизачем **Ed 23/5**. Кочиони момент изабране кочнице је $M_{kmax}=320 Nm > M_{kpror}=158.24 Nm$.

Електрохидраулички подизач **Ed 23/5** има следеће карактеристике [6]:

- сила активирања $F_a=220$ N,
- сила откочивања $F_{ot}=180$ N,

- ход $h=50\text{mm}$, масе 10 kg ,
- потребна снага за рад подизача је $P_e=165\text{ W}$.

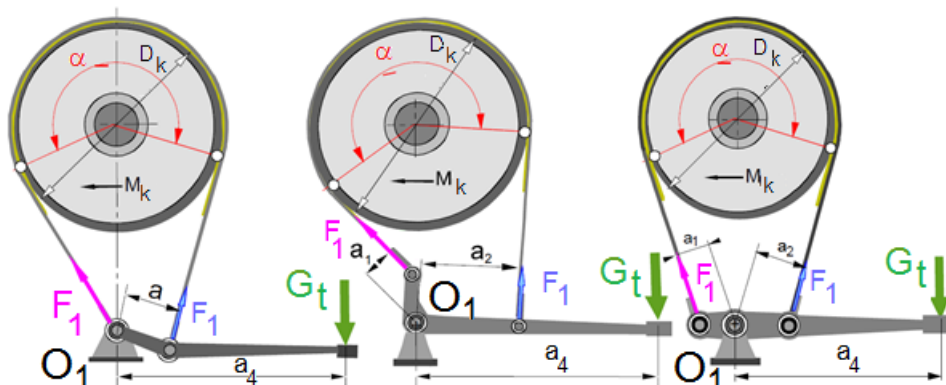
Исти произвођач ПинчБубенцер за америчко тржиште производи кочице да две папуче са електрохидрауличким подизачем типа ЕВА. Пречници кочионог добоша су у инчима, те према полазним условима прорачуна пречник кочионог добоша је 10“, те се може усвојити кочица: **ЕВА 10” - 23/5**. Електрохидраулички подизач је истог типа Ed 23/5, док је кочиони момент $M_k=230\text{ Nm}$.

4.2 Кочнице са тракама

Код кочница са траком кочење се остварује еластичном траком која је пребачена преко кочионог добоша. Да би се повећао коефицијент трења између добоша и траке, она се облаже фрикционим материјалом (феродофибером).

Према конструктивном извођењу тракасте кочнице деле се на, (слика 4.7):

- прости, (слика 4.7а),
- диференцијалне, (слика 4.7б) и
- сумарне (збирне, слика 4.7в).

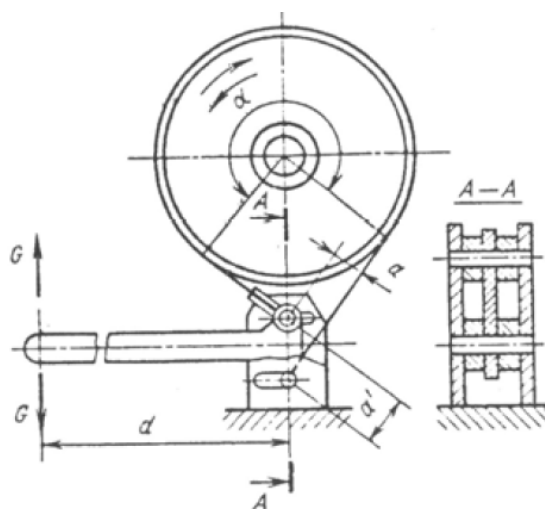


Слика 4.7 Тракасте кочнице а) проста, б) диференцијална, в) збирна[3]

Проста тракаста кочница састоји се из кочионог добоша преко кога је пребачена трака, која је једним својим крајем причвршћена за покретну траку на раму машине. Други крај траке зглобно је везан за полуку обртну око тачке O_1 , на крају полуке налази се тег чијом тежином се омогућује кочење.

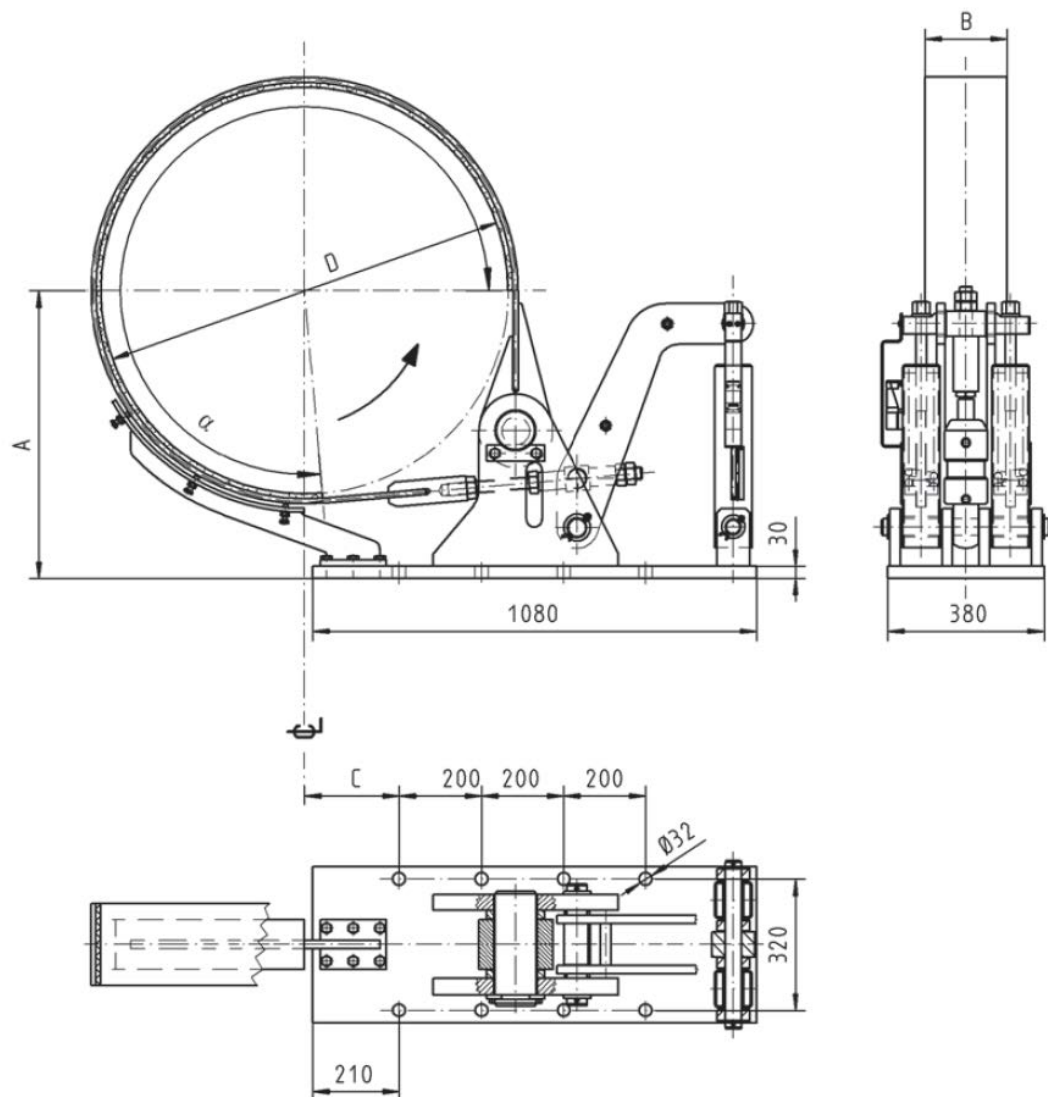
Диференцијална тракаста кочница добија се када се оба краја траке зглобно вежу кочионом полугом са обе стране тачке ослоња полуке. У том случају сила у делу траке која наилази на добош ствара момент истог знака као и тег за кочење.

Код збирне (сумарне) тракасте кочнице, оба краја траке су спојена полугом са исте стране осе окретања.

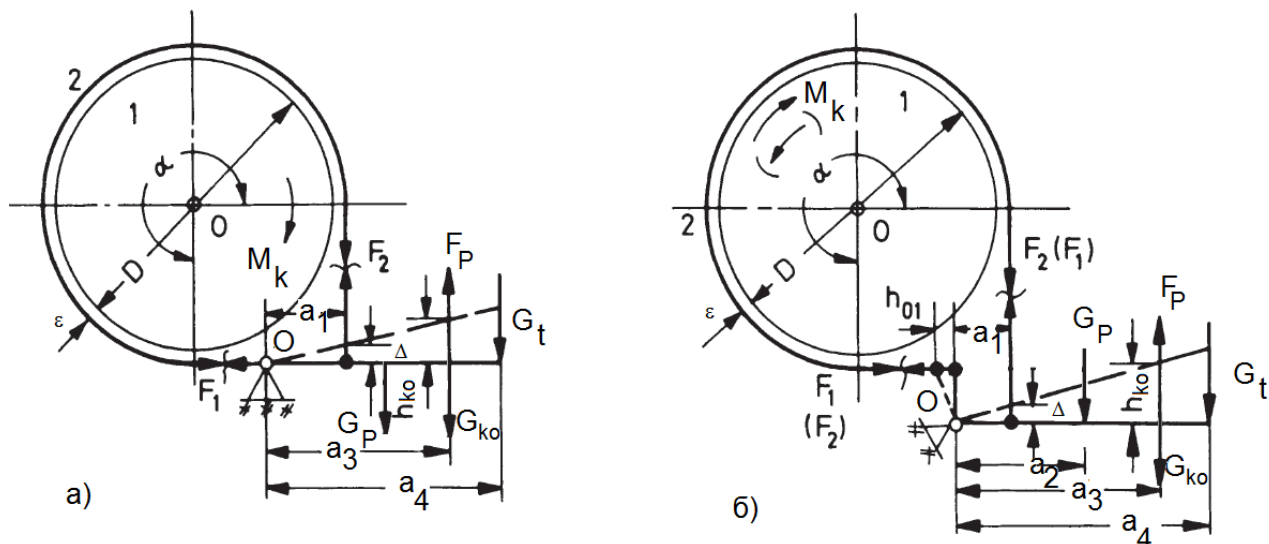


Слика 4.8 Тракаста кочница двосмерног дејства, [13]

Кочница двосмерног дејства, слика 4.8, је тип прости тракасте кочнице код које је један или други крај траке непокретан у зависности од смера окретања кочионог добоша и у том крају траке се јавља највећа сила F_1 . Са слике 4.8 се види да су моменти кочења који се рачунају као код прости тракасте кочнице једнаки при окретању кочионог добоша у било ком смеру, ако су краци полуа a и a' једнаки. Момент кочнице се остварује тежином тега или силом у опрузи, слика 4.9. У поређењу са збирном тракастом кочницом истих геометријских карактеристика, сила на полузи при кочењу кочницом двосмерног дејства је $(e^{\pi\alpha} + 1)$ пута мања.



Слика 4.9 Тракасте кочнице, Пинч Бубензер ВНВ, [7]



Слика 4.10 Силе које делују на тракасте кочнице
а) проста тракаста кочница, б) сумарна тракаста кочница,
1 кочиони добош, 2 фриксиона трака, [3,12,14]

На слици 4.10 приказана је шема дејства сила тракасте кочнице. Величине са слике 4.10, су:

- F_1, F_2 - силе у траци,
- F_p - сила откочивања,
- G_t - тежина тега,
- F_o - обимна сила на кочином добошу,
- α - угао обухвата траке,
- ϵ - радијални зазор између траке и добоша,
- G_{ko} - тежина котве електромагнета,
- F_k - сила кочења и
- G_p - тежина полуге.

За силу трења тракастих преносника важе следеће релације, [15]:

$$\begin{aligned} F_1 &= F_2 e^{\mu_0}, \\ F_k &= F_1 - F_2. \end{aligned} \quad (4.32)$$

Из наведених релација следи:

$$F_1 = \frac{e^{\mu_0} F_k}{e^{\mu_0} - 1}, F_2 = \frac{F_k}{e^{\mu_0} - 1}, F_k = \frac{2M_k}{D_k}. \quad (4.33)$$

Односно силе у тракама су:

$$F_1 = \frac{e^{\mu_0} 2M_k}{(e^{\mu_0} - 1) D_k}, F_2 = \frac{2M_k}{(e^{\mu_0} - 1) D_k}, \quad (4.34)$$

Тег има улогу да остварује моменат кочења, а електромагнет врши откочивања.

Ако се постави моментна једначина у односу на тачку „Ос“ следи:

$$\sum M_o = 0, \quad (4.35)$$

$$F_1 a_1 - G_p a_2 - G_{ko} a_3 - G_t a_4 = 0,$$

где је сила остварена дејством тега:

$$G_t = \frac{F_2 a_2 - G_p a_2 - G_{ko} a_3}{a_4}, \quad (4.36)$$

Ако се узима у обзир трење у зглобовима са $\eta = 0.9 \div 0.95$ онда је:

$$(G_t)_{sv} = \frac{\frac{1}{\eta} F_2 a_1 - (G_p a_2 + G_{ko} a_3) \eta}{a_4}. \quad (4.37)$$

Ако се претходном обрасцу замене вредности сила F_1 и F_2 добија се:

$$(G_t)_{sv} = \frac{2M_k a_1 - (G_p a_2 + G_{ko} a_3)(e^{\mu_0} - 1) D_k \eta^2}{a_4 \eta D_k (e^{\mu_0} - 1)}. \quad (4.38)$$

Сада ће бити анализиран утицај смера обртања добоша кочнице на величину момента кочења.

а) За смер обртања у смеру казаљке на сату:

$$\begin{aligned} F_1 &> F_2, \\ M_k &= (F_1 - F_2) R_k, \\ F_1 &= F_2 e^{\mu_0}. \end{aligned} \quad (4.39)$$

Кочиони момент је:

$$M_k = F_2 (e^{\mu_0} - 1) R_k, \quad (4.40)$$

где је:

– R_k - полупречник кочионог добоша.

б) За смер обртања супротан смеру казаљке на сату

$$\begin{aligned} F_2 &> F_1, \\ M_k &= (F_2 - F_1) R_k, \\ F_1 &= \frac{F_2}{e^{\mu_0}}, \end{aligned} \quad (4.41)$$

па је:

$$M_{k1} = F_2 \frac{e^{\mu_0} - 1}{e^{\mu_0}} R_k. \quad (4.42)$$

Сила F_2 је у оба случаја иста, јер зависи од величине тега (тег се конструктивно не мења), па је:

$$\frac{M_k}{M_{k1}} = e^{\mu_0} \Rightarrow M_{k1} = \frac{M_k}{e^{\mu_0}}. \quad (4.43)$$

Особина простих тракастих кочница је да не развијају исти кочиони момент за различите бројеве обртаја при истом оптерећењу, што отежава њихову употребу код уређаја који имају променљив смер обртања.

Померање траке на месту везе са полугом „А” износи $A = \varepsilon \alpha$.

Даље следи:

$$\begin{aligned} h_{ko} : \Delta &= a_3 : a_1, \\ h_{ko} &= \Delta \frac{a_3}{a_1} = \varepsilon \alpha \frac{a_3}{a_1}, \end{aligned} \quad (4.44)$$

При избору електромагнетног подизача узима се да је $(h_{ko})_{kat} > h_{kat}$:

$$(h_{ko})_{ka} = \frac{1}{K} \varepsilon \alpha \frac{a_3}{a_1}, \quad (4.45)$$

где је $K=0,75 \div 0,80$.

Сила електромагнетног подизача је:

$$F_p = \frac{1}{a_3} \left[(G_t)_{stv} a_4 + G_{ko} a_3 + G_p a_2 \right] \frac{1}{\eta}. \quad (4.46)$$

Произвођачи индустријских кочница производе и кочнице са тракама. Обим производних програма је мањи него диск или кочница са папучама. Пречници добоша су $D_k=990-1240\text{mm}$ и зависно од ширине траке могу да остваре кочиони момент у опсегу $M_k=120-253\text{ kNm}$, [7].

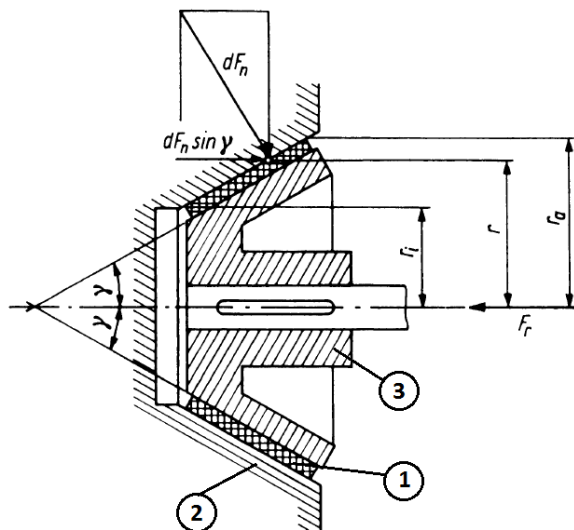
5 Кочнице са аксијалним притиском

Кочнице са диском и конусне кочнице су типични представници аксијалних кочница, за разлику од кочница са папучама које се сврставају у групу радијалних кочница. Оваква подела извршена је према правцу дејства силе којом се притиска кочиони елемент (папуча или трака) уз кочиони добош.

5.1 Конусне кочнице

Конусне кочнице (слика 5.1) састоје се од конуса везаног клином за вратило 3, и непокретног дела који има конусну површину 2.

Кочење се остварује тако што се помоћу механизма аксијално помера део и ствара се сила трења између делова 2, 3 и фрикционе облоге 1. Момент кочења који се остварује код конусних кочница је већи од кочионог момента диск кочнице али је мањи од кочионог момента кочнице са више дискова. Сила активирања мора да буде два пута већа од радне силе због нагиба површина. У случају када је угао нагиба конуса $\tan \gamma < \mu$ сила деактивирања мора да буде 1,5-2 пута већа због забрављивања кочнице.



Слика 5.1 Шематски приказ конусне кочнице[1]

Силе у појединим тачкама конусне кочнице се добијају преко следећих једначина:

$$F_N \mu = F_k, \quad (5.1)$$

где су:

- F_k - сила кочења и
- μ - коефицијент трења између дискова.

$$M_k = F_k \frac{D_1}{2}, \quad (5.2)$$

$$F_k = F_{a1} + F_{a2},$$

где су:

- F_{ar} - потребна аксијална сила која треба да делује на диск 2,
- F_{a1} - потребна аксијална сила за остварење F и
- F_{a2} - потребна аксијална сила за превлачење главчине диска 2 преко клина.

Даље је:

$$\begin{aligned} F_{a1} &= F_N \sin \gamma, \\ F_k &= \frac{2M_k}{D_1}, \\ F_N &= \frac{F_k}{\mu} = \frac{2M_k}{D_1 \mu}. \end{aligned} \quad (5.3)$$

Па је:

$$F_{a1} = \frac{2M_k}{D_1 \mu} \sin \gamma. \quad (5.4)$$

Према слици 5.1 је:

$$\begin{aligned} F' \frac{d}{2} &= M_k, \\ F' &= \frac{2M_k}{d}, \\ F_{a2} &= F' \mu - \frac{2M_k}{d} \mu. \end{aligned} \quad (5.5)$$

Потребна сила која делује на диск 2 је:

$$F_{ar} = \frac{2M_k}{D_1 \mu} \sin \gamma + \frac{2M_k}{d} \mu_1, \quad (5.6)$$

где су:

- μ - коефицијент трења између дискова.
- μ_1 - коефицијент трења између главчине и клина и
- $\gamma = 15^\circ$ - због заклињавања.

5.2 Диск кочнице

Код дизалично-транспортних машина користе се кочнице са диск папучама. Фрикциони материјал у облику сегмента две папуче које притискају уз површину трења кочионог диска, је са обе стране. Око 90% површине кочионог диска у процесу кочења се не налази у контакту са фрикционим материјалом и спољним ваздух слободно опструјава, чиме се повећава одавање топлоте за 2-4 пута у односу на кочнице са папучама. Повећање одавања топлоте повећава и поузданост кочнице, стабилност рада се значајно повећава као и трајање елемената фрикционог пара. Основни делови кочнице су:

- вратило које преноси обртни момент,
- аксијално покретни диск,
- непокретни диск.

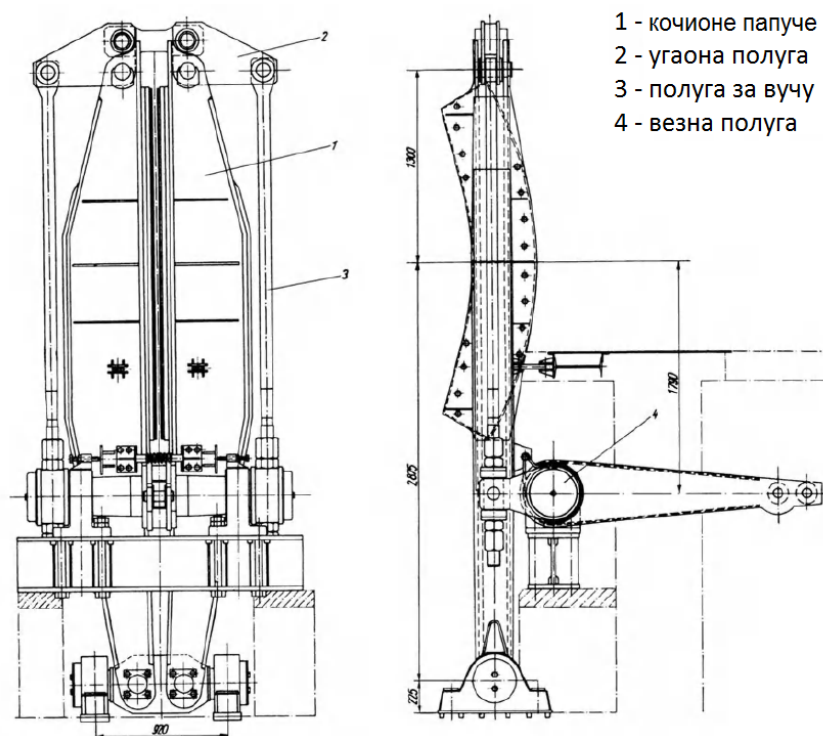
Кочнице са диском су гранични случај конусне кочнице код које је угао нагиба конусне површине 90° . Кочиони момент савремених кочница се одређује за коефицијент трења $\mu=0,4$ и мора да обезбеди кочиони момент који је 1,6-2,2 пута већи од номиналног момента мотора. За кочење при вертикалном померању користе се диск кочнице. Оне су у предности у односу на добош кочнице јер имају мали момент инерције. Поврх тога, кочница једне димензије може се користити за дискове различитих пречника. Фрикциони материјали који се примењују код савремених кочница омогућују знатно веће радне брзине и више радне температуре, те омогућују сигурност у раду нарочито у хаваријским ситуацијама. Фрикционе карактеристике неорганских фрикционих материјала диск кочница су: мања осетљивост на корозију, загађење и влажност. Животни век фрикционих облога дискова у поређењу са добош кочницама за исте услове рада је за 50-100% дужи, [16].

Механизми за кретање и транспорт користе плочасте кочнице које се уграђују у мотору на другом вратилу. Ове кочнице се тешко подешавају и контролишу. Одступања кочионог момента иду и до 15%, што отежава управљање кочионим моментом. Код кранова и дизаличних колица диск или добош кочнице могу се користити и активирају се подизачем или једносмерним калемом. Кочиони момент код ове врсте кочница је 1.5-1.8 пута већи од номиналног момента.

Са механизмом за подизање терета уграђују се диск или добош кочнице између мотора и погонског вратила редуктора. Сигурносна кочница се везује за добош кочницу механизма за подизање. У случају да се нешто деси при спуштању терета и да брзина мотора достигне минимум 110% брзине мотора, центрифугални прекидач активира сигурносну кочницу.

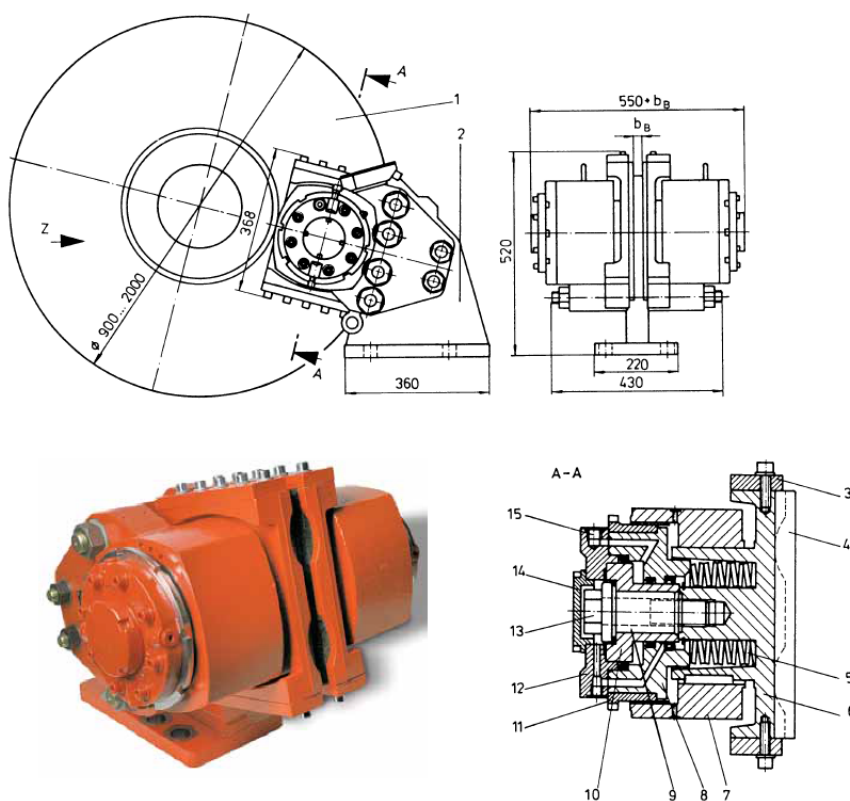
Раније су се као сигурносне кочнице користиле тракасте кочнице, док се данас уобичајено користе диск кочнице. Међутим, код неких кранова још увек се радије користе тракасте кочнице, јер кочиони прстен мање кородира него диск кочница. Како би се спречило кородирање површине диска код диск кочнице са стегом уграђују се самочистеће фрикционе облоге, [3,16-18].

Код дизаличних механизма са вратилом или са катурачом уграђују се диск кочнице са стегом и то или на погонско вратило или на добош. Велики кочиони момент захтева и диск великог пречника, зато се користе кочнице са две папуче. Примена стеге не изазива структурна оптерећења. Ове кочнице се често користе и као сигурносне, слика 5.2, [19].



Слика 5.2 Диск кочница са стегом, [3]

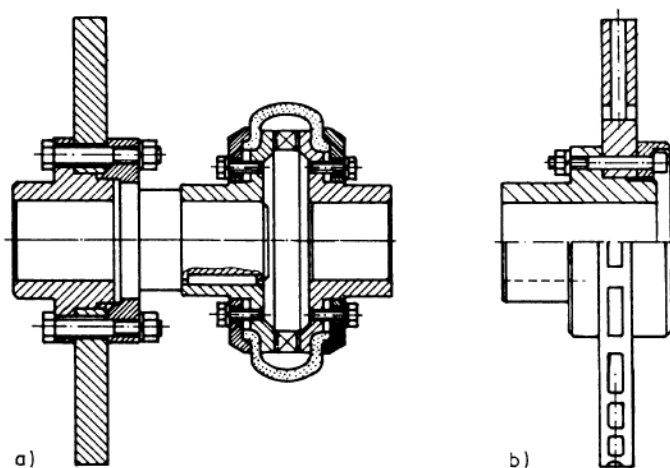
На слици 5.2 приказана је диск кочница са стегом дизаличног механизма рударске машине са четири сајле. Изненадна ударна оптерећења код сигурносног кочења се пригушују амортизерима.



Слика 5.3 Диск кочнице са стегом, у облику прстена, BSFG 400, са хидрауличким погоном, [17,19]

Кочница приказана на слици 5.3 је у отпуштеном положају. Састоји се од диска 1 и кочионе стеге (клевшта) и папуча 6, на које се постављају фрикционе облоге 4, кочионе опруге 5 и клипа 10 за хидраулично кретање. Хидраулички актуатор са електричним мотором и зупчастом пумпом је повезан водовима до кочионих клевшта. Радни притисак зупчaste пумпе је између 3 МПа и 6.5 МПа

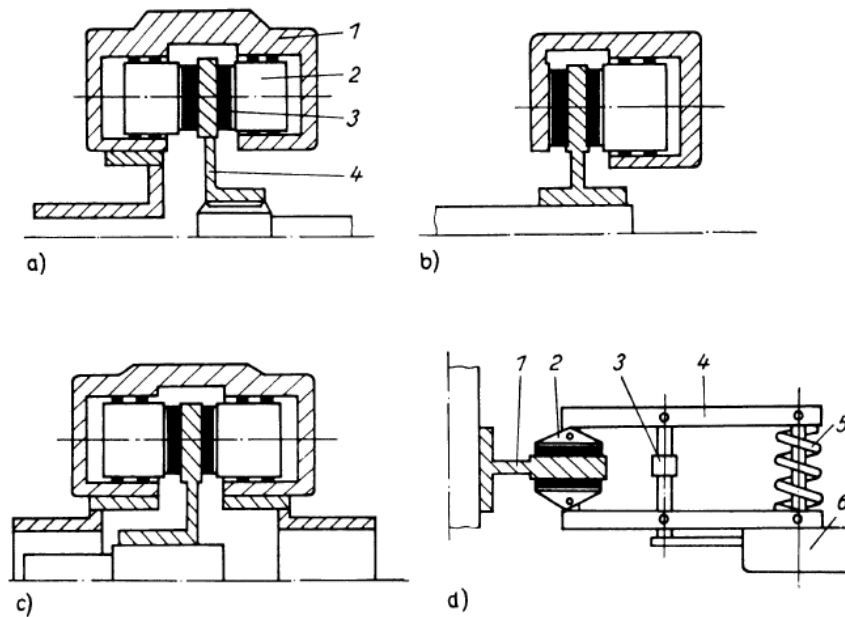
Дискови се изводе као пуни или као самовентилирајући, слика 5.4. Диск кочнице имају масовну примену код возила али је евидентна тенденција примене код погона дизаличних механизма, [3].



Слика 5.4 Кочиони дискови: а) пун диск, једноделни са еластичном спојницом
б) самовентилирајући диск, [3]

На слици 5.5 приказани су начини постављања стеге и диска и њихови међусобни положаји. Могуће је применити непокретну стегу или покретну (пливајућа и клизајућа) или пак применити конструкцију са покретним или непокретним диском. Код непокретне стеге и непокретног диска нема могућности подешавања. Предност примене пливајућих стеге је могућност подешавања положаја диска и фрикционих облога, нарочито када се похабају, [3,17].

Диск кочнице могу да имају контакт диска и фрикционе облоге целим обимом, тзв. кочнице са пуним захватом. Често их називају ламеласте. Код ове врсте кочница остварују се веће силе трења, него када се примењује стеге. У случајевима када су потребне веће силе активирања користе се, тзв. пливајуће стеге. Фрикционе облоге изводе се као плочице које имају на себи бразде одређеног облика због ефикаснијег хлађења.



Слика 5.5 Начини постављања стеге диск кочница, а) фиксна стеге, покретни диск, б) покретна (пливајућа кљешта) стеге, непокретан диск, в) непокретна стеге, непокретни диск; позиције: 1- стеге, 2 - кочионе плочице са облогама, 3 - фрикционе облоге, 4 – диск, г) активирање полугама, позиције 1 – диск, 2 – папуче са фрикционим облогама, 3 – регулатор похабаности, 4 – кочиона полука, 5 – повратна опруга, 6 – подизач, [3]

5.2.1 Прорачун механичких диск кочница

Диск кочнице су кочнице које активира аксијална сила F_a и остварује момент кочења M_k који износи, [1, 12,14,17]:

$$F_a = F_N = \frac{M_k}{m\mu R_{sr}}, \quad (5.7)$$

где су:

- m - број површина у контакту и
- μ - коефицијент трења и
- R_s - средњи радијус површине трења.

Средњи радијус површине трења диск кочнице је:

$$R_{sr} = \frac{R_s + R_u}{2}, \quad (5.8)$$

где су:

- R_s - спољашњи фрикциони полупречник,
- R_u - унутрашњи фрикциони полупречник.

Притисак у зони контакта је:

$$p = \frac{F_N}{\pi(R_s^2 - R_u^2)} \leq p_{dop}. \quad (5.9)$$

Укупна потребна аксијална сила F_{ar} је:

$$F_{ar} = F_{a1} + F_{a2}, \quad (5.10)$$

где су:

- F_{a1} - потребна аксијална сила која остварује силу F и
- F_{a2} - потребна аксијална сила за превлачење диска 2 преко клина.

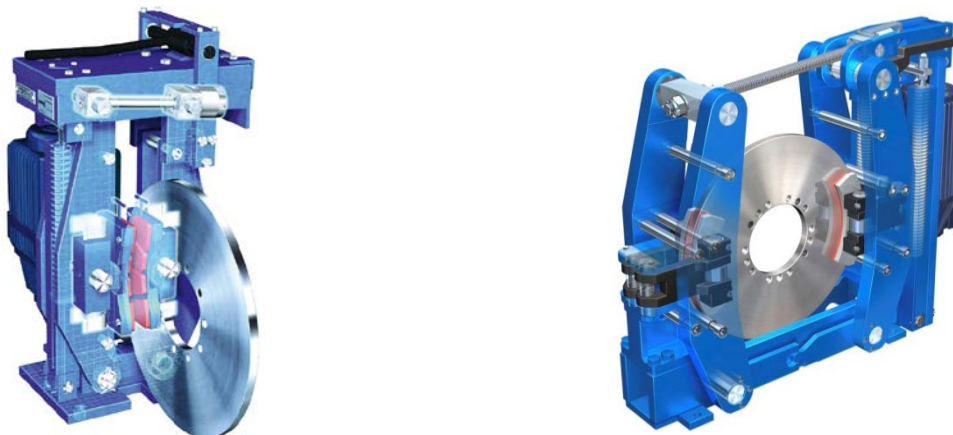
Даље

$$\begin{aligned} F_{a1} &= F_N, \\ F_N \mu &= F_K, \\ F_K &= \frac{2M_k}{D}, \\ F_{a1} &= \frac{2M_k}{D\mu}, \\ F_{a2} &= F' \mu_1 = \frac{2M_k}{d} \mu_1. \end{aligned} \quad (5.11)$$

Укупна аксијална сила за активирање је:

$$F_{ar} = \frac{2M_k}{D\mu} + \frac{2M_k}{d} \mu_1. \quad (5.12)$$

Диск кочнице се користе за главно и помоћно дизање терета и кретање колица. Лако се одржавају, имају самоцентрирање, аутоматску компензацију хабања, компактну конструкцију, могућност примене дискова различитих димензија. Користе се за кочионе моменте у опсегу $M_k=250 \text{ Nm} - 22500 \text{ Nm}$ или са пливајућом стегом $500 \text{ Nm} - 30000 \text{ Nm}$, [7].



Слика 5.6 Диск кочница а) са једном стегом, б) са две стеге, [5]

Сви водећи произвођачи индустријских кочница производе и диск кочнице. Изводе се са електрохидрауличким, хидрауличким, електромагнетним и пнеуматским подизачима. У односу на остале произвођаче Зибре има шири производни програм

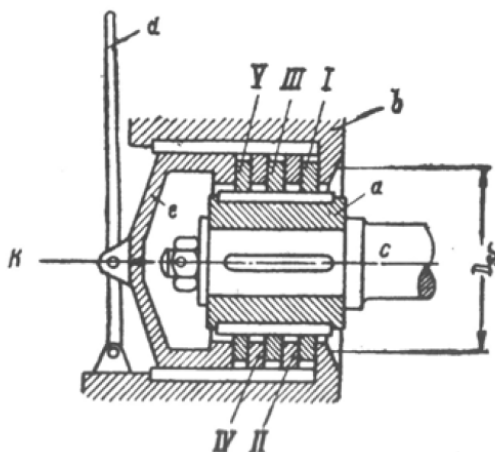
диск кочница. Пинч Бубензер производи кочнице чији дискови имају пречнике $D_k=200-500$ mm, док Зибре производи кочнице са дисковима пречника $D_k=500-900$ mm, [5,7].

У односу на добош кочнице са две папуче, диск кочнице имају стабилнији коефицијент трења, бржи одзив на команду активирања и отпуштања, брже хлађење па могу да раде и при температурама до 350°C .

5.3 Кочнице са ламелама

Да би се смањила подужна сила користи се већи број кочионих површина и тако су изведене кочнице са ламелама, слика 5.7. Ламеле I, III, V се померају по клиновима на главчини која је спојена са вратилом, а ламеле II и IV по клиновима у главчини непокретног дела б. Када се преко ручице д делује силом F_k на део е, дискови се притежу један уз други. При томе се на површини сваког диска јавља момент трења $F_k \mu D_{sr}/2$.

Ако постоји m површина у контакту, онда је укупни момент $M_k = m F_k \mu D_{sr}/2$.



Слика 5.7 Кочница са ламелама [13]

6 Подизачи

Код транспортних система користе се кочнице из безбедносних и сигурносних разлога. Активирање се остварује силама које потичу или од тегова или од подизача који представљају саставни део саме кочнице.

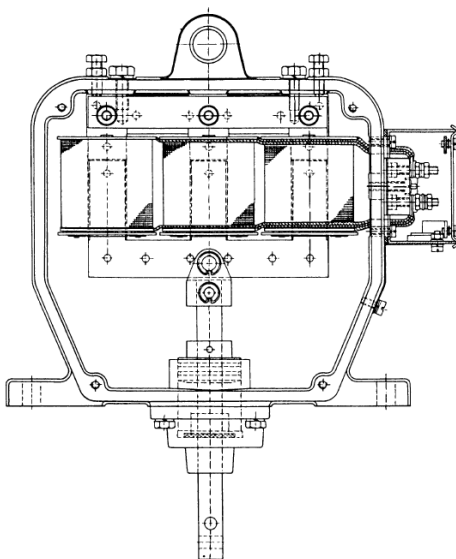
Основни типови подизача су: магнетни, електрични са асинхроним мотором, електрохидраулички електромагнетни и механички.

Подизачи за кочнице су уређаји који омогућавају затварање и отварање активних кочница. Кочнице за ослобађање током радног циклуса морају да имају механизам који их држи отвореним, односно механизам који ће да отвори кочницу и омогући терету да се диже или спушта.

Према начину функционисања, разликују се следећи типови подизача:

- електромагнетни подизачи са трофазним калемом,
- електрохидраулични подизачи са центрифугалном пумпом,
- магнетно хидраулични подизач,
- електромоторни подизач,
- хидраулични и пнеуматски цилиндри за ослобађање и
- мотори са клизним ротором.

Магнетни подизачи су и најстарији тип подизача за откочивање. Калемови једносмерне струје у трофазном мотору захтевају додатне исправљаче и отпорнике. Заштитни отпорник је паралелно везан са калемом и на тај начин спречава појаву електричног лука услед самоиндукције у искљученом стању. Магнет је под сталним напонам када је кочница у затвореном положају. Напон је релативно константан јер варијације напона лоше утичу на рад мотора, слика 6.1.



Слика 6.1 Електромагнетни подизач, [3]

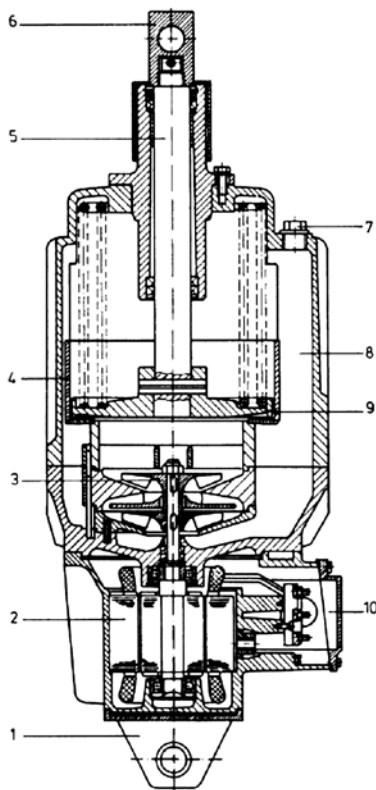
Електрохидраулични подизач је због своје једноставне конструкције, добрих радних особина, и поузданости, најраспрострањенији тип подизача. Основни елемент је

трофазни асинхронни мотор са кавезним ротором. Подизач отвара кочницу тако што пумпа упумпава уље између клипова. Препоручљиво је да се резервоар са уљем и пумпа одвоје од саме кочнице због могућности да се уље проспе по диску кочнице, што би умањило коефицијент трења и кочионе карактеристике, слика 6.2.

Основни елементи електрохидрауличких подизача су асинхронни електромотор са кавезним ротором и затворени хидраулички систем коаксијално постављен што чини јединствену целину. Радни флуид хидрауличког система је радни флуид целог система који генерише погон.

Када се мотор укључи, пумпа ствара притисак радне течности и делује на клип у супротном смеру од силе деловања опруге или неке друге кочионе силе, навише. Када се мотор искључи, клип се враћа у почетни положај под дејством опруге или неке друге кочионе силе. Подизачи овог типа могу да функционишу у било ком положају хоризонталном или вертикалном, што представља једну од предности ових подизача у односу на друге врсте.

Када је мотор искључен, клип и клипњача налазе се у доњем граничном положају. Када се укључи, центрифугална пумпа убацује уље испод клипа, чиме га потискује навише. Кретањем клипа навише, кочница се затвара. На подизаче се често стављају асинхронни мотори, јер рад ових мотора зависи од фреквенције, тако да на промене напона нема утицај.

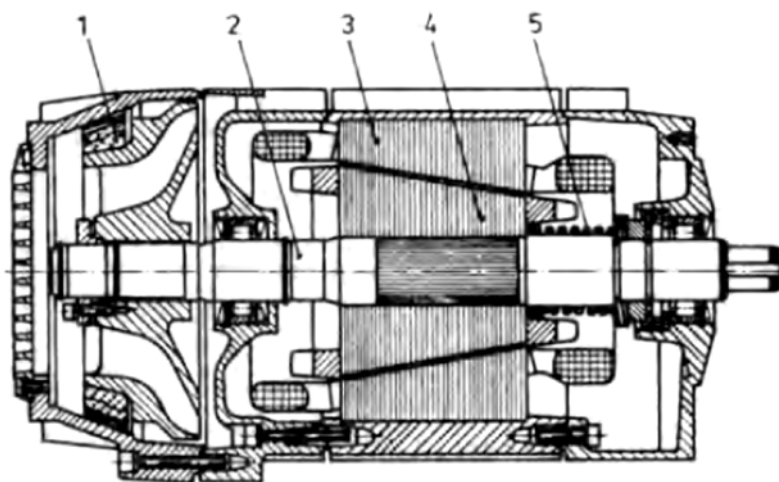


Слика 6.2 Електро-хидраулични подизач, 1- стопа, 2 - трофазни асинхронни мотор, 3 - хидраулична пумпа, 4 - хидраулични цилиндри, 5 - клипњача, 6. потисни лежај, 7 - уљно наливно грло, 8 - комора за изједначавање притиска, 9 - клипови, 10 - разводна кутија, [19]

Брзина подизача је линеарна, осим при покретању и заустављању мотора. Време одзива подизача зависи од тежине терета, вискозности радног флуида и температуре околине.

Подизачи се често постављају у чврсто кућиште, које врло често има заштиту од експлозије.

Електромоторни подизачи користе асинхроне моторе са кочницом, слика 6.3. Користе се асинхрони трофазни кавезни мотори који су мање осетљиви на промене напона што утиче на поуздан рад подизача. Ова врста мотора је осетљива на промене фреквенције, [3]. Мотор се конструктивно изводи са кочницом. Сила дизања се креће у границама 220 N - 3500 N, ход 50 mm - 200 mm, погонски момент 11 Nm - 700 Nm и маса 10 kg - 50 kg, [20].



Слика 6.3 Асинхрони мотор са кочницом, 1 - конусна кочница, 2 - вратило мотора, 3 - статор мотора, 4 - ротор мотора, 5 - потисна опруга, [3]

7 Кочиони уређаји – конструктивна извођења механичких кочница

Индустрија друмских и железничких возила је област у којој механичке кочнице имају најширу примену. Индустријске кочнице имају широку примену нарочито у области манипулисања материјалима: у системима за подизање терета, код транспортера, жичара итд. Најстроже захтеве треба да задовоље у погледу велике силе кочења коју треба остварити у кратком временском периоду али и да се обезбеди довољан кочиони момент. Са друге стране, приликом кочења ослобађа се велика количина топлоте и одводи у спољашњу средину.

Поред горе наведених области примене, механички кочнице се такође користе да се одржи равномерност брзине дизања или обртног момента код ланчаног преноса. Кочнице имају важан задатак заштите од преоптерећења. Витла нису обезбеђена системом за механичко закључавање али применом механичких фрикционих кочница може да се спречи преоптерећење проклизавањем.

У зависности од области примене, механичке фрикционе кочнице се могу користити за:

- успоравње терета при обртном и транслаторном кретању,
- обезбеђење терета у стационарном ослођеном или одложеном положају ,
- обезбеђење константне брзине дизања или момента при кочења,
- помагање да се избегне преоптерећење механичких делова ограничавањем кочионог момента.

Механичке фрикционе кочнице намењене индустријској примени раде у различитим режимима рада, јер се манипулише са различитим оптерећењима. Према намени деле се на: кочнице које задржавају терет, кочнице за заустављање, сигурносне кочнице, односно кочнице које раде у хаваријским ситуацијама и регулационе кочнице.

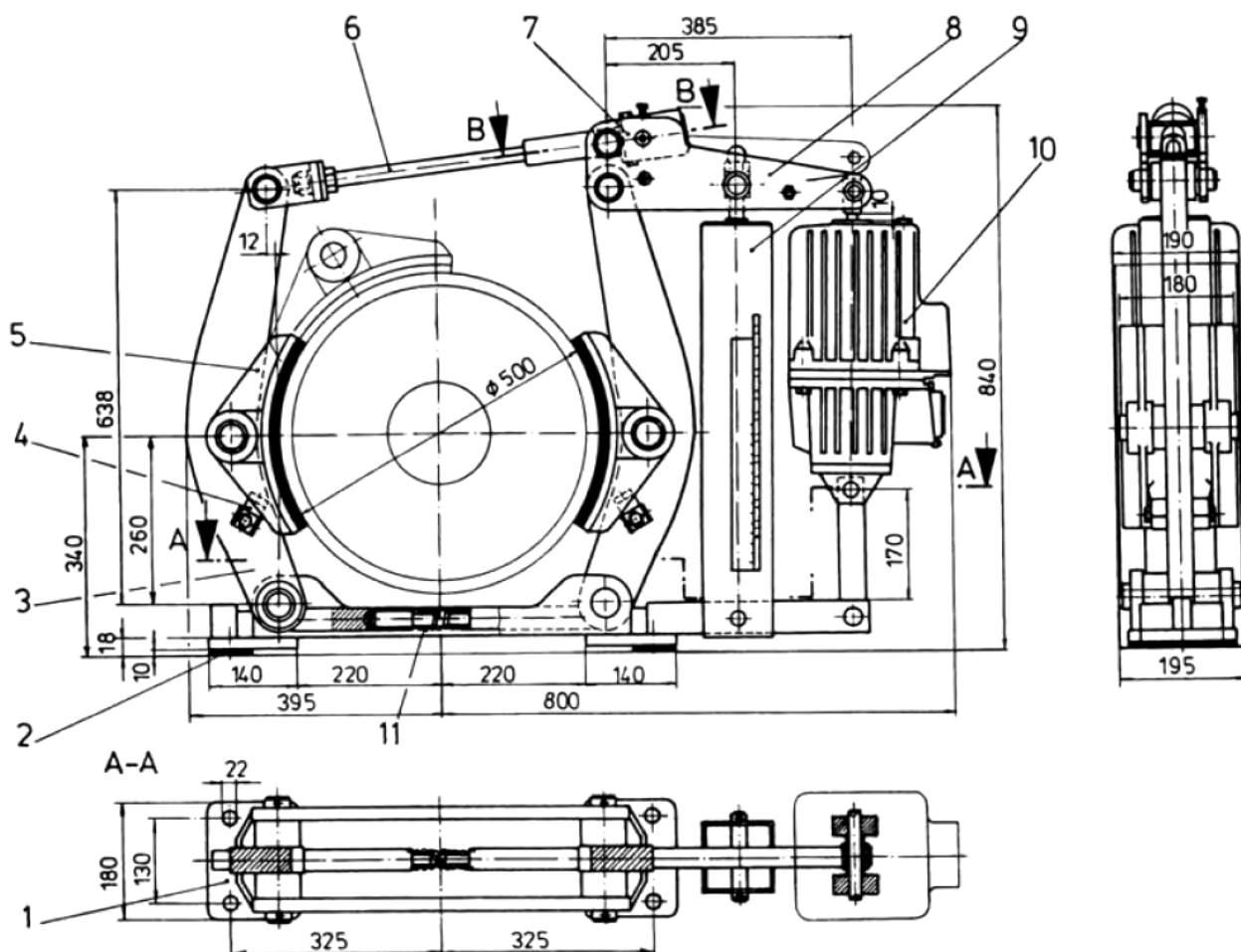
Због широке примене у индустрији и рада у различитим условима развијен је велики број конструктивних решења кочионих механизма дизаличних уређаја. Концепцијска решења зависе од више фактора: оптерећења, начина погона, брзине дизања, потребне брзине одзива, просторних ограничења итд. У овом поглављу биће анализирана решења кочница са посебним освртом на основне подсклопове кочионих уређаја и примену у различитим радним условима. Биће анализирани типови подизача, типови кочница, елементи за дизање и откочивање кочнице, радни флуид, оптерећење, димензије итд.

Дејство кочница аутоматизовано је помоћу специјалних откочних уређаја – подизача. Откочни уређаји – подизачи могу бити: електрохидраулички, електрични, електромагнетни, пнеуматски и др.

Постоје више конструктивних решења кочница и она се међусобно разликују у полужном систему и типу откочног уређаја.

7.1 Електрохидрауличке кочнице

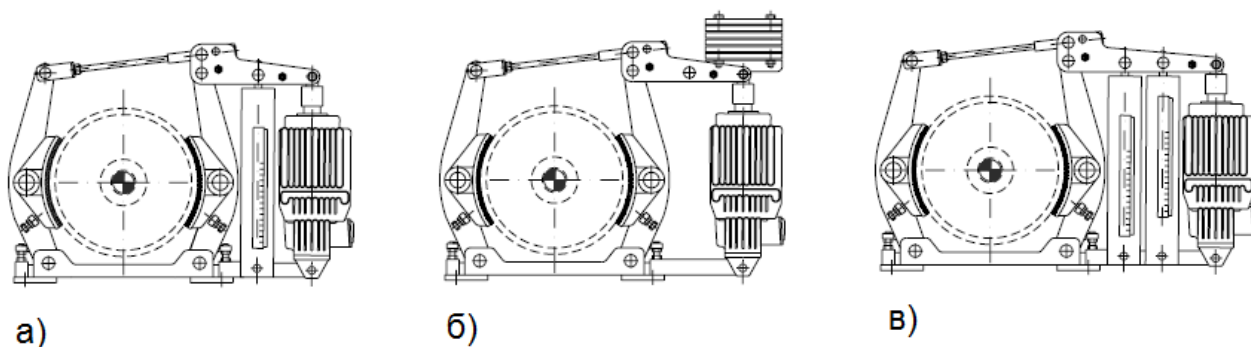
Кочница са електрохидрауличким подизачем чини јединствену целину која се комплетно уграђује на дизалицу. Саставни делови подизача су: кућиште са цилиндром испуњеним уљем, погонски трофазни асинхрони електро мотор, центрифугална пумпа и преносни механизам (клип, клипњача, регулациони вентил и повратне опруге), слика 7.1.



Слика 7.1 Кочнице са две папуче: 1 – носач (основа), 2 - 3 – кочиона полуга, 4 – граничник, 5 – папуче, 6 – затезна полуга, 7 – компензациони уређај, 8 – полуга, 9 – цилиндар са опругом, 10- подизач, 11 –пнеуматска опруга за подешавање, [6]

При упуштању електромотора погонског механизма у рад, активира се подизач, односно укључује се у рад електромотор и пумпа подизача. Створени притисак потискује клип, клипњачу и делује на полуге кочнице чиме се одмичу папуче од кочионог добоша. При заустављању кретања механизма, када се искључи електромотор, аутоматски се искључује и подизач. Снага кочења којом се враћа клип у почетни положај, док папуче не притисну кочиони добош, постиже се помоћу повратних опруга, чиме се избегавају ударна оптерећења на почетку и на крају кочења. За кочење се највише користе подизачи са већ уграђеном повратном опругом, слика 7.1, [2, 6].

Меродавна величина за избор хидрауличног подизача је кочиона сила коју треба да оствари повратна опруга уграђена у подизач. Начини конструктивног извођења електрохидрауличких кочица приказани су на слици 7.2.



Слика 7.2 Извођење електрохидрауличких кочица са две папуче произвођача Ремер, [21], а) типови RT, EB и SB, б) типови EBG и Type SBG, в) EB2F и SB2F

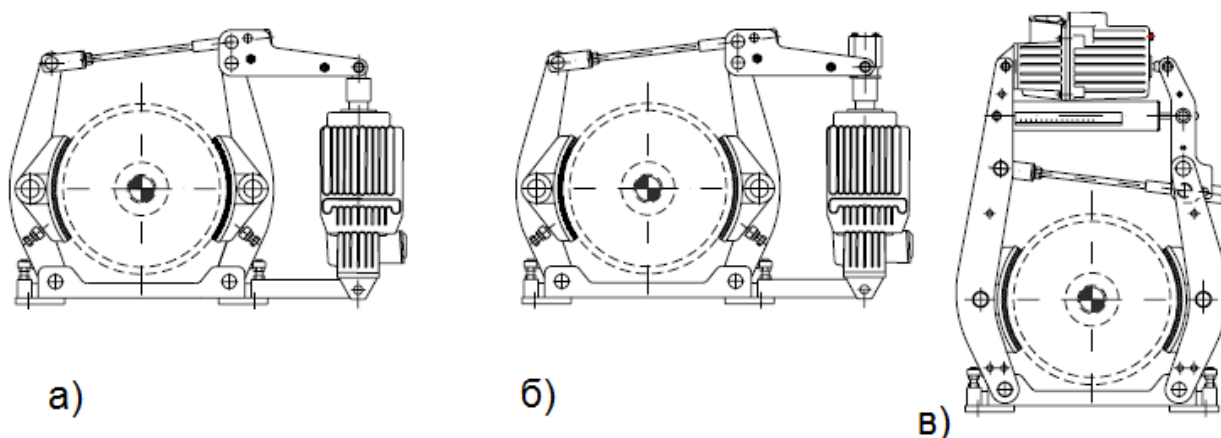
Код електрохидрауличких кочица типа RT, EB и SB приказаних на слици 7.2а), кочицу активира опружни елемент а откочивање се остварује подизачем. Кочиони момент је подесив. Могу да се користе као сигурносне кочице и у случају нестанка напајање када кочицу активира преднапрегнута опруга.

Кочицу на слици 7.2б) активира сила тежине тега, а откочује се подизачем. Кочиони момент се подешава променом тежине елемента за активирање. Из сигурносних разлога уграђују се преднапрегнуте опруге које се активирају у случају нестанка напајања.

Концепт кочице приказан на слици 7.2в) има две опруге које се користе за активирање кочице. Најпре се кочица активира једном опругом, а затим се активира друга опруга са одређеним кашњењем. Кочиони момент је могуће подешавати подешавањем крутости опруга.

Електрохидрауличке кочице приказане на слици 7.3 имају у подизач уграђене кочионе опруге, слика 7.3а) и поред интегрисане опруге има и опругу за подешавање, слика 7.3б). Када постоје просторна ограничења за смештај кочица, концепт са постављањем подизача изнад добоша представља могуће решење, слика 7.3в).

Електрохидрауличке кочице код већине водећих произвођача имају могућност уградње програмабилног фреквентног регулатора са функцијским модулима за активирање подизача. На тај начин могу се подешавати величине потребних хидрауличких сила. Пример за овакав начин примене аутоматизованог активирања и управљања кочењем је систем Brakematic, [19].



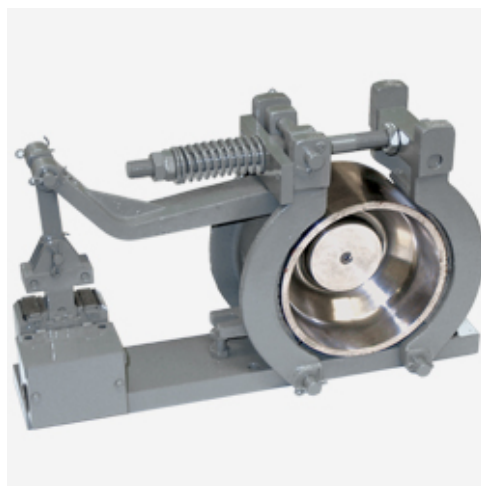
Слика 7.3 Извођење електрохидрауличких кочница са две папуче произвођача Ремер, [21] типови RTC, EBC и SBC, б) типови RTR, EBR и SBR, в) SL

7.2 Магнетне кочнице

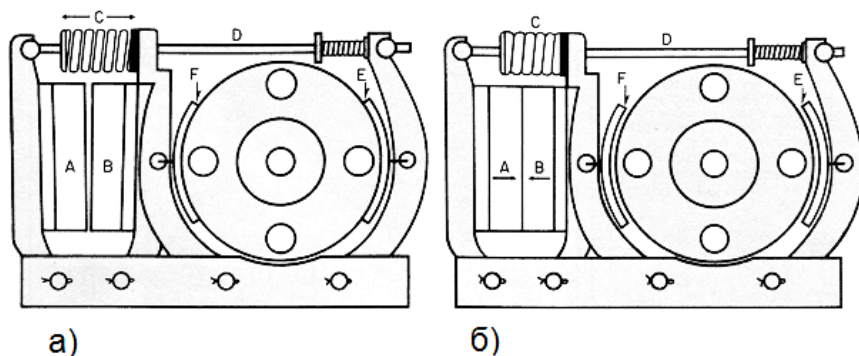
Магнетне кочнице се користе за заустављање и задржавање терета. Користе се код система за дизање терета, кранова, тракастих транспортера и код алатних машина, [11]. Патентирала их је фирма Вестингхаус. Производе се у комбинацији са опружним елементом за електрично откочивање. Код магнетне кочница типа ТМ произвођача Гемко користи се магнет једносмерне струје (А и В), слика 7.4, док се код типа СВ користи наизменична струја, слика 7.5. Када дође до прекида напајања опруга Ц повлачи полуку Д у лево, магнет В у десно и притисне силе делују на фрикционе облоге Е и Ф. Добош се кочи силом трења, слика 7.6а). Када се укључи напајање магнети А и В се привлаче, опруга С се сабија и кочионе папуче се фрикционим облогама се одвајају од добоша слика 7.6б).



Слика 7.4 Магнетне кочнице са магнетом једносмерне струје, Гемко, [11]



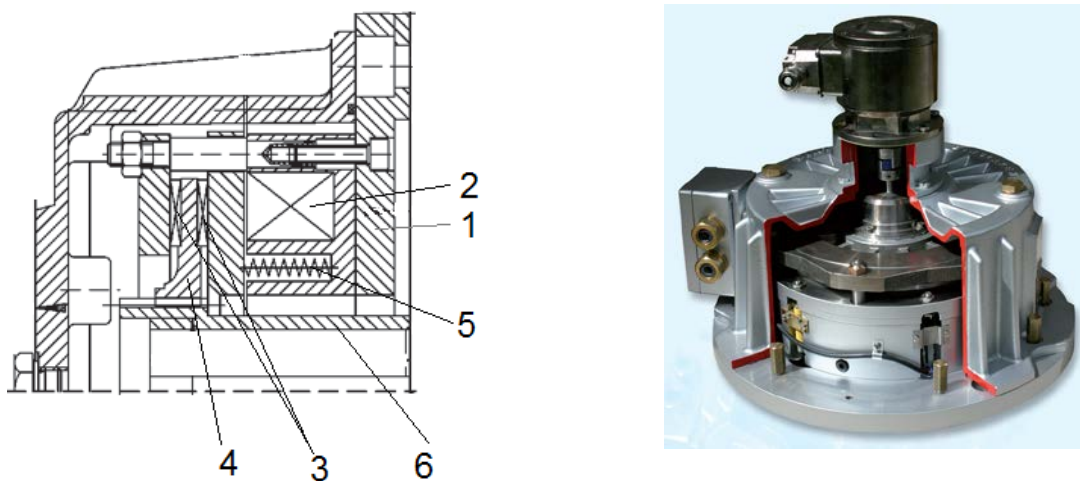
Слика 7.5 Магнетне кочнице са магнетним калемом наизменичне струје, Гемко, [11]



Слика 7.6 Принцип рада магнетне кочнице а) без напона б) под напонем, А, В – магнет, С – преднапругнута опруга, полуга, - Е F фрикционе облоге, [11]

7.3 Електромагнетне кочнице

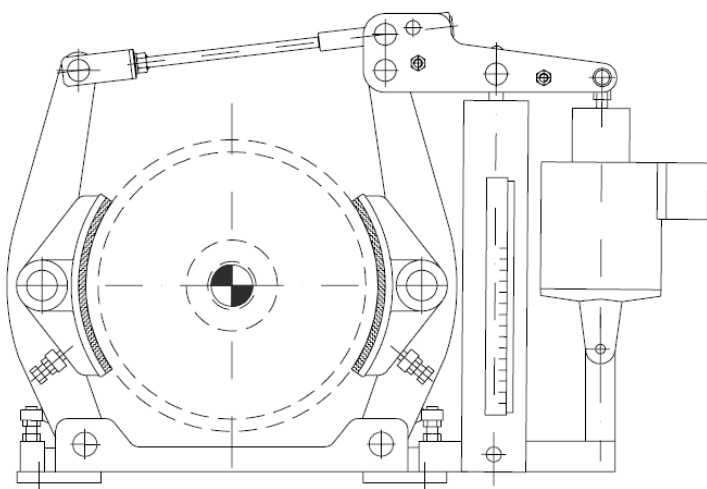
Истосмерна електромагнетна кочница је потисном опругом учвршћена на кућиште, слика 7.7. У мировању кочница није под напонем. Потисне опруге (5) потискују потисну плочу (4) на кочиони диск да фрикционим облогама (3), чиме се ротор блокира. У тренутку активирања, калем добија напон и електромагнет привуче потисну плочу савлађујући силу потисних опруга, кочиони диск са фрикционим облогама који је аксијално помичан ослобађа се кочионе силе и ротор почиње да се окреће. Када је кочница под напонем, онда се ротор слободно окреће. Примена електромагнетних откочних уређаја омогућује аутоматску контролу рада дизаличних механизма. Овај тип кочнице се примењује и код сигурносних кочница, када је у кратком временском периоду остварити високе вредности кочионих момената, слика 7.7.



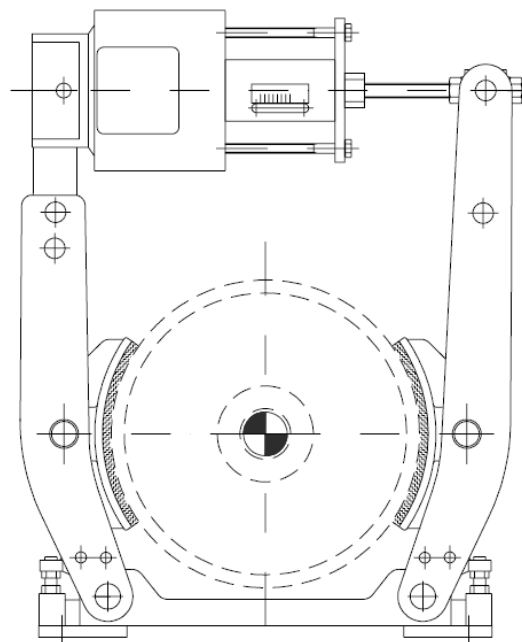
Слика 7.7 Пресек електромагнетне кочнице: 1- статор, 2-калем, 3 – фрикционе облоге, 4 – потисна плоча, 5 – потисне опруге и 6 – ротор, Пинч Бубензер, тип SBF, [7]

Механичке кочнице са две папуче са електромагнетним подизачем типа RTFM, EBFM, и SMFM произвођача Ремер, изводе се на тај начин што се кочење остварује помоћи силе у опрузи док се откочивање изводи електромагнетним путем. У случају нестанка струје кочница се затвара помоћу преднапругнуте опруге, слика 7.8,[7,20]. Код овог типа кочнице опружни и електромагнетни елемент су паралелни. Код

конструктивног решења електромагнетне кочнице типа LSFМ, слика 7.9, опружни и електромагнетни елемент су постављени редно.



Слика 7.8 Електромагнетна кочница типа RTFM, EBFM, и SMFM произвођач Ремер, [21]



Слика 7.9 Електромагнетна кочница типа LSFМ произвођач Ремер, [21]

Произвођач Пинч Бубензер поред електромагнетних кочница са две папуче (кочиони момент $M_k=120$ (420)-620 (2000) Nm, пречник добоша $D=200-500$ mm) производи и електромагнетне кочнице са диском. Ако се за напајање користи једносмерни напон 190 V остварују се кочиони моменти нижих вредности, а ако се користи наизменична струја напона 440 V већи кочиони моменти, [7]

Користе се као радне кочнице, понекад и као кочнице код помоћних погона за дизање. Електромагнетне кочнице се изводе и са диском. Кочиони момент електромагнетних кочница овог произвођача је у опсегу $M_k=100-360$ Nm и изводе се са дисковима димензија 200-500 mm. Често се изводе и са два диска.

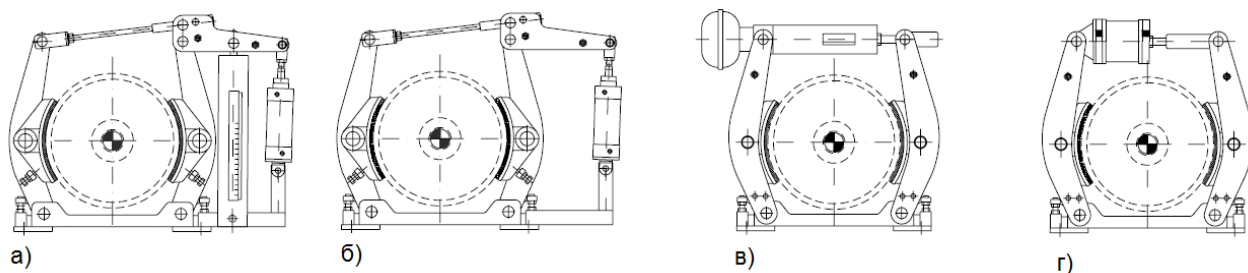
Произвођачи електромагнетних кочница су Итон (*Eaton*), Вестингхаус (*Westinghouse*), Џенерал електрикс (*General Electric*s), Гемко (*Gemco*) и други, [10].

7.4 Пнеуматске кочнице

Пнеуматске кочнице се користе код кранова и дизалица које имају, на пример пнеуматски управљачки систем или је главни кочиони систем возила пнеуматски (на пример код ауто дизалица). На тај начин, већ постојећи пнеуматски систем може да обезбеди снабдевање пнеуматског цилиндра компримованим ваздухом. Пнеуматски цилиндри се користе за активирање кочнице или за откочивање, али се комбинују са опругама које преузимају у том случају функцију откочивања или активирања.

Произвођач Ремер (*Römer*) користи пнеуматске кочнице само код кочница са папучама, док их произвођач Пинч Бубензер (*Pintsch Bubenzer*) примењује и код

кочница са дисковима. Кочиони моменти имају вредности у опсегу $M_k=150-1300$ Nm, за извођење са дисковима и $M_k=365-9650$ Nm за кочнице са папучама. Радни притисак је $p=6$ bar.

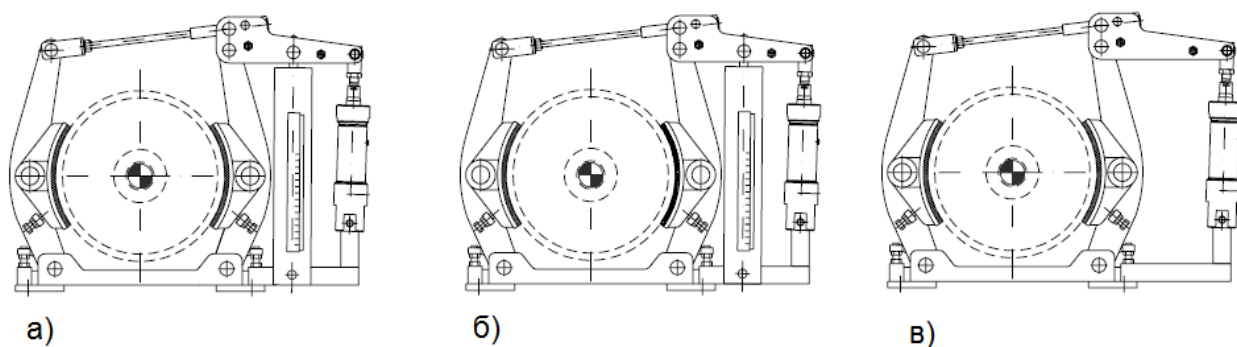


Слика 7.10 Извођење пнеуматских кочница са две папуче произвођача Ремер, [21], а) типови RTFP, EBFP, SBFP, RTPF, EBPf и SBPF б) типови RTPP, EBPP и SBPP, в) SHFP, г) SHPP

На слици 7.10 приказани су концепти извођења кочница са две папуче са пнеуматским подизачима. На слици 7.10а) приказани су типови RTFP, EBFP, SBF код којих се кочница активира опружним елементом, а откочивање се изводи уз помоћ пнеуматског цилиндра. Пнеуматски цилиндар и опружни елемент постављени су паралелно. Код кочница типа RTPF, EBPf и SBPF, кочница се активира пнеуматским елементом а откочивање се изводи опружним. На слици 7.10б) приказани су типови кочница RTPP, EBPP и SBPP код којих се и активирање и откочивање изводи помоћу пнеуматског цилиндра. Код типа пнеуматске кочнице SHFP кочница се активира опругом, а пнеуматским елементом се врши откочивање. Опружни и пнеуматски елемент су постављени изнад кочнице и везани су редно, слика 7.10в). Активирање и откочивање се изводи помоћу пнеуматског елемента који је постављен изнад кочнице, слика 7.10г). Кочиони моменти могу да достигну вредности и до 10 kNm.

7.5 Хидрауличке кочнице

Хидрауличке кочнице користе хидрауличке подизаче за откочивање и опружне елементе за активирање кочнице, слика 7.11а). Опружни и хидраулички елемент су постављени паралелно.

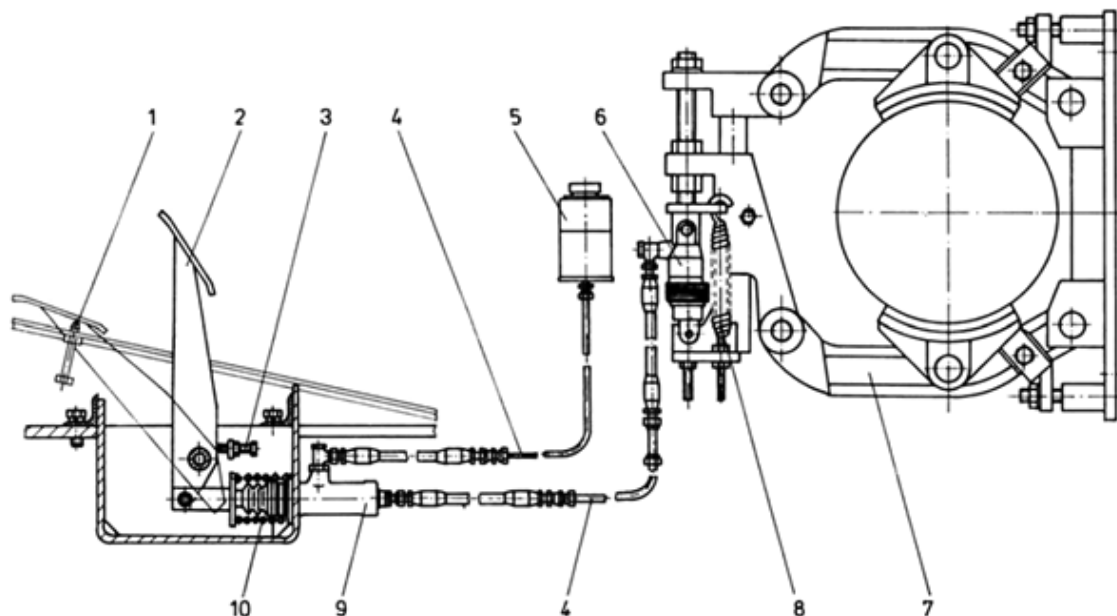


Слика 7.11 Извођење хидрауличких кочница са две папуче произвођача Ремер, [21], а) типови RTFH, EBFH и SBFH, б) типови RTR, EBR и SBR, в) SL

На слици 7.11б) приказани су типови RTHF, EBHF и SBHF који користе хидраулички подизач за кочење, а откочивање се изводи преко опружног елемента. Кочиони момент је подесив. На слици 7.11в) приказан је концепт хидрауличне кочнице

где се користи хидраулички цилиндар за активирање кочница и за откочивање. Момент је сразмеран притиску.

Овај тип кочнице се користи када је потребно мануелно активирање ногом, на пример HBNd кочница Пинч Бубензер.



Слика 7.12 Активирање добош кочнице са двоструким папучама са хидрауличким преносним механизмом, 1, 3 – граничници, 2 – командна педала, 4 – систем црева, 5 – резервоар, 6 – кочиони цилиндар, 7 – кочионе полуге, 8 – повратна опруга, 9 – главни цилиндар, 10 – повратна опруга, [3].

Добош кочнице са хидрауличким подизачем и кочионом полугом имају дуго време активирања, реда неколико десетина секунде. На пример, код погонских система багера ово је спор одзив, те је погодније користити електромагнетне кочнице због бржег одзива.

Када се добош кочнице активирају механичким путем често се примењује хидраулички преносни механизам који има ножни командни механизам, слика 7.12.

Кочиони добош се користи код механизма за дизање терета и код механизма за кретање. Предности добош кочница у односу на остале типове механичких кочница су: једноставна конструкција, лако одржавање и могућност хоризонталног постављања.

Хидраулично активирање кочница се примењује и код диск кочница најчешће као кочница за помоћно кретање, а не за дизање терета. Углавном се могу наћи и код диск кочница са стегом али се примењују на уређајима који раде на великим бројевима обртаја.

Хидраулично активирање се примењује и код кочница са траком, Пинч Бубензер ВНВ. Кочиони моменти који могу да се остваре су у опсегу $M_k=60-253 \text{ kNm}$ и зависе од ширине кочионе траке. Хидрауличка погонска јединица користи мотор снаге 3 kW , пумпу протока 9 l/min , притисак је $p=180 \text{ bar}$, а запремина резервоара за уље је 30 l , [7].

8 Закључци

Кочнице механизма за подизање терета морају да: обезбеде довољан кочиони момент према условима рада, да се брзо затварају и отварају, да имају једноставну конструкцију, да се једноставно одржавају, да су поуздане у раду, да имају малу масу и димензије, да имају топлотну стабилност и да имају да ниску цену коштања.

У раду је извршена класификација кочионих уређаја механизма за дизање терета по више критеријума и то:

- према конструктивном извођењу радних елемената на кочнице: са тракама, са папучама, са ламелама, диск кочнице и конусне,
- према начину деловања на: аутоматске и управљиве,
- према смеру деловања на: устављачке, кочнице за спуштање терета и регулаторе брзине,
- према начину деловања силом управљања на: нормално отворене и затворене кочнице,
- према начину трансформације енергије кретања на: електричне и механичке кочнице и
- према намени на: кочнице за спуштање, кочнице за кретање и кочнице за заустављање.

Најширу примену имају кочнице са папучама (две папуче). Кочнице са две папуче се користе код механизма за дизање терета и код механизма за кретање. Изводе се са електрохидрауличким, хидрауличким, електромагнетним, пнеуматским подизачима. За активирање и откочивање кочница користе се подизачи и опружни елементи. Подизачи и опружи елементи могу да буду постављени паралелно или редно. Зависно од типа подизача, конструктивног решења могу се остварити моменти кочења у опсегу $M_k=200 \text{ Nm} - 9650 \text{ Nm}$ са пречницима кочионог добоша $D_k=200-710 \text{ mm}$.

Предности кочница са папучама у односу на остале типове механичких кочница су: једноставна конструкција, лако одржавање и могућност хоризонталног постављања.

Диск кочнице се користе за главно и помоћно дизање терета и кретање колица. Користе се као сигурносне кочнице у хаваријским условима. Лако се одржавају, имају могућности самоцентрирања, могућност аутоматске компензације хабања, имају компактну конструкцију и имају могућност примене дискова различитих димензија. Изводе се са електрохидрауличким, електромагнетним, хидрауличким и са пнеуматским подизачима. Могу да се изводе са једном или две стеге. Стеге могу бити непокретне и клизајуће. Кочиони дискови могу да се изведу као пуни и самовентилирајући.

Остварују кочионе моменте у опсегу $M_k=250 \text{ Nm} - 22500 \text{ Nm}$ или са пливајућом стегом $500 \text{ Nm} - 30000 \text{ Nm}$. Пречници дискова су $D_k=200-900 \text{ mm}$.

У односу на добош кочнице са две папуче, диск кочнице имају стабилнији коефицијент трења, бржи одзив на команду активирања и отпуштања, брже хлађење те могу да раде и при температурама до 350°C .

Тракасте кочнице се налазе у производним програмима свих анализираних произвођача али у знатно мањем обиму од диск кочница и кочница са две папуче. Изводе се као сигурносне кочнице. Користе електрохидрауличке подизаче. Имају

једноставну и компактну конструкцију и имају могућност подешавања кочионог момента.

Тракасте кочице имају веће димензије у односу на диск кочице и кочице са папучама али и остварују веће кочионе моменте. Пречници добоша су $D_k=990 \text{ mm}$ - 1240 mm , а кочиони момент зависи од ширине траке и креће се у опсегу $M_k= 100 \text{ kNm}$ - 253 kNm .

9 Литература

- [1] Острић Д., Тошић С.: *Дизалице*, Машински факултет, Центар за механизацију, Београд, 2005.
- [2] Мијаловић Р., Маринковић З., Јовановић М.: *Дизалице, основе*, Градина, Ниш, 1994.
- [3] Scheffler M.: *Grundlagender Fördertechnik - Elemente und Triebwerke*, Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1994, ISBN 978-3-322-96882-1.
- [4] Тодоровић Ј.: *Кочење моторних возила*, Завод за уџбенике и наставна средства,, ISBN 86-17-00337-5, Београд, 1988
- [5] <http://www.sibre.de/index.php/en/downloads-2>, приступљено 15.07.2014.
- [6] http://pintschbubenzer.de/wp-content/uploads/2011/11/Drum_brakes_e.pdf, приступљено 10.05.2014.
- [7] http://pintschbubenzer.de/wp-content/uploads/2011/11/katalog_kranbau_englisch_0410_low.pdf, приступљено 10.05.2014.
- [8] <http://www.roemer-foerdertechnik.de/downloads/katalog-bandbremsen/>
- [9] <http://www.wittonkramer.com/mhwkbrake.htm>, приступљено 31.08.2014.
- [10] <http://www.dukebrakes.com/products.html>, приступљено 31.08.2014.
- [11] <http://www.gemcodirect.com/products/brakes/drum/cb-tm/p1.htm>, приступљено 31.08.2014.
- [12] Тошић С.: *Прорачун машина непрекидног транспорта и дизаличних уређаја*, Машински факултет, Београд, 2001.
- [13] Дедијер С.: *Основи транспортних уређаја*, Грађевинска књига, Београд, 1989.
- [14] Шаљић Д.: *Транспортни уређаји - упутство за израду пројекта и збирка решених задатака*, Машински факултет, Крагујевац, 1978.
- [15] Haberhauer H., Bodenstein F.: *Maschinenelemente, Gestaltung, Berechnung, Anwendung 16.*, bearbeitete Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-642-14289-5, 2011.
- [16] Verschoof J.: *Cranes – Design, Practice, and Maintenance*, 2nd edition, Professional Engineering Publishing Limited London and Bury St Edmunds, ISBN 1 86058 373 3, 2002.
- [17] Von Berg D.: *Krane und Kranbahnen, Berechnung, Konstruktion, Ausführung*, B. G. Teubner Stuttgart, ISBN 978-3-322-96767-1, 1989
- [18] Shapiro L. K., Shapiro J. P.: *Cranes and Derricks*, McGraw Hill, ISBN 978-0-07-162558-6, 2011.
- [19] <http://www.hainzl.at/hydraulic-components/scheibenbremsen/aktivbremsen.html?L=1>, приступљено 15.07.2014.
- [20] <http://www.emg-automation.com/en/thrusters/brake-lifting-devices/electrohydraulic-thruster-eldro-standard-unit>, приступљено 12.08.2014.

- [21] [http://www.rft-
germany.com/fileadmin/Redaktion/PDF/Download/Kataloge_englisch/Brakes,прист
упљено](http://www.rft-germany.com/fileadmin/Redaktion/PDF/Download/Kataloge_englisch/Brakes,прист
упљено) 31.08.2014.