

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 15/2017

Александар С. Соковић

Примена хидрауличних инсталација у камионским надградњама

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др. Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Крагујевац, септембар 2020. године



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Александар Соковић**

Број индекса: **15/2017**

ПРИЈАВА ЗАВРШНОГ РАДА

Тема рада: **Моделирање хидропреносника за камионске надградње**

Задатак: У оквиру завршног рада потребно је да кандидат опише хидрауличне инсталације. Затим, потребно је описати врсте и карактеристике хидроцилиндара. Потребно је навести и описати хидропреноснике који се користе за остваривање кретања код појединих машина алатки. У посебном делу рада описати избор хидрауличних елемената потребних за функционисање камионских надградњи и дати хидрауличну шему, у предузећу Хидраулика–Куреља Пролетер, Крагујевац.

Завршни рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања,
2. Опис хидрауличних инсталација,
3. Врсте и карактеристике хидроцилиндара,
4. Хидропреносници код машина алатки,
5. Избор хидрауличних компоненти за камионске надградње, у предузећу ХК-Пролетер, Крагујевац,
6. Закључци,
7. Литература.

Ментор:

Др Богдан Недић, редовни професор

Крагујевац, 13.03.2020. године

Abstract

This essay explains hydraulic installations, also known as "hydraulic transmissions". With their help, it is possible to transport oil. Briefly, the hydraulic pump hoovers the oil from the tank and injects it into the pipelines, sending it to the actuators. The actuator can be a hydraulic motor or a hydraulic cylinder. In this essay, the emphasis was on hydraulic cylinders as actuators. The essay describes in detail the used hydraulic cylinder in the practical part, which is a telescopic hydraulic cylinder. A separate chapter (chapter 4) is about hydraulic transmission schemes of machine tools, where the vertical planer stands out. The practical part of the final essay was done in the company Hidraulika Kurelja-Proleter, on the example of a three-way tipper. The purpose was to choose the necessary elements that will constitute the hydraulic installation.

Key words: *hydraulic installations, hydraulic transmissions, hydrocylinder, telescopic hydrocylinder, Hidraulika Kurelja-Proleter, three-way tipper*

Резиме

У овом раду објашњене су хидрауличне инсталације, познате још под називом „хидропреносници“. Помоћу њих, омогућава се транспорт уља. Укратко, хидропумпа утисава уље из резервоара и уводи га у цевоводе, шаљући га до извршних органа. Извршни орган може бити хидромотор или хидроцилиндар. У овом раду, акценат је био на хидроцилиндрима као извршним органима. У раду је детаљно описан коришћени хидроцилиндар у практичном делу, а то је телескопски хидроцилиндар. Посебно поглавље (поглавље 4) је предвиђено за шеме хидропреносника машина алатки, где се издваја вертикална рендисаљка. Практични део завршног рада је урађен у предузећу Хидраулика Куреља–Пролетер, на примеру тространог кипера. Циљ је био изабрати неопходне елементе који ће сачињавати хидрауличну инсталацију.

Кључне речи: *хидрауличне инсталације, хидропреносници, хидроцилиндар, телескопски хидроцилиндар, Хидраулика Куреља–Пролетер, тространи кипер*

Садржај

1. Увод.....	5
2. Опис хидрауличних инсталација.....	6
2.1 Основни елементи хидрауличних инсталација.....	8
2.2 Вентили хидрауличних инсталација	10
2.3 Остали елементи хидрауличних инсталација - прибори	15
3. Хидроцилиндри – појам, задатак, примена, делови	17
3.1 Прорачун основних величина хидроцилиндара	19
3.2 Врсте и карактеристике хидроцилиндара	21
3.2.1 Монтажа хидроцилиндара.....	24
3.2.2 Пригушење на крају хода хидроцилиндара.....	27
3.2.3 Заптивачи хидроцилиндара.....	28
3.3 Избор хидроцилиндара	30
4. Хидропреносници код машина алатки.....	34
4.1 Хидрауличне инсталације са пумпом константног капацитета	35
4.2 Хидрауличне инсталације са пумпом променљивог капацитета	39
5. Избор хидрауличних инсталација тространог кипера	43
6. Закључак.....	51
7. Литература	52

1. Увод

Значај хидраулике за покретање разних извршних органа, показао се веома користан при пројектовању надградњи за камионе. Поред поменуте примене, хидрауличне инсталације се могу применити код разних машина алатки, преса и слично. Принцип рада је врло једноставан. Хидраулик (обично уље, а може и вода) усисава хидропумпа, која га кроз цевоводе шаље у разводник, а он, кроз евентуално пригушни вентил, у хидроцилиндар или пак хидромотор. Када се ради о камионским надградњама, искључиво се користе хидроцилиндри као извршни органи. Концепт рада је замишљен на начин да се прво опишу сви неопходни елементи хидрауличних инсталација, познатијих као хидропреносници. Потом, фокус је био усмерен на хидроцилиндре, пре свега на врсте и карактеристике и детаљно су описана пет најчешће коришћена типа хидроцилиндара. Затим су дате хидрауличне шеме код машина алатки, где се издваја примена ових преносника код главног и помоћног кретања вертикалне рендисаљке. На крају, потребно је било одрадити практични рад у предузећу Хидраулика Куреља–Пролетер. Практични рад се састојао у избору компоненти инсталација за тространи кипер, разумевању и тумачењу његове шеме.

У поглављу 2, дат је опис хидрауличних инсталација. Хидрауличне инсталације се састоје од основних елемената (хидропумпа, хидромотор и хидроцилиндар), од разних врста и типова вентила (преливни, пригушни, разводни, неповратни) и од прибора (филтери, резервоар, акумулатор и слично).

У поглављу 3, показани су хидроцилиндри. Сам почетак тог поглавља говори о хидроцилиндрима једноструког и двоструког дејства, о њиховим разликама и принципу рада. Кључна разлика јесте што се код хидроцилиндара једноструког дејства остварује само радни ход, док је повратни обезбеђен опругом, спољашњим оптерећењем или тегом, а код хидроцилиндара двоструког дејства се реализује и радни и повратни ход. Потом, изабрани су и објашњени неки карактеристични типови хидроцилиндара, као што су диференцијални, цилиндар са двостраном клипном осовином, плунжерски, односно цилиндар једноструког дејства, затим телескопски и тандем хидроцилиндар. На крају овог поглавља, дат је избор хидроцилиндара према каталогу компаније Петолетка.

Поглавље 4 је било посвећено хидрошемама машина алатки, од којих се издваја шема вертикалне рендисаљке. У истом поглављу, приказане су шеме са пумпом константног и променљивог капацитета, како би се, на тим примерима, уочио њен значај. Пример вертикалне рендисаљке је био одговарајући, из разлога што оне имају и главно и помоћно кретање које је праволинијско.

Поглавље 5 је предвиђено за практични рад у предузећу ХК–Пролетер, Крагујевац. Предузеће се бави производњом и уградњом камионских надградњи. Практични део се односио на учествовање у избору компоненти хидрауличних инсталација за тространи кипер, фокусирајући се на избор хидроцилиндара, пумпе и разводника. У истом поглављу биће дати разни подаци и обрасци валидни за прорачун, углавном из каталога Немачке компаније Meiller Kirrер. Код свих кипера, па тако и код тространог, избор типа хидроцилиндара је јасан – телескопски, било једноструког или двоструког дејства, са одговарајућим ходом извлачења и носивошћу. Избор пумпе је клипна аксијална пумпа, пошто се углавном користе пумпе константног капацитета велике носивости. Као разводник, изабран је пнеуматски разводник којим се управља хидраулични вентил.

2. Опис хидрауличних инсталација

Под појмом, термином „хидрауличке инсталације“, подразумевају се хидраулични преносници или тзв. хидраулични системи. Хидрауличним инсталацијама се врши пренос кретања, обртног момента или силе преко медијума у виду флуида, а све у циљу претварања механичке енергије у хидрауличну и обратно. Као радни флуид се најчешће користи уље, али се такође могу применити разне врсте синтетичких течности, емулзије, чак и вода. Данас, под појмом „хидраулика“ се подразумева преношење и управљање силама и кретањима посредством течности. Хидромеханика се дели на две основне области, а то су хидростатика (механика мирне течности) и хидродинамика (механика струјне течности). Код хидростатике се углавном ради о преносу силе без или са веома малим померањима, док се код хидродинамике ради о преносу енергије при већим или мањим брзинама кретања.

Као и сваки вид погона, тако и хидраулични (скраћено хидро) преносници имају одређени број предности и недостатака. Предности се углавном базирају на добрим карактеристикама уља. Оно што је битно истаћи јесте да предности доминирају у односу на недостатке. С друге стране, хидропреносници имају релативно високу цену коштања елемената и уређаја.

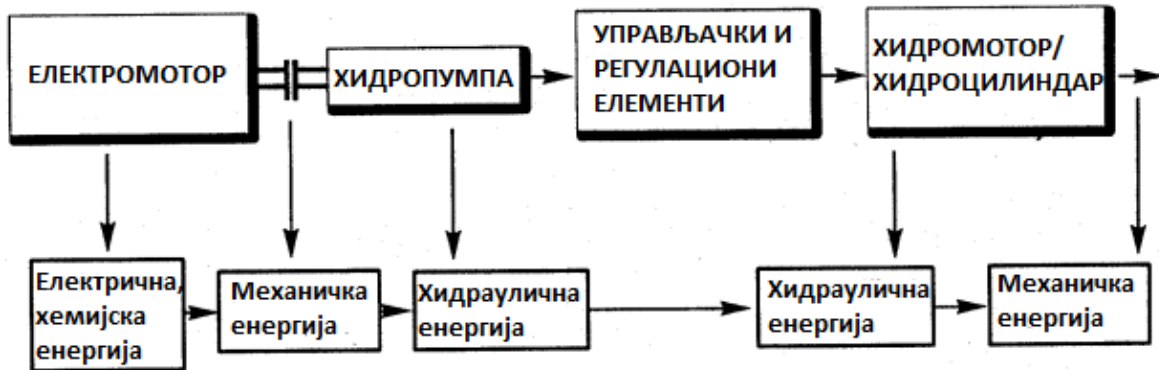
Предности хидрауличних инсталација су [1]:

1. Могуће постизање великих сила;
2. Једноставност претварања енергије медијума у механички рад;
3. Аутоматско прилагођавање спољашњем оптерећењу;
4. Могуће покретање под пуним оптерећењем;
5. Једноставно и континуирано подешавање брзине, силе, момента;
6. Могуће нагле промене смера и брзине;
7. Могуће велике брзине и екстремно ниске брзине;
8. Прецизно позиционирање;
9. Једноставност заштите од преоптерећења;
10. Једноставност подмазивања;
11. Висока поузданост у раду;
12. Висока економичност у раду;
13. Једноставно и јефтино одржавање.

Недостаци хидрауличних преносника су [1]:

1. Потребно генерирати хидрауличку енергију;
2. Потребни су повратни водови;
3. Релативно висока цена уређаја и елемената;
4. Промена карактеристичних уља (са температуром и притиском, старење);
5. Релативно прљав погон.

У зависности од облика кретања које се предаје извршном органу неке машине, постоје хидраулични преносници за обртна и за праволинијска кретања. У оба случаја, као основни хидроелемент се јавља хидраулична пумпа (хидропумпа), која има улогу да механичку енергију (углавном добијену од електромотора) претвори у потенцијалну енергију флуида у виду притиска и протока (брзине). На крају преноса, налази се било хидромотор (за обртна кретања), било хидроцилиндар (за праволинијска кретања), који потенцијалну енергију флуида поново претварају у механичку. Блок дијаграм претварања енергије у хидрауличким инсталацијама дат је на слици 2.1.



Слика 2.1. Блок дијаграм претварања енергије у хидрауличким инсталацијама [2]

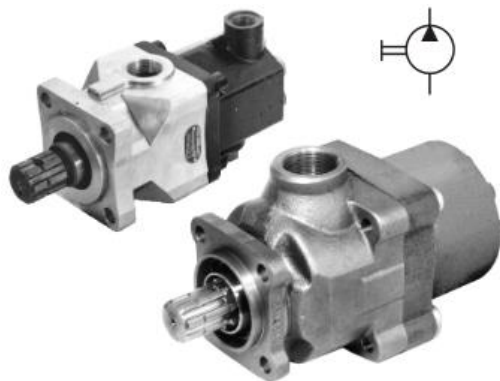
Брзина кретања извршног органа било које машине, условљена је количином флуида који у јединици времена прође кроз потрошач, било хидроцилиндар било хидромотор. Величина остварене силе извршног органа зависи од радног притиска флуида. Сходно овоме, наводе се две основне величине хидрауличких преносника: проток и радни притисак, на основу којих се врши димензионисање и избор хидрауличких елемената. Проток представља количину течности коју пумпа у једном минути шаље у инсталацију, па се може закључити да проток зависи искључиво од капацитета пумпе. Проток се изражава у литрима по минути (l/min). С друге стране, притисак представља карактеристику пумпе само као екстремни притисак који пумпа може да оствари, односно са којим се она може оптеретити. Притисак се у хидраулици искључиво изражава у барима (bar), при чему важи једнакост: $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$. Стварни притисак у инсталацији зависи од отпора који се код хидроцилиндара или хидромотора јављају, а ограничава се посебним вентилима сигурности, тзв. преливним вентилима [2].

Дакле, могуће је уочити и повезати следеће величине: брзина извршног органа директно зависи од протока, док сила извршног органа директно зависи од притиска. Затим, промена брзина кретања се остварује променом протока кроз хидроцилиндар или хидромотор, што се може реализовати избором хидропумпе. С друге стране, промена силе се обезбеђује разним пригушним вентилима, чији назив најбоље описује њихов задатак, који се односи на пригушење притиска.

2.1 Основни елементи хидрауличних инсталација

Све хидрауличне инсталације су састављене, зависно од намене, од већег или мањег броја међусобно повезаних елемената од којих су најважнији (најосновнији) хидропумпе, хидромотори и хидроцилиндри. Такође, поред њих, веома су важни, практично неопходни вентили различитих намена, заптивачи, контролни елементи, цевоводи и слично.

Задатак **хидропумпи** је да се, посредством механичке енергије добијене од електромотора, произведе кретање (струјање) флуида уз потребан притисак. Принцип рада се састоји из уписавања флуида из резервоара и даљег потискивања ка излазу из пумпе, након чега течност доспева у инсталацију и преноси се преко управљачких и регулационих елемената до хидромотора, односно хидроцилиндра. Најуопштенија подела хидропумпи и то подела према могућности промене протока, извршена је на хидропумпе константног и променљивог капацитета. У хидропумпе константног капацитета се убрајају зупчaste пумпе, завојне пумпе, вишећелијске – крилне пумпе, радијалне клипне пумпе и аксијалне клипне пумпе. Символ ових пумпи се састоји од круга у чијем се горњем делу налази затамњени троугао, који показује да је у питању хидраулични елемент, а не пнеуматски (незатамњени троугао). Вертикалне линије представљају прикључке за усисни и потисни вод, при чему усисном воду одговара линија испод круга, док потисном воду одговара линија изнад круга. На крају, две линије (са леве стране) означавају везу са електромотором. На слици 2.2 је дат приказ аксијалне клипне пумпе из каталога Петолетке, као и њен симбол.



Слика 2.2. Аксијална клипна пумпа из каталога Петолетке [3]

Под хидропумпе променљивог капацитета подпадају вишећелијске пумпе променљивог капацитета, као и поједине хидропумпе које су претходно дефинисане као пумпе константног капацитета, ако се изведу одговарајућом конструкцијом, са изузетком зупчастих и завојних пумпи. Ове пумпе имају додатне ознаке на већ приказаном симболу хидропумпе константног капацитета. Те додатне ознаке се односе на једнострану стрелицу преко круга која представља променљивост капацитета (протока). Та стрелица може бити и двострана, за случај да се ради о хидропумпи променљивог протока и променљивог смера кретања уља. На слици 2.3 су приказани симболи пумпи променљивог капацитета.



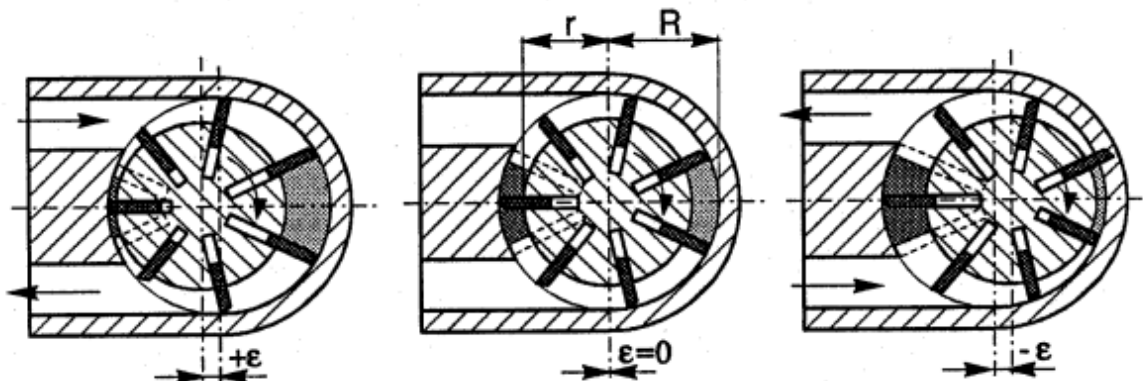
Слика 2.3. Симболи хидропумпи променљивог капацитета [2]

Што се **хидромотора** тиче, за разлику од хидропумпи које претварају механичку енергију у енергију флуида, они енергију флуида претварају поново у механичку енергију, односно механички рад, што их категоризује као потрошаче. Већина хидромотора се не разликује од хидропумпи, што се конструкције тиче. Једина разлика јесте што се хидромоторима на улаз доводи уље под притиском. Основна подела хидромотора је извршена на оне са константним и променљивим капацитетом. Симболи хидромотора, било константног било променљивог капацитета, практично су исти као и за хидропумпе, са разликом да је врх троугла усмерен према центру, што показује да се ради о потрошачу. На слици 2.4 је приказан зупчасти мотор из каталога Петолетке, као и његов симбол.



Слика 2.4. Зупчасти мотор из каталога Петолетке [4]

Како је већ речено да је принцип рада исти, било за хидропумпе било за хидромоторе, он ће бити појашњен на примеру вишећелијског мотора/пумпе. На слици 2.5 је дат приказ вишећелијског мотора/пумпе, на коме/којој се уочавају три конструкције, зависно од тога где је ексентар постављен. Поента је да лопатице, радијално покретне по каналима у ротору, са површинама ротора и статора формирају ћелије променљиве запремине, што представља базу функционисања. Сходно томе, на левој страни слике 2.5 је дат мотор/пумпа чији је ротор ексцентрично померен улево у односу на осу статора, тако да ће на левој страни бити мања запремина ћелија. Хидропумпа, као и хидромотор има два прикључка, један за усисавање уља, други за испуштање. Усисавање се изводи окретањем ротора, чиме се повећава запремина ћелија на левој страни. Даље, уље се транспортује у доњи део, где се смањује запремина уља у ћелијама и уље се испушта кроз поменути прикључак.



Слика 2.5. Вишећелијска хидропумпа/хидромотор [2]

Што се **хидроцилиндра** тиче, који се понекад називају линеарним моторима, они су такође потрошачи, који енергију флуида поново претварају у механички рад. Конкретније, њихов задатак је да енергију флуида претворе у праволинијско кретање извршног органа, преносећи притом одређену силу. Састоје се углавном од кућишта и клипа на који, са једне или обе стране, делује притисак уља, стварајући силу која покреће клип. Укратко, принцип рада се састоји у томе да се уље доведе на један прикључак и покрене клип, обезбеђујући радни ход, док је повратни обезбеђен опругом. Друга могућност јесте да се повратни ход обезбеди на исти начин као и радни, посебним прикључком којим ће се усисавати уље из резервоара. О хидроцилиндима посебно, биће посвећено једно цело поглавље, са акцентом на врсте и карактеристике хидроцилиндара.

2.2 Вентили хидрауличних инсталација

Поред описаних основних елемената свих хидрауличних инсталација (хидропумпа, хидромотор и хидроцилиндар), потребно је објаснити вентиле, од чијег већег или мањег броја је сачињена свака инсталација. Вентили имају задатак да управљају и регулишу кретање извршних органа машине, као и да штите цели систем од непредвиђених неправилности и преоптерећења. Могу се поделити на три основне групе. Прву групу чине вентили за регулисање потребног притиска у инсталацији (преливни вентили), другу групу чине вентили за развођење хидраулика (разводни вентили), док се у трећу групу сврставају пригушни вентили или регулатори протока (струјни вентили) [2].

Вентили су карактеристични по томе што се понекад једна иста врста вентила може користити у различите сврхе, зависно од тога како се повеже са осталим елементима инсталације. Међутим, оно што је свим вентилима заједничко јесте да се од њих захтева изузетно поуздан рад, са одговарајућим степеном сигурности и са што мањим губицима. Све поменуто захтева високу прецизност при изради вентила, као и адекватан избор одговарајућег материјала.

Преливни вентил

Преливни вентили имају задатак да регулишу потребан притисак у хидрауличној инсталацији, омогућавајући сигуран рад система, посебно у ситуацијама када дође до прекомерних оптерећења извршног органа машине. Нека основна подела, извршена је на вентиле сигурности, укључне и искључне притисне вентиле и на редуцир вентиле.

Како је то био случај са хидромоторима и хидропумпама, тако и вентили, конкретно преливни вентили, имају свој симбол по којем се препознају. На слици 2.6 је дат приказ вентила за ограничење притиска из каталога Петолетке, са својим симболом.



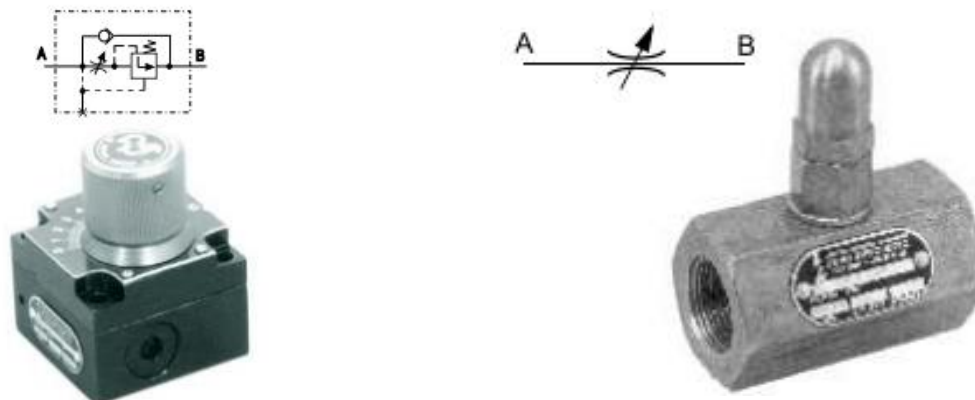
Слика 2.6. Вентил за ограничење притиска из каталога Петолетке [5]

Вентил са слике 2.6 се користи као управљачки. Затварач, облика конуса, је оптерећен опругом, при чему опруга мења притисак са променом силе. Подешавање притиска се обавља ручно, преко точкића. Ово је вентил са директним управљањем, за уградњу на подложне плоче. Симбол директно управљаног преливног вентила са слике 2.6 има два прикључка. Прикључак Р је повезан са притиском система, док је прикључак Р спојен са резервоаром. Отварањем конуса, у тренутку када се прекорачи подешени притисак, остварује се директна веза ова два прикључка.

Струјни вентил

Струјни вентили имају задатак да утичу на брзину кретања потрошача, тако што ће регулисати количину хидраулика (протока) који се предаје потрошачу. Ови вентили омогућавају континуалну промену брзине, било да се ради о праволинијском или обртном кретању. Према основним карактеристикама, струјни вентили се деле на вентиле зависне од притиска и вискозитета, вентиле зависне од притиска и независне од вискозитета, вентиле независне од притиска и зависне од вискозитета и на вентиле независне од притиска и вискозитета. Вентили који зависе од притиска се називају пригушним вентилима, док се вентили зависни од вискозитета често називају регулаторима протока.

На слици 2.7 (лево) је приказан двограни регулатор протока из каталога Петолетке, са одговарајућим симболом. На истој слици, десно, приказан је пригушни вентил, такође из каталога Петолетке, са одговарајућим симболом.



Слика 2.7. Двограни регулатор протока и пригушни вентил из каталога Петолетке [6]

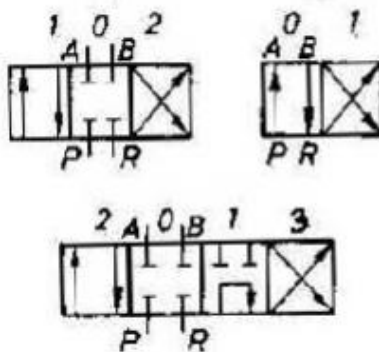
Двограни регулатор са слике 2.7 је намењен за регулацију протока у хидрауличним системима независно од промене притиска и температуре течности. Они су вентили са непосредним управљањем, за уградњу на подножну плочу. Са њиховог симбола се може уочити да се састоје од склопа преливног, пригушног и неповратног вентила. Пригушни вентил приказан на истој слици је намењен за регулацију брзине кретања хидроцилиндра или хидромотора. Подешавање протока се обавља ручно, кључем.

Разводни вентил

Разводни вентили, познатији као разводници, имају улогу да усмеравају уље (хидраулик) под притиском у коморе извршних органа, како би они остварили померање у жељеном смеру. Понекад се користе и за заустављање и поновно покретање радног елемента извршног органа. Према начину деловања, разводници могу бити аксијални или ротациони. Према конструкцији, могу бити клипни, плочасти и са седиштем. На слици 2.8 је приказан разводни вентил из каталога Петолетке са својим симболом.

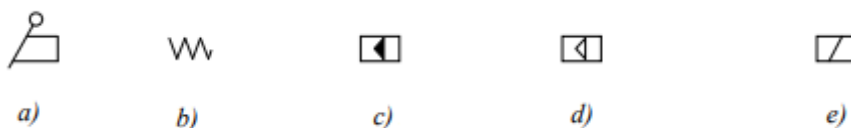


Слика 2.8. Разводни вентил из каталога Петолетке [7]



Слика 2.10. Символи разводника [8]

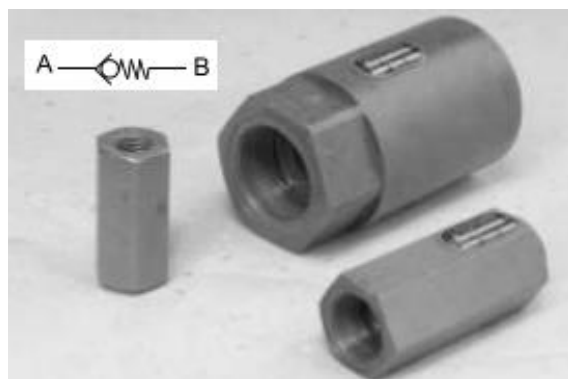
На основу симбола, могуће је увидети на који начин је разводник активиран. На примеру разводника са клипом на слици 2.8, начин активирања је активирање опругом, док је обезбеђен ручни начин враћања разводника. На слици 2.11 је могуће видети симболе који указују на начин активирања и враћања разводника. Начин активирања разводника може бити ручни (а), опружни (б), хидраулички (с), пнеуматски (д) и електромагнетски (е).



Слика 2.11. Символи начина активирања разводника [1]

Неповратни вентил

Неповратни вентили заправо се могу дефинисати у посебној групи, али је пракса да се сврставају у поделу заједно са разводницима. Улога неповратних вентила јесте омогућавање кретања флуида у једном смеру, а спречавање у супротном. Као елемент за затварање се обично примењује кугла или конус. На слици 2.12 је приказан неповратни вентил из каталога Петолетке са својим симболом.

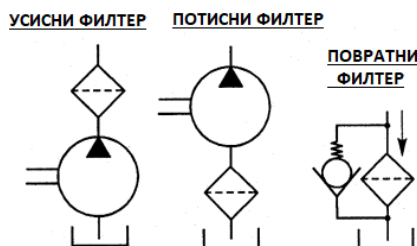


Слика 2.12. Неповратни вентил из каталога Петолетке [9]

2.3 Остали елементи хидрауличних инсталација – прибори

У приборе се углавном убрајају они елементи хидрауличних инсталација који служе за контролу, управљање и одржавање ових инсталација. Овде се убрајају пре свега филтери (за уисни, потисни или повратни вод), показивачи задржаности, електрохидраулични притисни прекидачи, манометарски разводни вентили, електро показивачи нивоа течности, брзоделујуће спојнице, подножне плоче, вентилски блокови, хидраулични акумулатори и уређаји за пуњење акумулатора.

Филтер има улогу да обезбеди да течност остане чиста, што је уједно и предуслов за правилан рад свих елемената хидрауличних инсталација. Према начину и месту уградње, постоје уисни, потисни и повратни филтери. Уисни филтер се поставља непосредно испред пумпе; потисни филтер се поставља непосредно иза пумпе; повратни филтер се поставља на крају повратног хода, пред улаз у резервоар. На слици 2.13 су дати симболи ова три филтера са одговарајућим називима.



Слика 2.13. Симболи за уисни, потисни и повратни филтер [2]

Код уисног филтера, филтрирање уља се врши пре уласка у систем, односно пре уласка у хидропумпу. На слици 2.14 (лево) је приказан уисни филтер из каталога Петолетке. Код потисног филтера, филтрирање уља се врши пре уласка у систем, али након проласка кроз пумпу. Према томе, ако нечистоће постоје у резервоару, проћи ће кроз пумпу. На слици 2.14 (средина) је приказан потисни филтер из каталога Петолетке. Повратни филтер се поставља на крају повратног хода, при чему се филтрира уље из система приликом повратка у резервоар, чиме се спречава продирање нечистоћа које су настале у самом систему, као последица хабања и слично. На слици 2.14 (десно) је приказан повратни филтер из каталога Петолетке.



Слика 2.14. Уисни и потисни филтер из каталога Петолетке [10]

Било која од ове три врсте филтера, мора имати показиваче задрљаности, којима се контролише степен задрљаности филтера. Они углавном раде по принципу повећања отпора проласку уља кроз филтер. На слици 2.15 је приказ показивача задрљаности из каталога Петолетке.



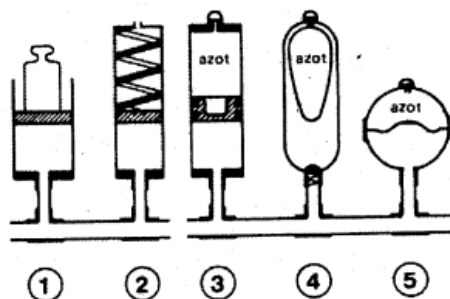
Слика 2.15. Показивачи задрљаности из каталога Петолетке [10]

У овом поглављу, поред филтера, биће укратко објашњен и хидраулични акумулатор. Његова улога је да преузме одређену запремину течности која је под притиском и да је, сходно потреби, поново врати у систем. На слици 2.16 је приказан хидро–акумулатор из каталога Петолетке, са својим симболом.



Слика 2.16. Хидро–акумулатор из каталога Петолетке [10]

Према начину акумулирања потенцијалне енергије, хидро–акумулатори се могу поделити на акумулаторе са тегом (1), са опругом (2), са клипом (3), са мехом (4) и на акумулаторе са мембраном (5). На слици 2.17 су приказане врсте акумулатора, са наведеним ознакама.



Слика 2.17. Врсте хидро–акумулатора [2]

3. Хидроцилиндри – појам, задатак, примена, делови

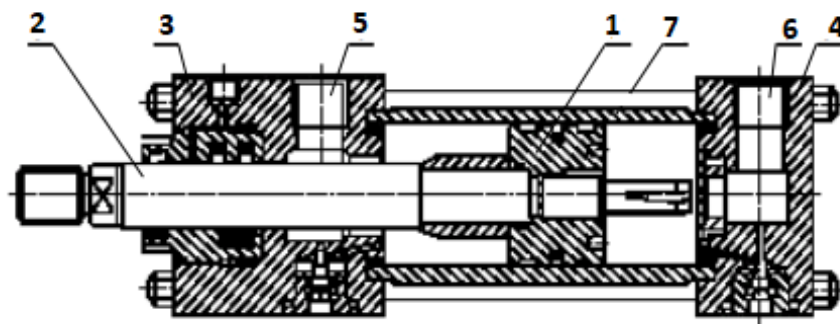
Како је већ речено, хидроцилиндри су потрошачи који имају задатак да хидрауличну енергију флуида претворе у механички рад, односно у праволинијско кретање извршног органа. Хидроцилиндр мора бити робуснији (сложенији) због већих притисака и сила. Такође, хидроцилиндри имају повећан проблем заптивања. Ово се објашњава чињеницом да је радни флуид уље, које, због лошијег заптивања, продире и цури, па се стога предвиђа канал за одвод тог уља. Такође, приликом пражњења хидроцилиндра, мора се то „одведено“ уље одговарајућим цевоводима вратити у резервоар, како би се поново искористило за погон цилиндра. Хидроцилиндри имају масовну употребу и чине кључни део сваке шеме. Могу се користити у шемама за хидропреноснике или као покретачи притискивача свих преса за обликовање метала деформисањем, а такође се не треба заборавити њихова примена у, на пример, фабрикама које се баве надградњом за камионе, где се подизање кипера, обртање бетон-миксера, извлачење дизалице и много других радњи, изводи баш помоћу хидраулике. Изглед хидроцилиндра је приказан на слици 3.1.



Слика 3.1. Хидроцилиндр [11]

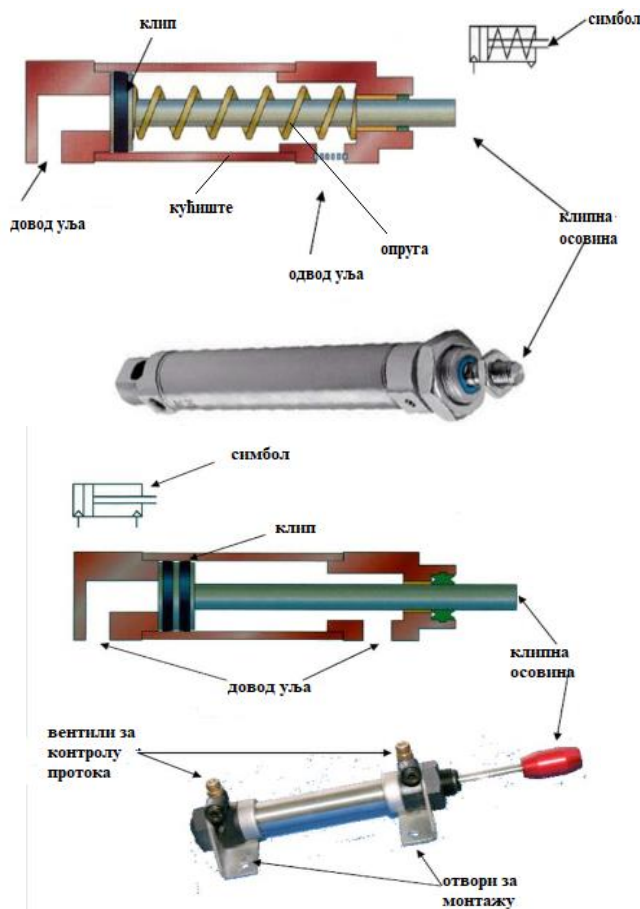
Главни саставни делови хидроцилиндра су клип и клипњача (клипна осовина), смештени у кућишту. Затим, постоје одређени додатни делови, као што су поклопци (предњи и задњи) и прикључци за уље. Клипна осовина излази изван кроз главу кућишта. Клип, заптивен заптивком и вођен обручима за вођење, дели унутрашњост кућишта на две коморе, доњу комору под притиском и горњу стезну комору на страни клипне осовине. Кроз прикључке се врши усисавање или испуштање уља. Ако се говори о хидроцилиндру једноструког дејства, онда постоји само један прикључак и то за усисавање уља. С друге стране, ако постоје два прикључка, онда се ради о хидроцилиндру двоструког дејства.

На слици 3.2 је приказан хидроцилиндр двоструког дејства, са назначеним бројевним ознакама. Притом, ознака „1“ одговара клипу, ознака „2“ означава клипњачу, ознаке „3“ и „4“ су предњи и задњи поклопац, респективно, док ознаке „5“ и „6“ представљају прикључке за уље. На крају, под бројем „7“ је приказано кућиште, у којем су смештени сви назначени делови. Повезаност делова је следећа: кроз прикључак (6) пролази уље и гура клип (1). Клип је у вези са клипном осовином (2). На овај начин је обезбеђен радни ход. Код хидроцилиндра двоструког дејства, повратни ход се реализује преко прикључка за уље (5), кроз који пролази уље и делује на клип, враћајући га у првобитни положај, а са њим и клипну осовину. Сви ови делови се, како је већ речено, налазе у кућишту, које је углавном цилиндричног облика.



Слика 3.2. Хидроцилиндар двоструког дејства са назначеним деловима [1]

У пређашњем пасусу је говорено како постоје хидроцилиндри једноструког и двоструког дејства, па је потребно објаснити у чему се разликују. У литератури се често среће назив „једнорадни“ и „дворадни“ хидроцилиндри. Разлика између ова два типа хидроцилиндра је у томе што се код једнорадних уље под притиском доводи само са једне стране клипа, који врши користан рад само у једном смеру, а повратно кретање остварује се дејством опруге, док се код дворадних врши користан рад у оба смера. На слици 3.3 је приказан хидроцилиндар једноструког дејства (горе) и хидроцилиндар двоструког дејства (испод).



Слика 3.3. Хидроцилиндар једноструког и двоструког дејства [12]

Са ове две слике се може закључити да једнорадни хидроцилиндар има кућиште у којем су смештени клип и клипна осовина. Радни флуид, уље под притиском (пумпа га из резервоара убацује у систем, а сам притисак се регулише разним вентилима) се доводи кроз приказани довод, а вишак уља истиче кроз одвод. У кућишту се налази и опруга која треба да обезбеди повратни ход клипне осовине (клипњаче). С друге стране, дворадни хидроцилиндри исто имају клип и клипну осовину, али немају опругу. То наравно није недостатак, већ они имају два довода уља, један довод за радни ход, други довод за повратни. Поред тога, имају вентиле којима се може регулисати проток уља и на тај начин регулисати потисна сила.

3.1 Прорачун основних величина хидроцилиндара

Рад хидроцилиндра се може описати преко следећих карактеристичних величина, као што су сила на клипњачи (F), активна површина клипа (A), брзина клипне осовине (v), дужина хода (l) и степен искоришћења (η). Сила на клипњачи хидроцилиндра је пропорционална производу активне површине клипа (A) и пада притиска (Δp) и то је нека теоријска вредност ове силе:

$$F_{ct} = A \cdot \Delta p \text{ [N]}.$$

Ово представља образац за неку маскарималну силу, док је вредност за реалну силу (F_c) ипак нешто мања. Она је једнака производу теоријске вредности (F_{ct}) и механичког степена искоришћења хидроцилиндра (η_{cm}) и израз је:

$$F_c = F_{ct} \cdot \eta_{cm} \text{ [N]}.$$

Треба знати да поменути механички степен искоришћења није свеукупни степен искоришћења. Механички степен заправо представља вредност (у процентима, множи се са 100) колико је заправо стварна сила близу/далеко од теоријске вредности, односно представља колико је процентуално стварна сила блиска максималној и важи:

$$\eta_{cm} = \frac{F_c}{F_{ct}} \text{ [%]}.$$

Тежи се да вредност овог степена искоришћења буде бар око 80% и преко, али никада не може апсолутно 100% [1].

Што се тиче клипњаче и величина које утичу на њу, полази се од теоријске (максималне) брзине хода клипне осовине (v_{ct}), која је директно пропорционална протоку уља у хидроцилиндру (Q_{ct}), а обрнуто пропорционална активној површини клипа (A), где важи:

$$v_{ct} = \frac{Q_{ct}}{A} \text{ [m/s]}.$$

Баш као и малопре, множењем ове максималне брзине и запреминског степена искоришћења (η_{cz}), добија се вредност за стварну брзину хода хидроцилиндра (v_c), која гласи:

$$v_c = v_{ct} \cdot \eta_{cz} \text{ [m/s]}.$$

Аналогно наведеном изразу за механички степен искоришћења, израз за запремински степен искоришћења је гласи:

$$\eta_{cz} = \frac{Q_c}{Q_{ct}} \text{ [\%]}.$$

На крају, могуће је добити свеукупни степен искоришћења, који показује реално искоришћење, базирајући се на два кључна параметра, искоришћење силе која делује на клипњачу и искоришћење протока:

$$\eta_c = \eta_{cm} \cdot \eta_{cz} \text{ [\%]}.$$

За разлику од механичког степена искоришћења, који никада не може бити 1 (100%), запремински степен може и то у условима када је заптивеност на врхунском нивоу, односно кад нема цурења уља [1].

Поред свих ових величина које директно утичу на прорачун, потребно је познавати неке полазне параметре, као што су дужина хода клипњаче, време радног хода (извлачења) и време повратног хода (увлачења), носивост хидроцилиндра, као и вредност пречника, како клипа, тако и клипне осовине и радни притисак. Ови полазни параметри се могу наћи у сваком каталогу компанија које се баве хидрауликом. У поглављу 3.3 ће бити објашњен избор хидроцилиндара на примеру каталога компаније ППТ Петолетка д.о.о.

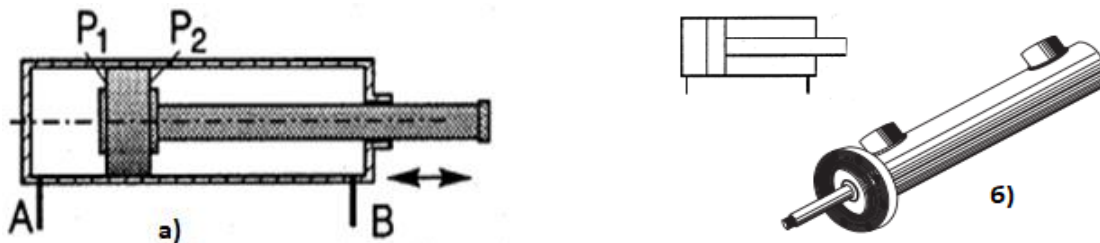
Обично је случај да су полазни параметри, као што су дужина хода клипњаче и носивост хидроцилиндра, најбитнији за адекватан избор хидроцилиндара. У поглављу 5, које је предвиђено за практични рад, биће детаљно појашњен избор хидроцилиндара, на основу ова два параметра. Поред тога, у сваком каталогу се налазе технички цртежи хидроцилиндара са свим неопходним котама, па је могуће предвидети потребно место за уградњу ових извршних органа. Поглавље 3.3 је, како је речено, избор хидроцилиндара из каталога фирме Петолетка, а поглавље 5 из каталога фирме Meiller Kipper.

3.2 Врсте и карактеристике хидроцилиндара

Поред основне поделе на хидроцилиндре једноструког и двоструког дејства, што уједно представља поделу према смеру дејства, даља класификација би била према конструкцији. Ова подела подразумева хидроцилиндре са једностраном, двостраном и телескопском клипном осовином. У пракси, најчешће се примењују диференцијални хидроцилиндри, хидроцилиндри са двостраном клипном осовином, плунжер хидроцилиндри (хидроцилиндри једноструког дејства са уроњеним клипом), телескопски хидроцилиндри и тандем хидроцилиндри [13]. Ових пет хидроцилиндара ће, у наставку, бити објашњени.

Један од најчешће коришћених хидроцилиндара јесте диференцијални, који спада у цилиндричне двоструког дејства, према смеру дејства, и цилиндричне са једностраном клипном осовином, према конструкцији. На слици 3.4 је приказан диференцијални хидроцилиндр, при чему се на поменутој слици под а уочава скица, док се под б уочава приказ диференцијалног хидроцилиндра са симболом из каталога Петолетке. Радни флуид се усисава кроз довод (ознака „А“ на слици 3.4.а), док се одвод (ознака „В“ на слици 3.4.а) повезује на резервоар. Под дејством тог уља, долази до извлачења клипне осовине из цилиндра и остваривања потисне силе. Притом, клип се креће удесно, повећавајући радни простор цилиндра у који улази уље кроз довод уља, док се флуид из десног дела потискује у резервоар, углавном без притиска. Ова потисна сила се може одредити на сличан начин као у поглављу 3.1, али сада са реалнијим параметрима, где је потисна (F_1) сила једнака производу притиска (p) и површине клипа (P_1): $F_1 = p \cdot P_1$ [N], уз $v_1 = \frac{Q}{A_1}$ [m/s] [2].

Сада, обрнута ситуација, ако се одвод В повеже са потисним водом пумпе (аутоматски постаје довод), а довод А са резервоаром (аутоматски постаје одвод), долази до увлачења клипне полуге у цилиндар, при чему се ствара одређена вучна сила. Величина ове силе је увек мања од вредности потисне силе. Брзина кретања клипа у повратном ходу је већа него брзина радног хода, односно, важи израз: $F_2 = p \cdot P_2$ [N], уз $v_2 = \frac{Q}{A_2}$ [m/s].



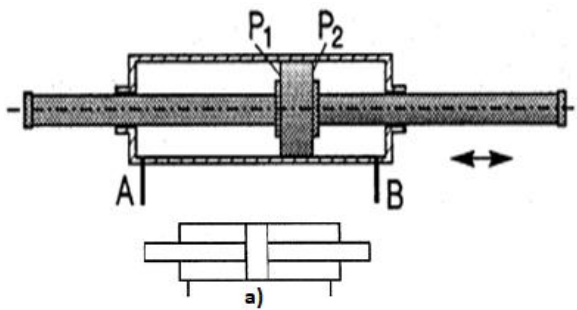
Слика 3.4. Диференцијални хидроцилиндр

Слика 3.4.а) Скица диференцијалног хидроцилиндра [2]

Слика 3.4.б) Диференцијални хидроцилиндр са симболом из каталога Петолетке [14]

Описивани хидроцилиндр се управо назива диференцијалним, из разлога што постоји јасна разлика између површине клипа са једне и са друге стране. Однос ових површина је углавном 1:2, где је површина A_1 двоструко веће од A_2 .

Хидроцилиндар са двостраном клипном осовином спада у класу хидроцилиндара са двоструким дејством и са двостраном клипном осовином. Код овакве изведбе, постоје две клипне полуге, са обе стране клипа по једна. Принцип рада је практично исти као у случају диференцијалног хидроцилиндра, с тим што су површине клипа исте, па су исте и брзине и силе, како за радни тако и за повратни ход. Примењује се у случајевима када је предвиђен мали уградни простор за уградњу неких управљачких елемената. Хидроцилиндар са двостраном клипњачом је дат на слици 3.5, при чему је под а његова скица са одговарајућим симболом, док је под б хидроцилиндар фирме Пнеуматик–Флекс.

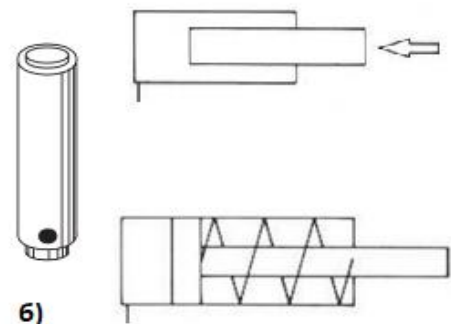
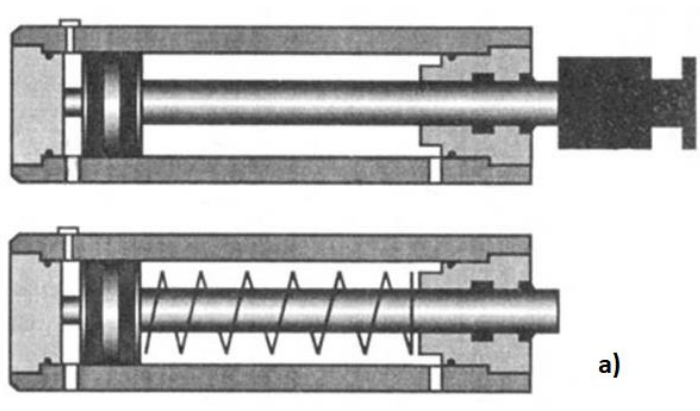


Слика 3.5. Хидроцилиндар са двостраном клипњачом

Слика 3.5.а) Скица хидроцилиндра са двостраном клипњачом са симболом [2]

Слика 3.5.б) Хидроцилиндар са двостраном клипњачом фирме Пнеуматик–Флекс [15]

Плунжер хидроцилиндри су цилиндри једностраног дејства и имају једнострану клипну осовину. Могу бити изведени са опругом или без ње. Код њих постоји само један простор за улаз уља и остварује се само потисна сила. Радна течност струји у простор клипа у којем се због деловања против–силе ствара притисак. Након савладавања те против–силе, започиње померање клипа. Потребно је напоменути да је клипни простор повезан са резервоаром. С друге стране, повратни ход се реализује посредством опруге или неког терета. На слици 3.6 је приказан плунжер хидроцилиндар, при чему је под а скица плунжер хидроцилиндра без опруге и са њом, а под б је плунжер хидроцилиндар са одговарајућим симболима из каталога Петолетке.

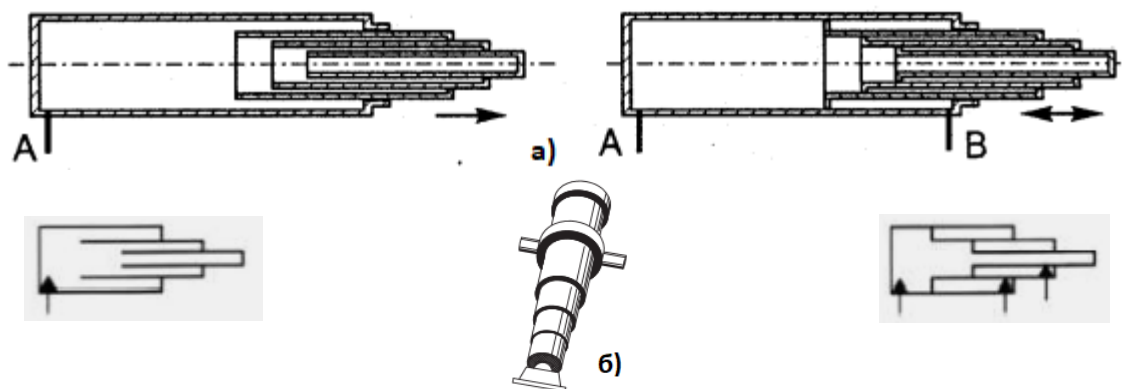


Слика 3.6. Плунжер хидроцилиндар

Слика 3.6.а) Скица плунжер хидроцилиндра без опруге и са њом [16]

Слика 3.6.б) Плунжер хидроцилиндар са одговарајућим симболима из каталога Петолетке [17]

Телескопски хидроцилиндр је хидроцилиндр који се примењују када су потребни велики ходови цилиндра. Они нису ни са једностраном, ни са двостраном клипном полугом, већ припадају сопственој групи, а могу имати и једноструко и двоструко дејство. Њихова главна карактеристика јесте што се клип састоји из више делова увучених један у други, који се, под дејством силе притиска, извлаче. Довођењем уља на прикључак „А“ на слици 3.7 под а, доћи ће до извлачења клипова. Приликом извлачења, важи правило да се прво извлачи клип са највећом површином. На слици 3.7 под а су приказане скице телескопског хидроцилиндра једноструког (лево) и двоструког (десно) дејства, а под б телескопски хидроцилиндр из каталога Петолетке.

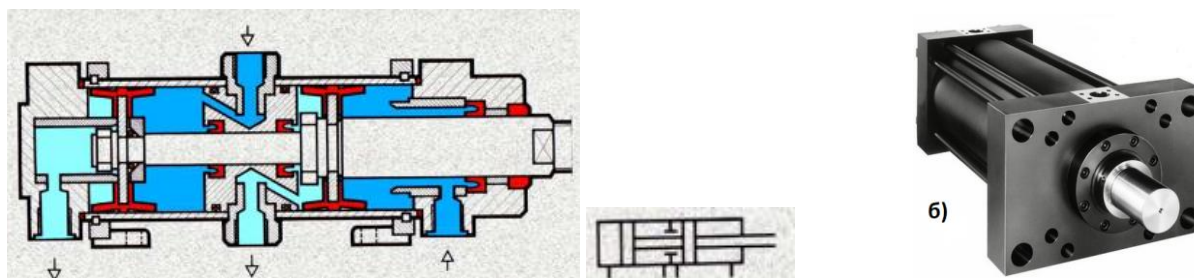


Слика 3.7. Телескопски хидроцилиндр

Слика 3.7.а) Скице телескопског хидроцилиндра једноструког и двоструког дејства [2]

Слика 3.7.б) Телескопски хидроцилиндр из каталога Петолетке [18]

Тандем хидроцилиндри представљају, како се и из назива може закључити, два цилиндра спојена један иза другог. То узрокује да је сила на клипној осовини готово двоструко већа од силе само једног цилиндра. Производ притиска и површине оба клипа се сабирају, што дуплира вредност потисне силе, што има за циљ да излазна клипњача буде појачана. Спадају у групу хидроцилиндара двоструког дејства, према смеру дејства и у групу хидроцилиндара са једностраном клипњачом (у овом случају, са две једностране клипњаче), према конструкцији. Нашли су примену на местима где нема простора за повећање пречника цилиндра, а постоје захтеви за већом потисном силом. Тандем хидроцилиндр је приказан на слици 3.8, при чему је под а приказана његова скица са симболом, а под б тандем хидроцилиндр са сајта Indiamart.



Слика 3.8. Тандем хидроцилиндр

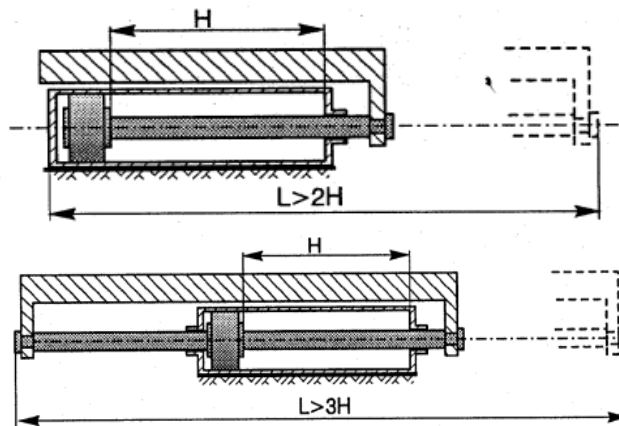
Слика 3.8.а) Скица тандем хидроцилиндра са симболом [19]

Слика 3.8.б) Тандем хидроцилиндр са сајта Indiamart [20]

3.2.1. Монтажа хидроцилиндара

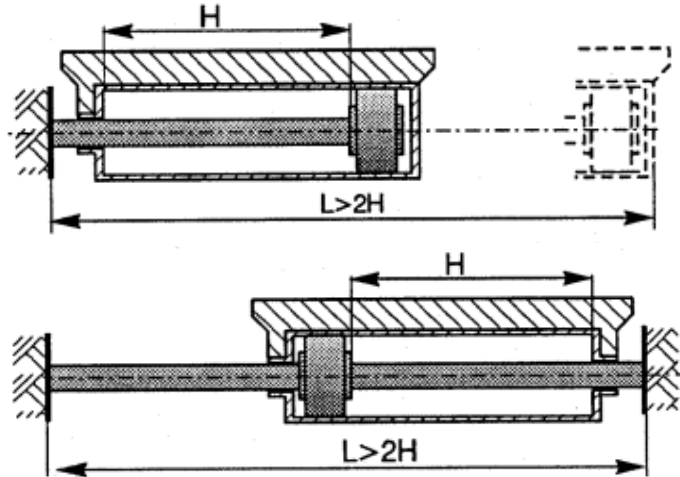
Још један сегмент што се тиче адекватне примене хидроцилиндара на који треба обратити пажњу јесте свакако њихова монтажа. Што се тиче монтаже, разликују се хидроцилиндри са непокретним цилиндром и непокретним клипом, мада се сусреће и варијанта комбинованог (каскадног) повезивања. Намеће се, при монтажи хидроцилиндра, да се исправно одреди простор који ће хидроцилиндр заузимати, посебно при извлачењу клипне осовине.

Начин монтаже при коме је цилиндар непокретан, а клип покретан омогућава лакше постављање прикључака за довод и одвод радног флуида, из разлога што је цилиндар фиксиран. У овом случају, постоји тип монтаже који се примењује за хидроцилиндре једноструког дејства и за хидроцилиндре двоструког дејства. Поменути начини монтаже су приказани на слици 3.9, при чему горња слика одговара хидроцилиндру једноструког дејства, а доња двоструког. Са слике се могу уочити битни параметри. Пре свега, дужина H , која представља дужину клипне осовине унутар цилиндра. Затим, на основу тога, а зависно од тога да ли је хидроцилиндр једноструког или двоструког дејства, могуће је предвидети укупну дужину (L). Испрекиданим линијама на слици је представљен положај радног стола неке машине алатке када је клипњача извучена.



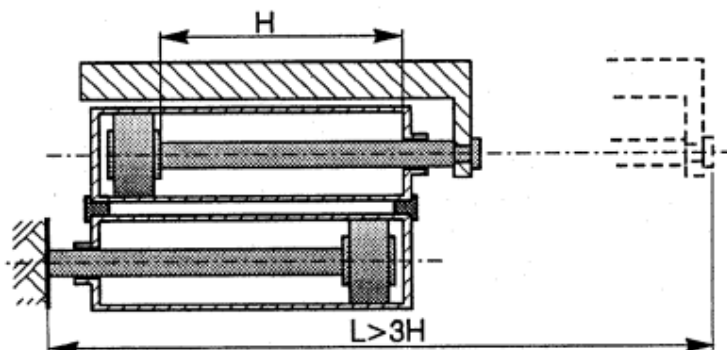
Слика 3.9. Монтажа хидроцилиндара са непокретним цилиндром [2]

Друга могућност јесте да цилиндар буде покретан и тада се довођење хидраулика (радног флуида-уља) до радног простора хидроцилиндра, доводи или преко савитљивих цевовода или кроз саму клипну осовину. Ово важи и за хидроцилиндре једноструког и двоструког дејства. Овакав начин монтаже је погоднији у односу на начин када је цилиндар непокретан, али је такође израда хидроцилиндра сложенија и скупља. Врло је битна монтажа хидроцилиндра, из разлога што начин монтаже битно утиче на врсту оптерећења које делује на клипне осовине при радном и повратном ходу. На слици 3.10 је приказан начин монтаже када је цилиндар покретан, односно клип непокретан.



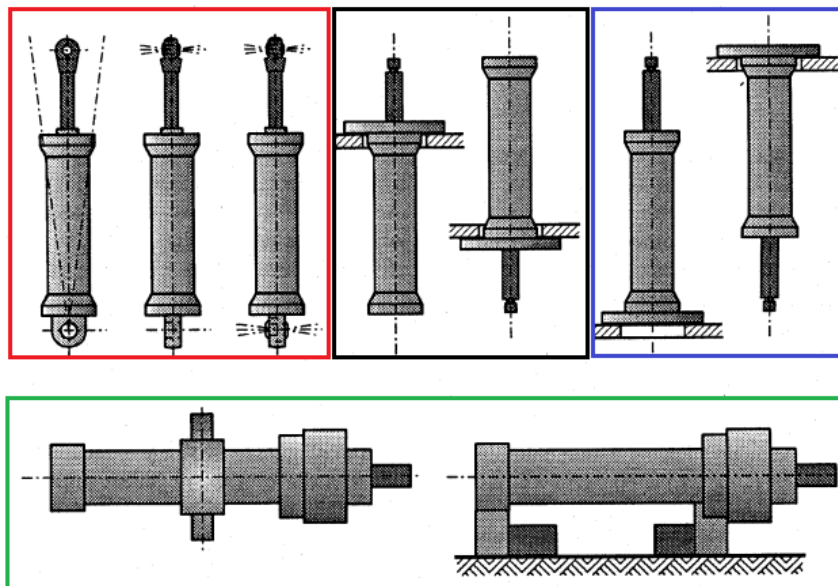
Слика 3.10. Монтажа хидроцилиндра са непокретним клипом [2]

Последња, комбинована монтажа, тзв. каскадно повезивање, је монтажа при којој су кућишта оба хидроцилиндра међусобно повезана. На слици 3.11 је приказан комбиновани начин монтаже. Клипна осовина првог цилиндра (на слици 3.11 је то доњи цилиндар) је чврсто везана за постоље машине, па то представља вид монтаже када је непокретан клип, пошто је веза клипа и клипањаче практично нераскидива. Посредством силе притиска флуида, тело првог цилиндра, које је покретно, се креће померајући са собом тело другог цилиндра (пошто су чврсто везани), чија је клипна осовина везана за извршни орган машине (конкретно за радни сто) и у том случају се препознаје вид монтаже када је непокретан цилиндар. Од начина и редоследа довођења хидраулика у радне просторе хидроцилиндара, зависиће и брзина кретања стола. Наиме, уколико се уље прво доведе на први цилиндар, а на други тек након што први оствари пун ход, брзина кретања стола ће зависити од протока и површине сваког клипа појединачно. Међутим, ако се оствари истовремени довод уља са десне (леве) стране првог клипа и леве (десне) стране другог клипа, тада ће брзина кретања стола бити једнака збиру брзина кретања тела првог цилиндра и клипа другог цилиндра. Закључак је да се оваквим начином монтаже добија хидроцилиндар који се може окарактерисати као хидроцилиндар двоструког дејства, зато што постоје прикључци за довод уља са обе стране клипа, са једностраном клипном осовином, јер се радни сто машине алатке креће само у десну страну.



Слика 3.11. Комбиновани начин монтаже хидроцилиндра [2]

Конструкција хидроцилиндара зависи и од начина везивања тела цилиндра и клипне осовине за постоље, односно извршни орган. Начини везивања хидроцилиндара су приказани на слици 3.12. У првом случају (обележеним црвеним правоугаоником) разликују се три варијанте. У тим случајевима се и тело цилиндра и клипњача везују помоћу ушки, што омогућава заокретање хидроцилиндара у једној равни. Разлика између ове три варијанте јесте што се код прве остварује веза цилиндричним лежајевима, код друге се остварује зглобна веза клипњаче, док је у трећем случају примењена зглобна веза на оба краја. Код другог случаја (обележеним црним правоугаоником), везивање кућишта хидроцилиндара се остварује помоћу прирубница на глави или дну цилиндра, што даје довољну крутост система и центрично деловање сила. Код трећег начина везивања (обележеним плавим правоугаоником), остварује се везивање помоћу рукаваца који се налазе на цеви цилиндра (најбоље на средини), тако да је при хоризонталној и при вертикалној монтажи обезбеђено заокретање и прилагођавање. Последњи пример (обележен зеленим правоугаоником) представља везивање хидроцилиндара помоћу две стопе на дну и глави цилиндра, што даје потребну крутост, али и момент који је углавном неповољан [2].

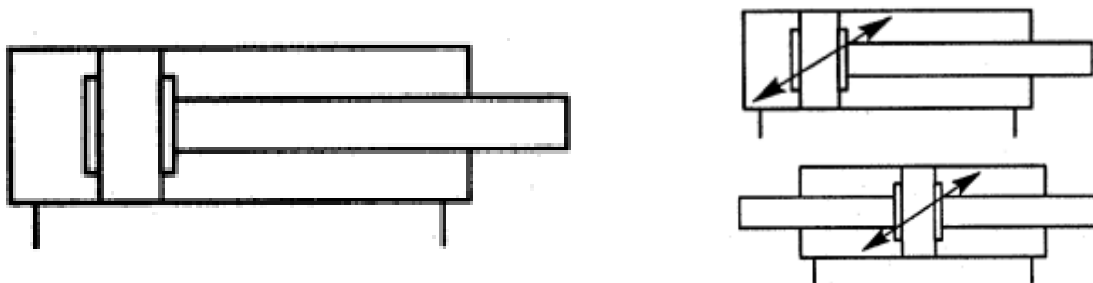


Слика 3.12. Начини везивања хидроцилиндара [2]

Начин монтаже хидроцилиндара је од изузетне важности. Стога се видови везивања налазе у каталозима приликом избора одговарајућег хидроцилиндара. У поглављу 3.3, на слици 3.21, приказани су начини монтаже плунжерског хидроцилиндара, али се односе и на сваки други тип хидроцилиндара, пронађени у каталогу Петолетке.

3.2.2. Пригушење на крају хода хидроцилиндара

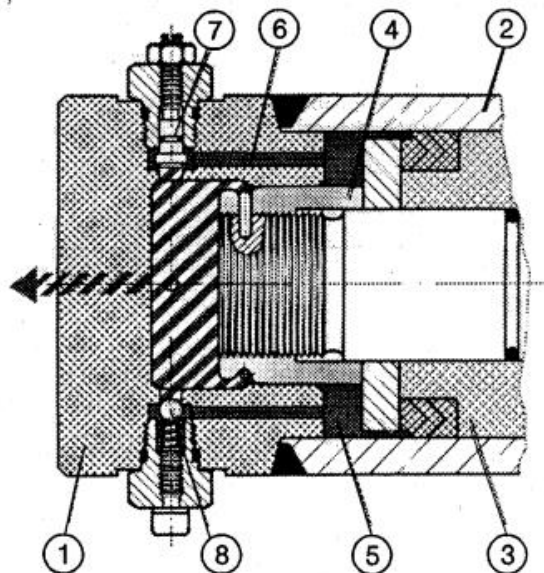
Пригушење хидроцилиндара се обезбеђује из разлога што при крају хода клипа, нарочито при већим брзинама, може доћи до удара клипа о дно или главу цилиндра. Поменути ударац изазива бучан и неуједначен рад. Како би се ово спречило, потребно је, а и могуће уградити елементе за пригушивање на једном или оба краја хода. Обично је пракса да се ови елементи уграде на обе стране, на дну и на глави цилиндра. Такође, пригушење може бити изведено као константно или као променљиво, које се, зависно од услова рада, може подешавати. На слици 3.13 су приказани симболи за хидроцилиндре са константним пригушењем (лево) и хидроцилиндре са променљивим пригушењем (десно), које важи за хидроцилиндр једноструког и двоструког дејства. Симбол за хидроцилиндре са константним пригушењем је облика уског правоугаоника уз сам клип, док симбол за хидроцилиндре са променљивим пригушењем има стрелицу преко клипа.



Слика 3.13. Симболи хидроцилиндара са константним и променљивим пригушењем [2]

Што се тиче начина функционисања хидроцилиндара са променљивим (подешљивим) пригушењем, може се рећи да је за такву реализацију потребно доградити поједине елементе. Основни додатни елементи су пригушни вентил, чија је улога да „пригуши“ притисак који ствара флуид. Затим, неповратни вентил чија је улога да повеже радни простор уз само дно цилиндра и простор на почетку цеви хидроцилиндра. Клип цилиндра је израђен са конусном пригушном чауром, чији је задатак да, при њеном уласку заједно са клипом, смањи површину кроз коју истиче течност из простора клипа, све док се он потпуно не затвори. Тако је део течности затворен испред клипа и да не постоји поменути неповратни вентил, клип би се ту зауставио, али са одређеном силом удара. Даље, свој задатак извршава и пригушни вентил, успоравајући кретање клипа, јер течност пролази кроз отвор и потребно је пригушити проток. Поред тога, на овом вентилу је могуће подешавати дејство пригушења (мањи попречни пресек на пригушном вентилу условљава јаче пригушење и мањи пут до заустављања клипа) [2].

На слици 3.14 је показан начин функционисања хидроцилиндра са променљивим (подешљивим) пригушењем, са назначеним елементима и каналима (просторима) у које утиче или истиче течност. Притом, ознака „1“ означава дно цилиндра, број „2“ означава простор на почетку цеви хидроцилиндра, „3“ је крајњи могући положај клипа, бројна ознака „4“ показује конусну пригушну чауру, „5“ означава где истиче течност из простора клипа, „6“ означава где утиче течност, док позиција „7“ представља пригушни вентил.

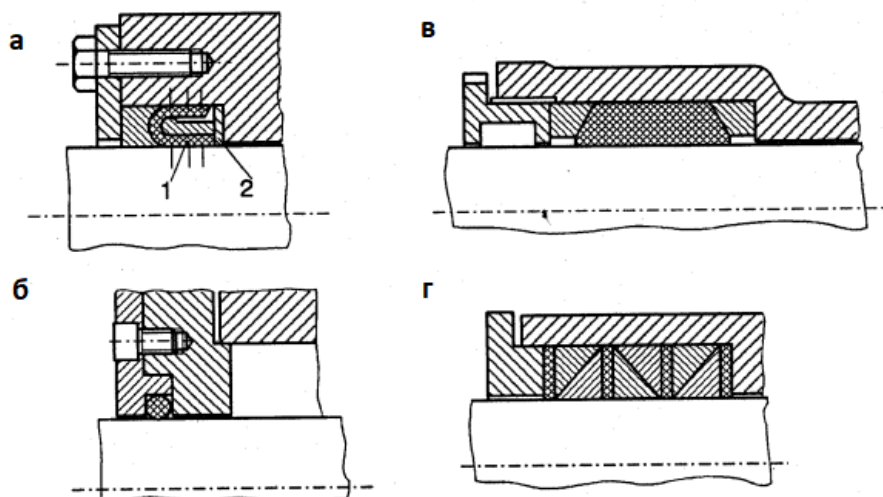


Слика 3.14. Начин функционисања хидроцилиндра са подешивим пригушењем [2]

3.2.3. Заптивачи хидроцилиндара

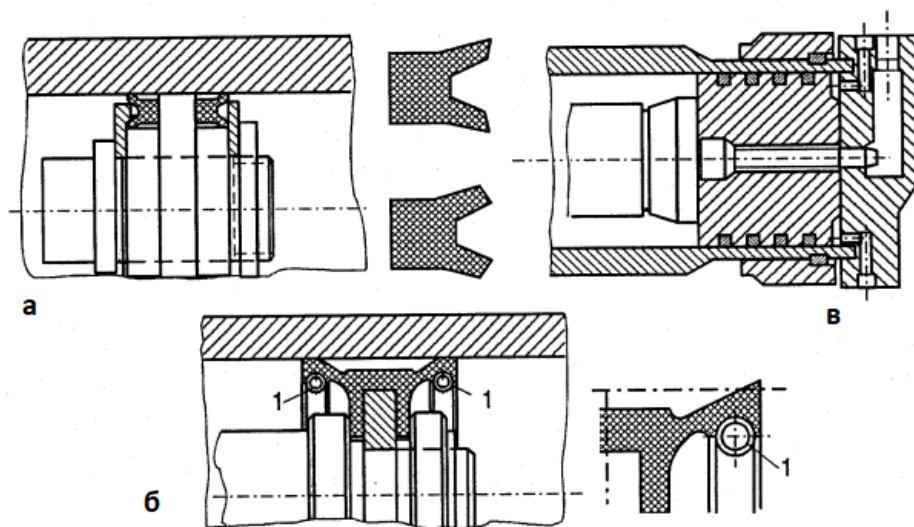
За правилно функционисање хидроцилиндара, са становишта степена искоришћења, али и са становишта мирног рада при малим брзинама и могућности губитка уља, ефикасно заптивање представља веома важну чињеницу. Притом, треба имати у виду да постоје две врсте заптивања. Прво је заптивање клипне осовине при пролазу кроз главу цилиндра, а друго је заптивање између клипа и цилиндра. За разлику од заптивања између клипа и унутрашње површине тела цилиндра, који утичу углавном само на степен корисног дејства хидроцилиндра, спречавајући уље да прелази из једног у други део цилиндра, заптивање клипне осовине служи за спречавање цурења уља из хидроцилиндра. Ефикасност заптивања, поред конструкције и материјала заптивача, зависи у великој мери од геометријске тачности облика и димензија клипа, клипне осовине и саме цеви цилиндра (унутрашња површина), као и од квалитета обрађене површине на њима [2].

На слици 3.15 су приказани примери заптивања између клипне осовине и отвора на глави цилиндра. Пример под а показује заптивач обележен са ознаком „1“ у виду манжетне од коже или синтетичке гуме отпорне на уље, који је подупрет челичним прстеном „2“. Овај заптивач врши заптивање само у једном смеру. Овакви заптивачи су погодни како за мале, тако и за високе притиске. На другом примеру (под б) је приказан заптивач торусног облика, који захтева мали смештајни простор. Овај заптивач може да врши заптивање у оба смера. Трећи пример, под в, представља заптивач који се састоји од азбестног канапа са графитом, обмотаног око клипне осовине, а може бити израђен и од кудеље или памука. Најзад, на примеру под г је приказан заптивач састављен од неколико кожных прстенова између којих се налазе метални прстенови са једнострано закошеним површинама и који је погодан за рад при високим притисцима.



Слика 3.15. Примери заптивања између клипне осовине и главе цилиндра [2]

На слици 3.16 су приказани примери заптивања између клипа и тела цилиндра. Заптивање клипа у цеви цилиндра може бити изведено заптивачима сличне конструкције, као при заптивању клипне осовине, али услед већих сила које се јављају због већих пречника и површина, користе се и специјални заптивачи. Први пример на слици, под а, је заптивач од ожљебљених прстенова, постављених у пару са обе стране клипа, тако да могу да врше заптивање у оба смера. Углавном се примењује код мањих притисака. Заптивач (на слици 3.16 под б) обезбеђује, поред доброг заптивања, у извесној мери и центрирање и вођење клипа. Ивице заптивача у неооптерећеном стању, чији је пречник нешто већи од унутрашњег пречника цеви цилиндра, сабијају се при уградњи, обезбеђујући предпритисак, који се дејством опруге означене са „1“, која подупири ивице заптивача, још појачава. Код хидроцилиндара за веома високе притиске, користе се и расечене металне клипне карике правоугаоног попречног пресека са саставом у виду преклопа, што је приказано на примеру под в [2].



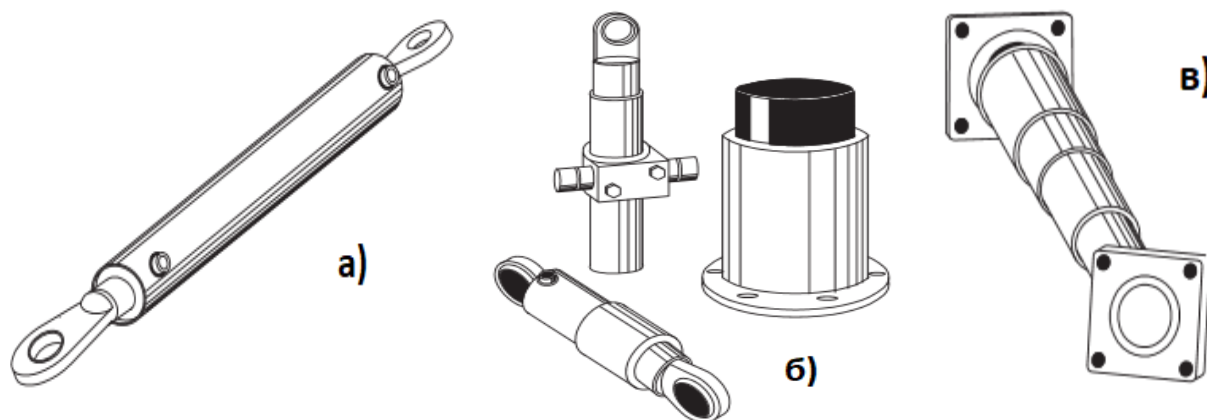
Слика 3.16. Примери заптивања између клипа и тела цилиндра [2]

3.3 Избор хидроцилиндара

Након целокупног поглавља о хидроцилиндрима, која су обухватала њихов појам, задатак, делове, прорачун основних величина, врсте и карактеристике, неопходно је показати на који начин се врши њихов избор. У поглављу 3.2 су објашњена пет типа хидроцилиндара, а у овом поглављу ће бити приказане неке њихове карактеристике које утичу на њихов избор. Као примери, биће показани диференцијални хидроцилиндр, односно хидроцилиндр двоструког дејства, плунжер хидроцилиндр, односно хидроцилиндр једноструког дејства и телескопски хидроцилиндр. Приказани хидроцилиндри су пронађени у каталогу компаније ППТ Петолетка д.о.о. Диференцијални хидроцилиндр је типа V1, плунжер је типа Р, док је приказани телескопски хидроцилиндр са рукавцима или ослонцима.

У предузећу Петолетка, цилиндри су израђени од челичних цеви, клипњача од побољшаног челика, а клизне површине су тврдо хромиране, док се за заптивање користи висококвалитетни заптивни материјал. Диференцијални хидроцилиндр се примењује када је потребно управљати прецизно и са радним и са повратним ходом, плунжер се користи код лифтова, виљушкара, вертикалних преса за гуму и пластику и слично, док су телескопски нашли примену за механизован истовар на моторним возилима. Телескопски хидроцилиндри имају велику предност која се огледа у томе да су клипови телескопски увучени један у други, што омогућава да се при релативно малом простору уградње оствари велики ход цилиндра.

На слици 3.17 су приказани помињани хидроцилиндри из каталога Петолетке. На слици испод текста, под а је дат диференцијални хидроцилиндр; под б је плунжер хидроцилиндр; под в је телескопски хидроцилиндр. Сва ова три приказана хидроцилиндра, имају клипњачу (клипну осовину) која је једнострани, с тим да је конструкција телескопског другачија у поређењу са остала два типа хидроцилиндра.



Слика 3.17. Хидроцилиндри из каталога предузећа Петолетка

Слика 3.17.а) Диференцијални хидроцилиндр [14]

Слика 3.17.б) Плунжер хидроцилиндр [17]

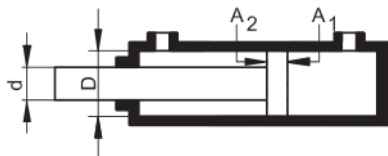
Слика 3.17.в) Телескопски хидроцилиндр [18]

Избор најпогоднијег хидроцилиндра се своди на сагледавање његових техничких података/карактеристика. Ове карактеристике се могу поделити на опште и хидрауличке. У табели 3.1 се налазе ове карактеристике за сва три описивана и горе приказана хидроцилиндра.

Табела 3.1. Техничке карактеристике/подаци хидроцилиндара [14], [17], [18]

	ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ			
	Прикључивање водова	Смер оптерећења	Положај уградње	Температура околине [°C]
Диференцијални хидроцилиндар	Навојни отвори	Уздуж осе цилиндра	Произвољан	До + 50
Плунжер хидроцилиндар	Навојни отвори	Уздуж осе цилиндра	Према захтеву купца	До + 50
Телескопски хидроцилиндар	Навојни отвори	Уздуж осе цилиндра	Вертикалан	До + 50
	ХИДРАУЛИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ			
	Називни притисак [bar]	Сила [kN]	Ход [m]	Радна течност
Диференцијални хидроцилиндар	160 или 200	У посебној табели	На посебним дијаграмима	Минерално уље
Плунжер хидроцилиндар	160, 250 или 320	У посебној табели	Према захтеву купца	Минерално уље
Телескопски хидроцилиндар	160 или 200	У посебној табели	У посебној табели	Минерално уље

Након сазнавања ових података, потребно је изабрати хидроцилиндар у зависности од вредности силе. На слици 3.18 се може видети табела према којој се одређује сила хидроцилиндра и технички цртеж диференцијалног хидроцилиндра, на коме се уочава димензија „d“ (пречник клипњаче), затим „D“ (пречник клипа), „A₁“ (површина клипа са оне стране где нема клипне осовине) и „A₂“ (површина клипа са оне стране где је клипна осовина). На слици нису приказане све вредности за поменуте параметре и силе.

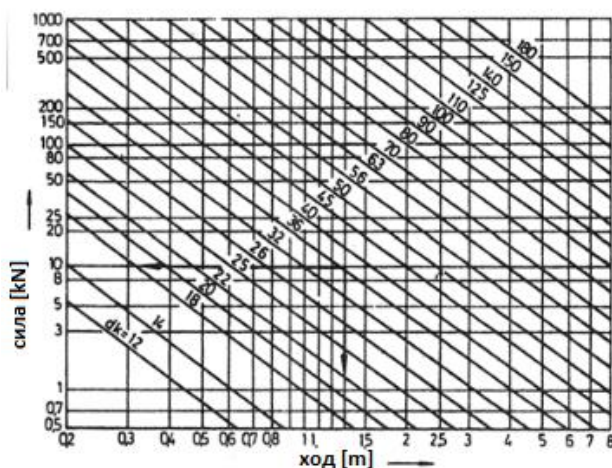


Називна величина	ØD [mm]	Ød [mm]	A1 [cm ²]	A2 [cm ²]	Силе [kN] при 50 bar		Силе [kN] при 100 bar		Силе [kN] при 160 bar	
					Потисна	Вучна	Потисна	Вучна	Потисна	Вучна
25/12	25	12	4,9	3,77	2,45	1,9	4,9	3,8	7,48	6,0
25/14		14		3,46		1,7		3,5		5,5
25/18		18		2,36		1,2		2,4		3,8
32/14	32	14	8,04	6,51	4,02	3,3	8,04	6,5	12,92	10,4
32/18		18		5,50		2,8		5,5		8,8
32/22		22		4,24		2,1		4,2		6,8
40/18	40	18	12,56	10,02	6,28	5,0	12,56	10,0	21,00	16,0
40/20		20		9,42		4,7		9,4		15,1
40/22		22		8,76		4,4		8,8		14,0
40/25		25		7,66		3,8		7,7		12,3
40/28		28		6,41		2,5		6,4		10,3

Слика 3.18. Одређивање силе хидроцилиндра [14]

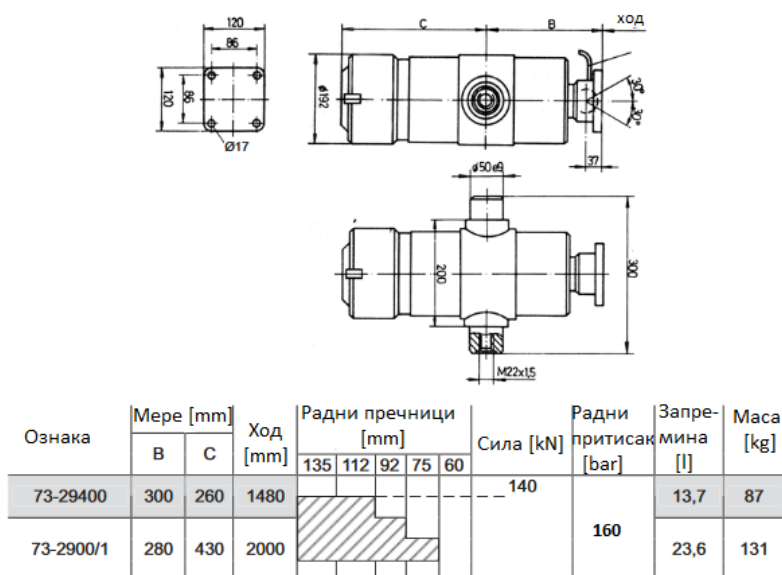
Одређивање силе се на идентични начин врши и код остала два типа хидроцилиндара. Оно што се разликује, јесте свакако одређивање хода. Како је већ било написано у табели 3.1, код плунжерског хидроцилиндара, ход се бира према захтеву купца, док се код диференцијалног и телескопског бира на основу дијаграма сила–ход и из одговарајуће табеле, респективно.

На слици 3.19 се може видети један пример малопређашње поменутог дијаграма сила–ход код диференцијалног хидроцилиндара. Као што се и види, вредност силе је изражена у kN и иде до вредности 1000, док је ход изражен у метрима и, за приказани пример, износи 8.



Слика 3.19. Дијаграм сила–ход [14]

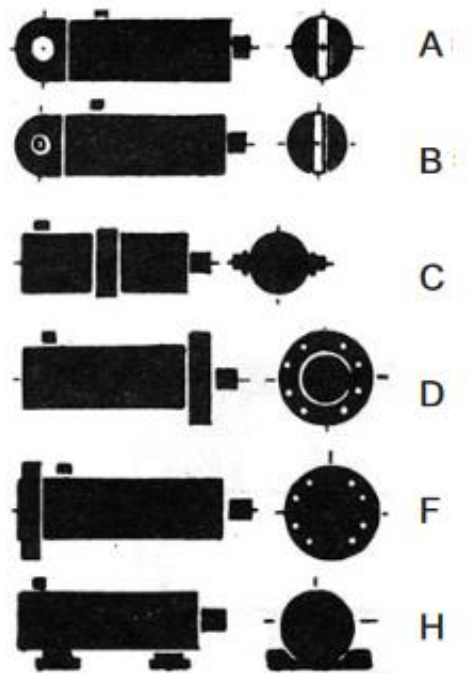
На слици 3.20 је приказано одређивање хода код телескопског хидроцилиндара, које се налази у истој табели заједно са силом, радним притиском, запремином и масом.



Слика 3.20. Одређивање хода и силе код телескопског хидроцилиндара [18]

Сваки тип хидроцилиндра мора имати одређену ознаку прописану стандардом, како би инжењери, на основу те ознаке, добили одређене информације о карактеристикама изабраног хидроцилиндра. Управо из тог разлога, означавање хидроцилиндра, као и препознавање параметара у ознаци, има важну улогу при избору.

Као показна ознака, биће дата ознака плунжерског хидроцилиндра. Његова ознака гласи: **P** - dxH /***. Ознака P показује да се ради о хидроцилиндру P типа. Прва звездица (*) у ознаци се односи на називни притисак, који може бити 160, 250 или 320 bar-и (видети табелу 3.1), па сходно томе се уместо звездице пише „1“, „2“ или „3“, респективно. Друга звездица у ознаци показује начин монтаже (слика 3.21), који може бити са чауром (слика 3.21, словна ознака „A“ уместо звездице), са зглобним лежајем (слика 3.21, ознака „B“), са рукавцем (слика 3.21, ознака „C“), са предњом прирубницом (слика 3.21, ознака „D“), са задњом прирубницом (слика 3.21, ознака „F“) или са стопама (слика 3.21, ознака „H“), а постоји и специјално извођење, па је ознака у том случају „S“. Слово „d“ у ознаци означава пречник клипњаче, а „H“ ход. Последња звездица се односи на варијанту кочења клипа. Према томе, број „0“ уместо последње звездице значи да је варијанта без кочења, број „1“ представља варијанту са кочењем на оба краја, „2“ са кочењем на страни клипа, а „3“ са кочењем на страни клипњаче.



Слика 3.21. Начин монтаже плунжерског хидроцилиндра и одговарајуће ознаке [17]

4. Хидропреносници код машина алатки

Машине алатке за остваривање главног или помоћног кретања, зависно од потребе, могу користити хидрауличне елементе повезане тако да чине хидрауличне инсталације. Било да се ради о преносницима за обртна, било за праволинијска кретања, као извор енергије се поставља хидропумпа. С друге стране, за потрошач се може поставити хидромотор, ако је потребно остварити обртно кретање извршног органа или радног стола или пак хидроцилиндар, ако је жеља добити праволинијско кретање. Циљ овог поглавља јесте да се покаже значај хидроцилиндара у овим системима, где они имају улогу да обртно кретање које се предаје хидропумпи претворе у праволинијско кретање помоћу клипа, односно клипне осовине.

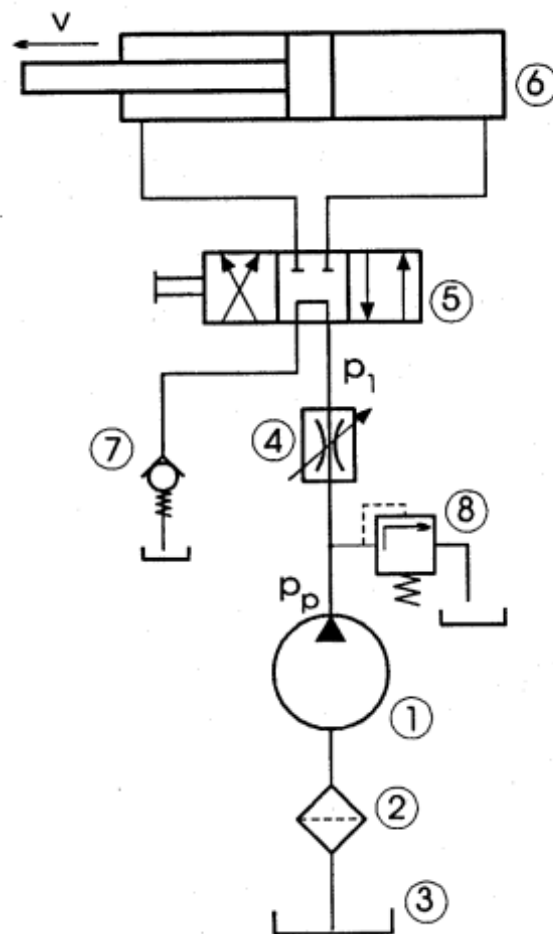
У зависности од хидропумпе која се користи, ови преносници могу бити изведени са пумпом константног или променљивог капацитета. Ако је пумпа константног капацитета, онда су то једноставнији и јефтинији преносници за праволинијска кретања, код којих се промена брзине кретања клипа подешава пригушним вентилом. С друге стране, код преносника са пумпом променљивог капацитета, промена брзине кретања клипа се регулише карактеристикама саме пумпе, на пример променом ексцентрицитетa ротора пумпе. Преносници који су прво поменути имају одређени недостатак, који их ограничава да се могу користити искључиво за преноснике за помоћна кретања, изузетно за преноснике за главна кретања мањих снага. Тај недостатак се појављује управо због пригушног вентила, који ствара одређени пад притиска и загрева уље, при чему долази до губитка енергије. Ови губици се повећавају са повећањем брзине и снаге, тако да се прибегава коришћењу преносника са пумпом променљивог капацитета. Истина, ови преносници су скупљи и сложеније конструкције.

Нека уопштена класификација хидропреносника би могла бити према томе да ли су отвореног или затвореног тока. Отворени ток подразумева да се иста количина уља усисава из резервоара и поново враћа у исти, по завршеном раду. Затворени ток подразумева да једна иста количина уља струји кроз инсталације, без враћања у резервоар. Инсталације затвореног тока имају ту предност јер онемогућавају продирање ваздуха. Незнатно мала количина уља која би требало да се врати у резервоар, не враћа се, јер долази до њеног вртложења и мешања са ваздухом. Такође, још једна предност у односу на инсталације отвореног тока јесте та што је избегнуто убрзавање клипа у тренутку растерећења, тако што пумпа својим отпором кочи течност у тренутку када се јавља тенденција убрзања клипа. Недостатак инсталација затвореног тока је недовољно хлађење уља, баш из разлога што се користи иста количина уља, па је потребно предвидети посебне хладњаке уља [2].

4.1 Хидрауличне инсталације са пумпом константног капацитета

Како је већ било речено, неопходни елементи за добијање одговарајућег хидропреносника су хидропумпа, хидроцилиндар, пригушни вентил и наравно разводник. Могуће је увек надограђивати хидрауличне инсталације, додавањем разних вентила и мерних елемената, у циљу бољег и сигурнијег управљања. Овакве инсталације се углавном изводе као инсталације отвореног тока. То значи да се цела количина уља усава из резервоара и поново враћа у исти, по завршеном раду.

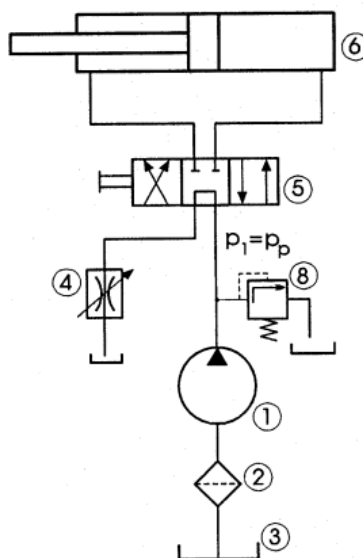
На слици 4.1 је приказан пример хидрауличне инсталације преносника за помоћно кретање машине алатке са пумпом константног капацитета. Сада, то помоћно (праволинијско) кретање се може предати, на пример, радном столу глодалице. Од додатних елемената, који побољшавају целокупан систем, биће придодат преливни вентил и наравно филтер за пречишћавање уља.



Слика 4.1. Пример хидрауличне инсталације преносника за помоћно кретање машине алатке са пумпом константног капацитета [2]

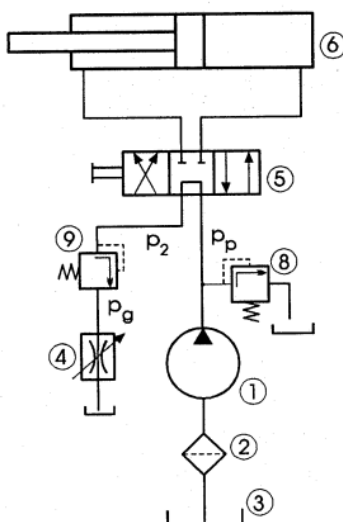
Принцип рада је следећи: из резервоара (3), кроз филтер (2), пумпа константног капацитета (1) усава радни флуид (уље), потискујући га кроз пригушни вентил (4) и доводећи га до разводника (5). Може се уочити да је разводник тропозициони, да је прикључак пумпе спојен са прикључком резервоара, а да су остала два прикључка затворена и да се разводником управља ручно. Такође, може се препознати ознака разводника – 3/4. Затим, зависно од положаја разводника, уље ће се слати у десни део хидроцилиндра (6) и обезбеђивати радни ход или пак у леву страну и обезбеђивати повратни ход. Исто се може уочити да се ради о хидроцилиндру (диференцијалном) двоструког дејста са једностраном клипном осовином. С друге стране, ако је разводник у неутралном положају, уље се преко неповратног вентила (7) враћа у резервоар. Такође, постоји и преливни вентил (8), чија је улога да осигура систем од преоптерећења. Пригушним вентилом се подешава брзина кретања клипа, односно од величине пригушивања зависи брзина кретања. Променом величине пригушивања уља које потискује пумпа, у циљу промене брзине, мења се и количина уља која може проћи кроз пригушни вентил. Вишак уља се, услед повећаног притиска испред преливног вентила, враћа кроз тај вентил у резервоар.

Оваква инсталација има одређени недостатак, који се манифестује при промени оптерећења, на пример при уласку или изласку алата из материјала, изазивајући промену брзине кретања клипа, а самим тим и радног стола машине. Нагло повећање брзине клипа је могуће пошто се у тренутку изласка алата из материјала, уље под притиском нагло растерећује и у извесној мери проширује, нарочито ако се у инсталацији налази одређена количина ваздуха [2]. Овај недостатак се, у одређеној мери, може ублажити постављањем пригушног вентила у одводни вод, уместо неповратног вентила са слике 4.1, а иза хидроцилиндра. На слици 4.2 је приказана шема када је пригушни вентил премештен у одводни вод. То значи да уље које потискује пумпа пролази кроз разводник и потом хидроцилиндр без пригушења. Практично, ако се занемаре губици кроз разводник и цевоводе, притисак на клип хидроцилиндра једнак је притиску који даје пумпа.



Слика 4.2. Шема хидропреносника за случај када је пригушни вентил премештен у одводни вод [2]

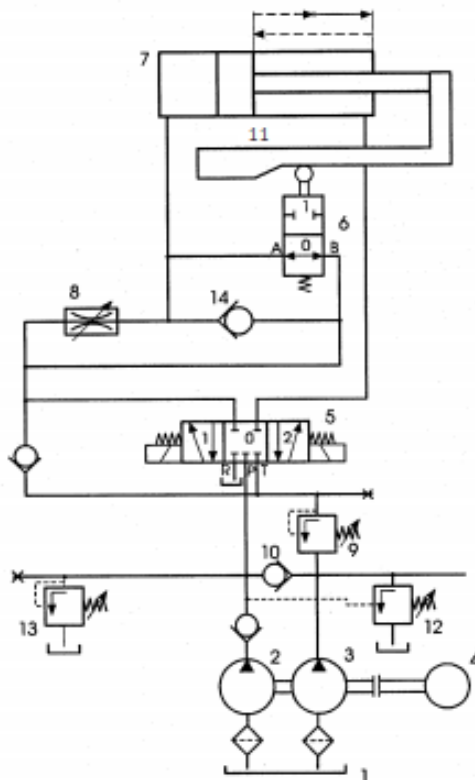
Уградња редукционог вентила између пригушног вентила смештеног у одводни вод и разводника је још једна могућност за стабилизацију брзине кретања клипа. На слици 4.3 је приказана шема на којој је и редукциони вентил смештен у одводни вод. Овај вентил има задатак да одржава константним притисак иза вентила за све време док је притисак на његовом улазу већи од подешеног на улазу. Његова функција утиче на то да пад притиска на пригушном вентилу буде независан од притиска који настаје иза хидроцилиндра [2]. На слици испод је могуће препознати три карактеристична притиска. Први, притисак од пумпе (P_p), други је притисак који настаје иза хидроцилиндра (P_2) и трећи је притисак пригушног вентила (P_g). Такође, поменути редукциони вентил је на слици 4.3 обележен са бројем „9“. Треба знати да премештањем редукционог и пригушног вентила у одводни вод, долази до драстичног смањења степена искоришћења, јер редукциони вентил подноси мања оптерећења и ниже брзине.



Слика 4.3. Шема хидропреносника за случај када су пригушни и редукциони вентили смештени у одводни вод [2]

Према месту постављања пригушног вентила, ови системи се могу класификовати на примарне и секундарне системе. Код примарних система, пригушни вентил је смештен испред хидроцилиндра (као на слици 4.1), док је код секундарних пригушни вентил постављен иза хидроцилиндра (као на сликама 4.2 и 4.3). Поређењем ова два система, долази се до закључка да су примарни системи бољи, пошто је под максималним притиском само један део инсталације, а одводни део је под притиском свега 2÷5 bar-a, док је код секундарних система већи део инсталације под радним притиском.

Пример једног хидрауличног преносника за праволинијско помоћно кретање у виду примарног система приказан је на слици 4.4. Код овог преносника, предвиђено је брзо примицање у првом делу радног хода до тренутка када алат не дође у захват са материјалом, и то је на слици испод приказано испрекиданом линијом. Потом, у другом делу радног хода, што представља период резања, потребно је успорити помоћно кретање радног стола до брзине која одговара условима резања, и то је на слици представљено испрекиданом линијом. Повратни ход радног стола је убрзан.



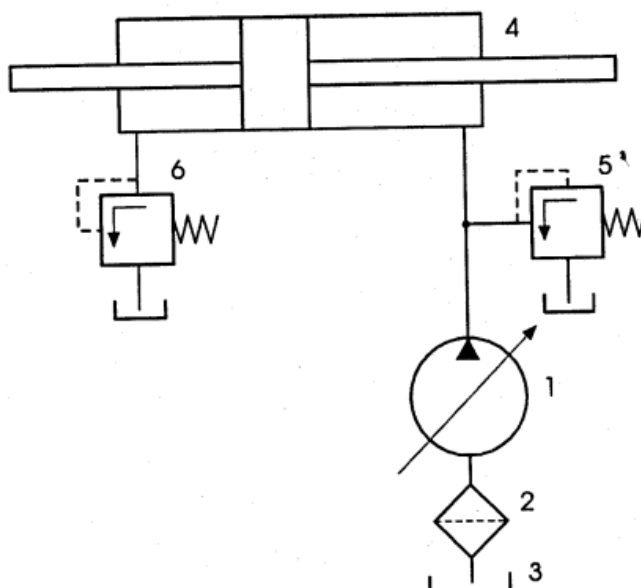
Слика 4.4. Хидропреносник за праволинијско помоћно кретање [2]

У инсталацији на слици изнад су предвиђене две пумпе константног капацитета. Хидропумпа обележена бројем „2“ је пумпа која обезбеђује радни ход, док је пумпа под бројевном ознаком „3“ предвиђена за убрзане ходове. Обе пумпе добијају погон од истог електромотора (4) и обично се налазе у истом кућишту, а обавезно на истом вратилу. Принцип рада је следећи: из резервоара (1) кроз усисне филтере (без ознаке) две хидропумпе (2 и 3) потискују уље у инсталацију. Ако разводник (5), који има пет прикључака и тропозициони је, заузме леви положај (положај 1), обе пумпе, преко мањег разводника (6), који има два прикључка и двопозициони је, потискују уље у леву комору хидроцилиндра (7). Притом, потребно је напоменути да ће одређена количина уља тећи и кроз пригушни вентил (8). Истовремено, уље са десне стране клипа ће пролазити кроз разводник (5), преливни вентил (9) и неповратни вентил (10) на путу ка левој страни хидроцилиндра, чиме ће омогућити додатно потискивање уља, а самим тим и повећање брзине кретања радног стола. Када брегасти испуст (11), везан за радни сто (клизач), наиђе на полугу мањег разводника (6), овај разводник се помера у нулти положај, што значи да је целокупна количина уља принуђена да прође кроз пригушни вентил (8). Ово повећава притисак уља у преливном вентилу (12), који искључује рад пумпе под ознаком „3“, која је пумпа већег капацитета. Уље које је мало пре из десне стране хидроцилиндра одлазило ка левој, сада преко истог преливног вентила одлази у резервоар. Овиме се остварује да једино пумпа под ознаком „2“ врши потискивање уља кроз пригушни вентил (8), остварујући лагано кретање радног стола. С друге стране, повратни, брзи ход, се остварује померањем разводника у крајњи десни положај. Сада уље из леве стране хидроцилиндра одлази у резервоар преко неповратног вентила (14).

4.2 Хидрауличне инсталације са пумпом променљивог капацитета

Као што је већ било наглашавано на почетку поглавља 4, хидропреносници са пумпом променљивог капацитета се користе посебно за преноснике за главна кретања већег опсега регулисања. Њима се постиже далеко бољи степен искоришћења, уз мање загревање хидраулика. Ипак, цена ових система је вишеструко већа од система са пумпом константног капацитета.

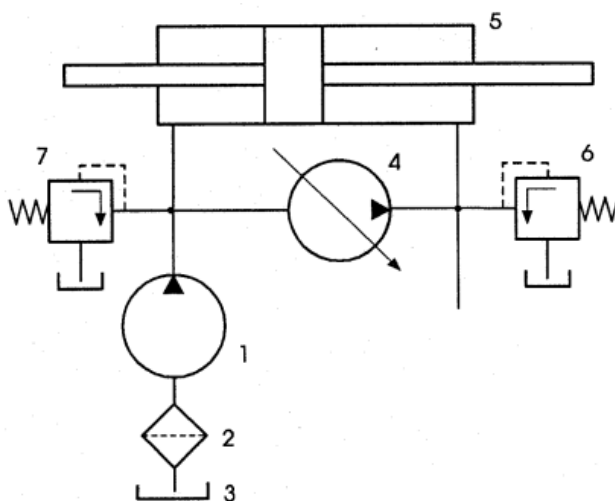
На слици 4.5 је приказана упрошћена шема једне хидрауличне инсталације отвореног тока са пумпом променљивог капацитета.



Слика 4.5. Шема хидрауличне инсталације отвореног тока са пумпом променљивог капацитета [2]

Принцип рада је следећи: Хидропумпа променљивог капацитета (1), зависно од постављеног капацитета, усисава потребну количину уља кроз усисни филтер (2) из резервоара (3), шаљући га у десну страну хидроцилиндра (4) једностраног дејства са двостраном клипном осовином. Брзина кретања клипа, самим тим и клипњаче, зависи од подешеног протока пумпе прстенасте површине клипа. Уље из леве стране хидроцилиндра кроз прикључак за одвод уља преко преливног вентила (6) одлази у резервоар. Преливни вентил под ознаком „5“ има улогу да ограничи максимални радни притисак пумпе, док преливни вентил означен бројем „6“ осигурава од предоптерећења, како не би дошло до убрзавања клипа при његовом растерећењу. Пошто је ово упрошћења шема и нема разводник, могуће је само потискивати уље у једну (десну) страну хидроцилиндра. Постављањем разводника између пумпе и радног цилиндра, омогућава се потискивање уља, било у леву било у десну страну, а с тим и остваривања двоструког дејства.

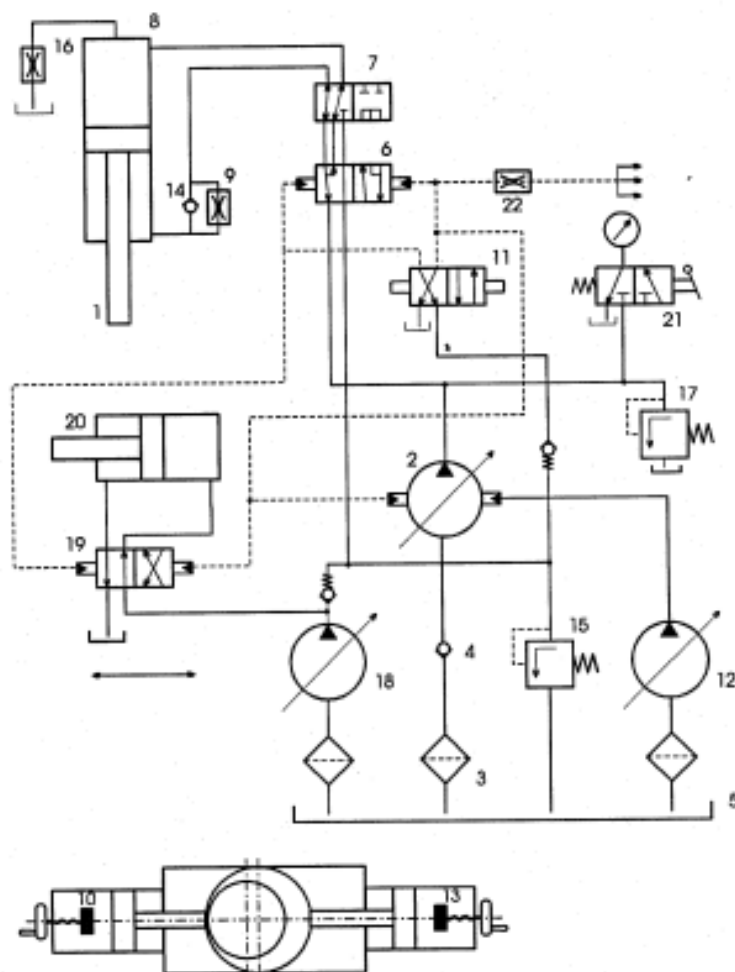
Уколико се код преносника за помоћно кретање захтева велико убрзање клипа при повратном ходу (што је обично и случај, при чему је брзина повратног хода 4÷8 пута већа од брзине радног хода), једна пумпа променљивог капацитета не би била довољна. У том случају, примењују се инсталације са две пумпе, слично као на слици 4.4, с тим што су на тој слици обе коришћене пумпе константног капацитета. Постоји могућност да једна коришћена хидропумпа буде константног капацитета и да се користи за брзо примицање алата у радном ходу и за брзо одмицање алата у повратном, а друга променљивог која би се користила за радни ход, у тренутку процеса резања материјала. На слици 4.6 је приказана упрошћена шема једне хидрауличне инсталације затвореног тока са пумпом променљивог капацитета и пумпом константног капацитета.



Слика 4.6. Шема хидрауличне инсталације затвореног тока са пумпом променљивог капацитета и пумпом константног капацитета [2]

Принцип рада је следећи: пумпа променљивог капацитета (4) усисава уље из једне стране хидроцилиндра (5) и шаље га у другу, брзином која зависи од подешеног протока пумпе. Притом, хидроцилиндр може бити хидроцилиндр са двостраном клипњачом (као на слици изнад) или диференцијални хидроцилиндр (једнострана клипна осовина). У првом случају, ради се о класичном систему затвореног тока, јер нема враћања уља у резервоар, већ се уље шаље из једне стране хидроцилиндра у другу, помоћу пумпе. Тада, пумпа константног капацитета (1) има улогу само да надомести губитке услед цурења уља, па је стога она малог капацитета. Ако се говори о другом случају, ако би уместо приказаног хидроцилиндра био постављен диференцијални, тада потребна количина уља која се шаље у десну или леву страну неће бити иста, зато што су запремине десне и леве стране другачије, због клипне осовине. Диференцијални хидроцилиндр изгледа тако што нема клипњачу на десној страни (ту је празан простор). Приликом кретања клипа од десне ка левој страни хидроцилиндра (5), само уље које се истискује из леве стране неће бити довољно да се потисне у десну страну, због мање количине, па је потребно потиснути још уља из резервоара. За то додатно потискивање, користи се пумпа (1), која из резервоара (3) преко усисног филтера (2) убацује уље у систем. Вишак уља се преко неповратног вентила (7) одводи у резервоар. Преливни вентил под ознаком „6“ има улогу вентила сигурности. Систем са диференцијалним хидроцилиндром се назива полузатвореним.

На претходне две слике, приказане су неке упрошћене шеме хидрауличних инсталација са пумпом променљивог капацитета. Како је већ било говора, хидраулични системи који користе пумпу променљивог капацитета, могу се успешно користити како за преноснике за помоћна кретања, тако и за преноснике за главна кретања. Познато је да од свих машина алатки које се данас користе, само рендисаљке и провлакачице имају главно праволинијско кретање. Управо из разлога како би се овакве шеме представиле на конкретном, индустријском примеру, на слици 4.7 је приказана хидраулична шема преносника за праволинијско кретање са пумпом променљивог капацитета која се примењује на вертикалној рендисаљки. На овој слици, дат је преносник за главно и помоћно кретање.



Слика 4.7. Хидраулична шема преносника за праволинијско кретање са пумпом променљивог капацитета која се примењује на вертикалној рендисаљки [2]

Принцип рада је следећи: Главно, вертикално кретање носача алата (1) остварује се помоћу пумпе променљивог капацитета (2), која може бити радијална или вишећелијска, код које се проток мења променом ексцентрицитета. Ова пумпа усисава уље из резервоара (5), преко усисног филтера (3) и неповратног вентила (4). Током радног хода, течност најпре пролази кроз разводник обележен ознаком „6“ (који служи само за промену смера, односно регулише да ли се течност потискује у горњи или доњи део хидроцилиндра), а потом кроз разводник обележен са „7“ (помоћу кога се машина пушта у рад или зауставља) ка хидроцилиндру (8). Кретање клипа и клипњаче наниже, условљава да уље из доњег дела цилиндра пролази кроз подешљиви пригушни вентил обележен са „9“ (који регулише противпритисак у доњем дели цилиндра) и преко разводника (прво 7 па потом 6) поново пролази кроз разводник (7) на путу ка горњој страни хидроцилиндра. Овде се најбоље може уочити сврха разводника ознаке „6“, који је примио уље из доњег дела цилиндра од разводника обележеног са „7“, променио му смер и послао га поново разводнику у горњу страну цилиндра. На тај начин, пумпа (2) треба само да надокнади разлику између запремине горњег и доњег цилиндра. Ова реченица се објашњава чињеницом да се ради о диференцијалном хидроцилиндру са једностраном клипњачом, код кога је запремина једне коморе мања управо због постојања клипне осовине. Брзина главног кретања при радном ходу се регулише на поменутој пумпи преко граничника (10) са једне стране пумпе (слика 4.7, доњи део), којим се ограничава величина ексцентричности ротора према кућишту пумпе.

Већ је било поменуто на који начин се претвара радни ход у повратни. Поред већ описана два разводника, потребно је објаснити и разводник под ознаком „11“. Овај разводник се посредством граничника, везаних на носачу алата (1), у крајњим положајима хода, пребацује из једног у други положај. Дакле, променом радног хода у повратни, мења се и положај разводника ознаке „11“, који хидраулички делује на разводник ознаке „6“, који под дејством уља ниског притиска из пумпе променљивог капацитета (12) мења смер уљу. Истовремено, течност из ове пумпе делује на десни клип за промену ексцентричности пумпе ознаке „2“, при чему се посредством граничника (13) одређује проток пумпе, односно брзина повратног хода. Све ово има за циљ да сада уље које потискује пумпа (2) кроз разводник (6), при непромењеном положају разводника (7), преко неповратног вентила (14) одлази у доњу страну хидроцилиндра (8). Пошто из горњег дела цилиндра излази већа количина уља него из доњег, вишак уља се враћа у резервоар кроз преливни вентил (15). Пригушни вентил означен са „16“ служи за испуштање ваздуха из цилиндра, док преливни вентил (17) има улогу вентила сигурности.

На истој слици, приказан је и део инсталације за помоћно, праволинијско кретање радног стола рендисалке. Пумпа променљивог капацитета (18) потискује течност кроз разводник (19) ка хидроцилиндру (20), чија је клипњача у директној вези са радним столом. Померање стола мора бити синхронизовано са радним и повратним ходом носача алата. Сходно томе, промена смера главног кретања, резултира промену смера разводника ознаке „6“, али и померање разводника ознаке „19“, чиме се мења смер кретања клипне осовине, односно радног стола.

Такође, на слици се могу уочити разводник (21), којим се помера носач алата, по висини и пригушни вентил (22), који одводи уље из инсталације ка местима која треба подмазивати.

5. Избор хидрауличних инсталација тространог кипера

Практични део завршног рада је одрађен у предузећу Хидраулика Куреља–Пролетер, Крагујевац. Њихова главна делатност јесте израда и уградња надградњи за камионе. Управо на једном примеру из предузећа, било је потребно увидети значај хидрауличних инсталација, базирајући се на хидроцилиндре. На слици 5.1 се може уочити тространи кипер, марке MAN, који ће се узети као пример.



Слика 5.1. Тространи кипер, марке MAN [21]

Извршни орган тространог кипера јесте телескопски хидроцилиндар, било једноструког или пак двоструког дејства. Тространи кипер, како му назив и сам асоцира, омогућава кориснику киповање товарног сандука на три стране (на десну страну, леву страну и позади). Која ће страна бити, зависи од тога где су клинови постављени. На слици 5.2 је приказан камион марке MAN, са киповањем товарног сандука позади (лево). На истој слици, на десној страни, приказан је телескопски хидроцилиндар у извученом стању.



Слика 5.2. Киповање товарног сандука позади [21]

Помоћу клинова се одузимају сви степени слободе одређеној страни товарног сандука. Оно што се никако не сме учинити – поставити клинове дијагонално. На слици 5.3 је приказан изглед клина (лево) и простор у који се смешта клин (десно).



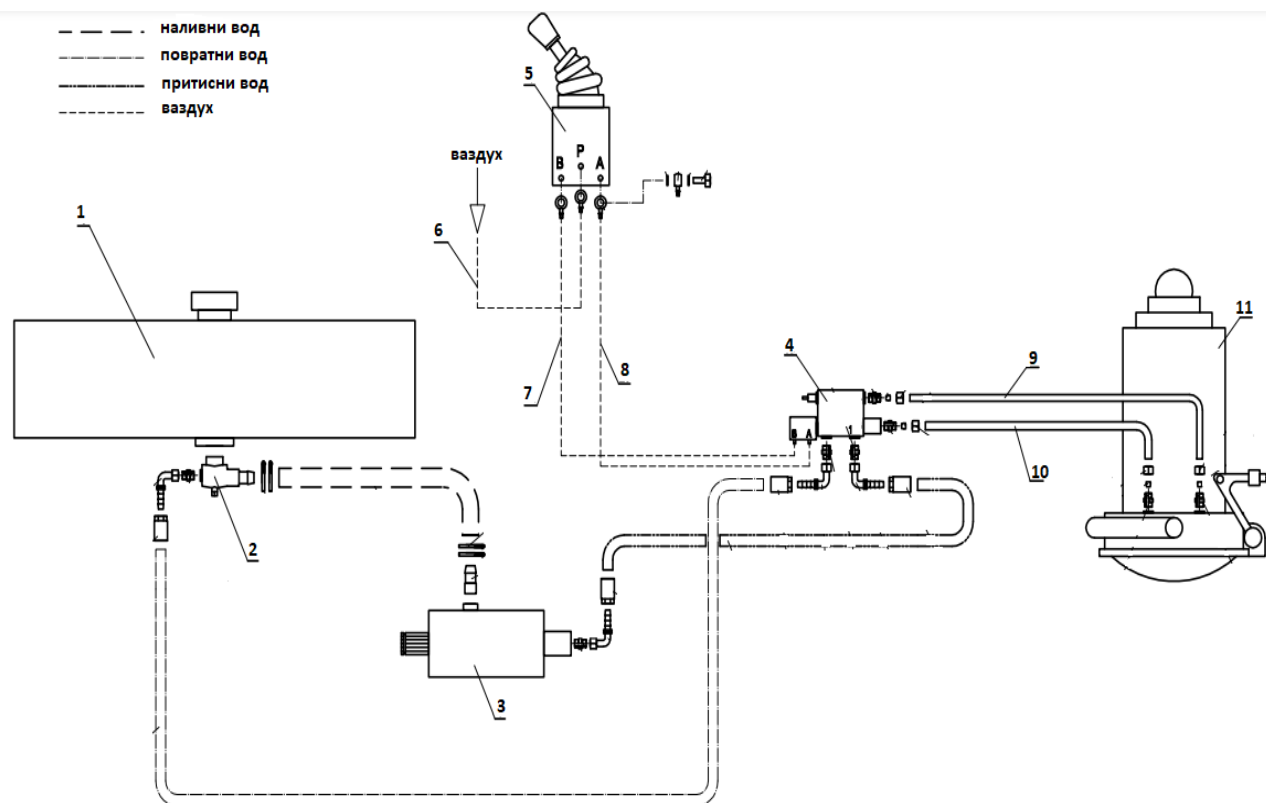
Слика 5.3. Клин за спречавање подизања сандука и простор за његово смештање [21]

Опште је позната чињеница да угао под којим товарни сандук кипера може бити нагнут износи 45° до 50° . Један од уређаја који ово обезбеђује је хидраулички/пнеуматски вентил за ограничавање хода. На слици 5.4 се може уочити поменути вентил. Вентил се налази на колевци у којој је смештен хидроцилиндр. Обзиром на могућност киповања на три стране, овај вентил има три завртња, постављени зависно од стране на коју се кипује. На слици испод, уочава се да је завртањ ударио у подлогу и активирао вентил, којим се искључује команда за подизање сандука. Поред вентила, дужина извлачења хидроцилиндра има важну улогу, која утиче на угао нагиба товарног сандука.



Слика 5.4. Хидраулички/пнеуматски вентил за ограничавање хода [21]

Принцип рада тространог кипера се може представити шемом развођења хидраулика. Ова шема је дата на слици 5.5. Из резервоара (1) пумпа константног капацитета (3) усисава уље. Уље се транспортује кроз притисни вод (видети легенду) у пнеуматско управљани хидраулички вентил (4). Повратни вод служи за враћање уља у резервоар или пумпу, зависно од постављања Т-рачве са славином (2). Извршни орган, телескопски хидроцилиндар (11) је хидроцилиндар двоструког дејства, што значи да се подизање или спуштање сандука изводи помоћу разводника. Ова команда се остварује пнеуматским управљачким разводником (5). Обично је овај уређај смештен у кабини камиона. Како се ради о пнеуматском разводном вентилу, неопходан је проток ваздуха (6). У зависности од положаја управљачког вентила, ваздух се може убацивати кроз једно или друго полиамидно цедро (7 и 8). Како се уље већ налази у хидрауличком вентилу, потребно је да пнеуматски вентил обезбеди радни или повратни ход. Ако је потребан радни ход, уље се транспортује цевоводом под ознаком „10“. С друге стране, повратни ход се реализује струјањем уља кроз цевовод ознаке „9“.



Слика 5.5. Шема развођења хидраулика [21]

Дакле, поред свих помоћних (пратећих) елемената, као што су разни прикључци, цедро, цеви, Т-рачва са славином, резервоар, чауре и слично, као главни (водећи) елементи, на чији се избор треба детаљно прорачунати, су хидропумпа (константног или променљивог капацитета), разводни вентили (у овом случају их има два) и хидроцилиндар (за потребе кипеовања, увек је то телескопски хидроцилиндар). Избор ових компоненти, могуће је извршити у многим каталозима, као што је у поглављу 3.3 био дат избор хидроцилиндара према каталогу Петолетке.

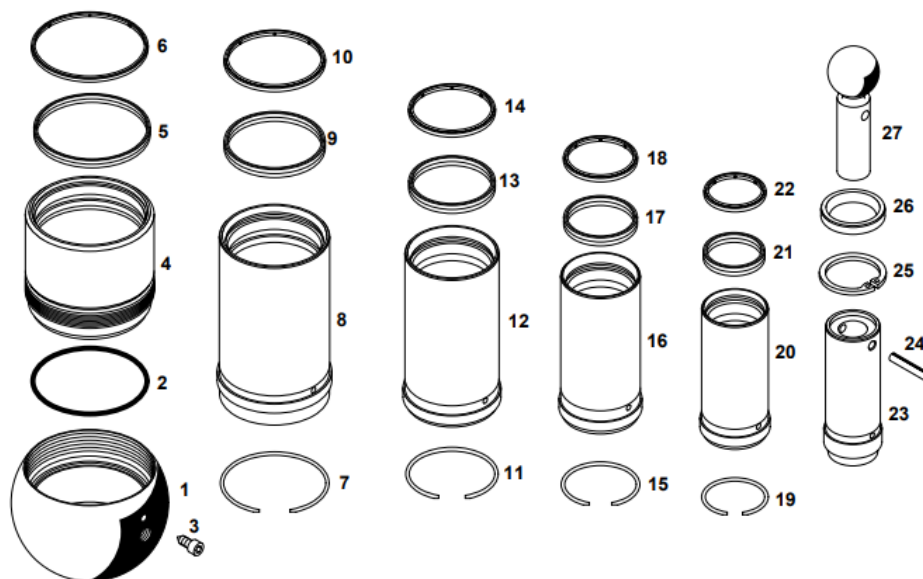
Избор телескопског хидроцилиндра за тространи кипер

Када је у питању избор поменутих хидроцилиндара, два кључна параметра су ход хидроцилиндра, односно дужина извлачења, и носивост тог цилиндра. Ход утиче на угао под којим је товарни сандук нагнут и препорука је избегавати остваривање потпуног хода, посебно телескопског хидроцилиндра, који је састављен од више сегмената. С друге стране, носивост директно зависи од предвиђеног товара који ће се превозити. При овом избору, поменуто предузеће, ослања се на понуду произвођача разних каталога. Телескопски хидроцилиндр, који се може погледати на слици 5.2, налази се у каталозима под озаком 1555/620. У табели 5.1 се може погледати конкретан тип хидроцилиндра и уочити вредности за ход и носивост, као два најбитнија параметра, из каталога Немачке фирме Meiller Kipper.

Табела 5.1. Избор хода и носивости за телескопски хидроцилиндр типа 1555/620 [21]

ТИП	ДУЖИНА КОНСТРУКЦИЈЕ [mm]	ХОД [mm]	НОСИВОСТ [kg]
1155/620	361	871	96
1255/620	391	1021	103
1355/620	431	1159	112
1455/620	461	1309	118
1555/620	491	1459	125

Такође, потребно је обратити пажњу при увлачењу клипова, посебно ако се ради о телескопском хидроцилиндру једноструког дејства, код кога се повратни ход реализује под дејством оптерећења, односно тежине товарног сандука, из разлога што се телескопски хидроцилиндр састоји од сегмената. На слици 5.6 је дат приказ растављеног телескопског хидроцилиндра, који се састоји од пет клипова и једног цилиндра.



Слика 5.6. Приказ растављеног телескопског хидроцилиндра [21]

Телескопски хидроцилиндар, коришћен за уградњу на тространом киперу, састоји се од: кугле (1), О прстена (2), завртња цилиндра (3), цилиндра (4), комплета заптивки са У-прстеном (5, 9, 13, 17, 21), прстена брисача (6, 10, 14, 18, 22), прстена носача (7, 11, 15, 19), клипа (8, 12, 16, 20, 23), стезне игле (24), прстена за закључавање (25), прстена са лоптастом главом (26) и горње кугле (27).

Избор хидропумпе за тространи кипер

Хидропумпа која се користи је пумпа константног капацитета, било зупчаста или пак аксијална клипна пумпа. Како је позната да је зупчаста пумпа предвиђена за мања оптерећења, за пумпу тространог кипера, изабрана је аксијална клипна пумпа, типа 265/1, из каталога компаније Meiller Kipper. Најважнији параметар за избор пумпе је несумњиво проток који се добија на излазу пумпе, изражен у cm^3/obr . Поред тога, битна ставка је прорачун обртног момента, као и снаге. Када се сви ови параметри израчунају, у предвиђеним одељцима каталога произвођача пумпи (као што је SUNFAB), могуће је проверити да ли се параметри налазе у дозвољеним границама.

При избору пумпе, полази се од протока/капацитета израженог у cm^3/obr :

$$D = \frac{Q_1 \cdot 1000}{n_M \cdot z} [22],$$

где је Q_1 – захтевани проток (l/min); n_M – број обртаја мотора (obr); z – преносни однос.

Потом, могуће је израчунати обртни момент пумпе, изражен у Nm :

$$M = \frac{D \cdot p}{6.3} [22],$$

где је D – проток/капацитет пумпе (cm^3/obr); p – радни притисак (MPa).

Такође, могуће је израчунати колики ће проток у реалности пумпа дати, изражен у l/min :

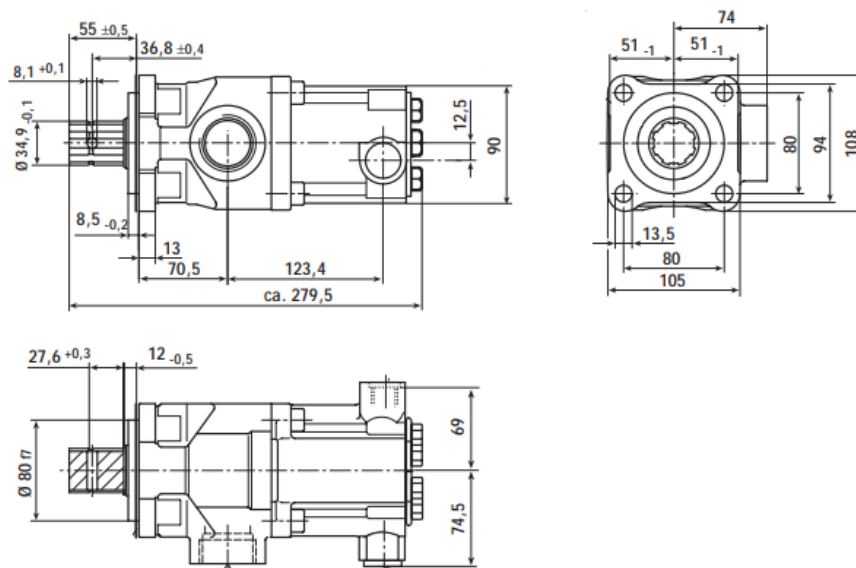
$$Q_2 = \frac{D \cdot z \cdot n_M}{1000} [22].$$

На крају, рачуна се снага пумпе, коју ће она црпити од мотора, изражену у kW :

$$P = \frac{Q_2 \cdot p}{60} [22].$$

Још једна врло битна ставка код избора, јесте извор снаге пумпе. Није исто ако је пумпа директно повезана са мотором или са вратилом одређеног степена преноса мењача. Разлика се огледа у преносном односу. Ово директно утиче на параметар z у обрасцима. С друге стране, број обртаја мотора није увек константан. У неутралном положају, износи 800 obr . Међутим, притискањем папучице за гас, повећава се и број обртаја. Ово директно утиче на параметар n_M у обрасцима. На све ово треба водити рачуна, јер у случају да пумпа има превелики капацитет, као последица се јавља престанак рада мотора.

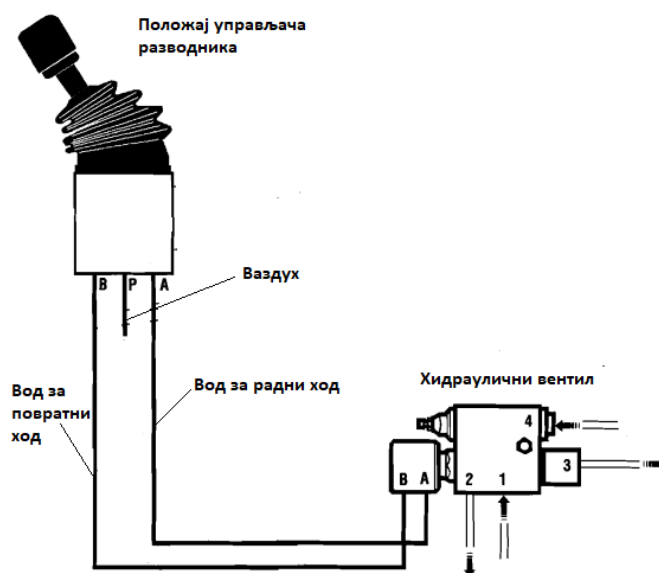
На слици 5.7 је дат приказ аксијалне клипне пумпе која је коришћена за погоњење уља тространог кипера. На погледу са леве стране, уочавају се четири отвора, који управо служе за повезивање са вратилом мотора или са одређеним степеном преноса мењача.



Слика 5.7. Аксијална клипна пумпа из каталога компаније Meiller [21]

Избор разводног вентила тространог кипера

На слици 5.8 је приказан изабрани разводник, ознаке 501/190-194, из каталога компаније Meiller.



Слика 5.8. Пнеуматски разводник ознаке 501/190-194, из каталога компаније Meiller [21]

Принцип рада овог пнеуматског разводника, како је већ објашњено на слици 5.5, састоји се од померања ручице. Како се ради о двоструком дејству телескопског хидроцилиндра, потребно је да овај разводник буде тропозициони и да омогући неутрални положај, радни и повратни ход. На слици изнад, ручица је постављена тако да је у току повратни ход утоварног сандука. Одговарајућим водовима, протиче ваздух и стиже до хидрауличног вентила, у коме се већ налази уље. Хидраулични вентил, управљан пнеуматским, транспортује уље у одговарајући простор хидроцилиндра.

На слици 5.9 се може видети илустрација која показује који положај ручице пнеуматског разводника одговара жељеном ходу.



Слика 5.9. Илустрација положаја ручице пнеуматског разводника [21]

6. Закључак

Суштина и закључак завршног рада, односи се на, пре свега разумевање принципа рада свих хидрауличних шема, на начин примене разних хидроцилиндара и на значајне параметре који утичу на избор компоненти. Не рачунајући увод, као прво поглавље, наредна три су теоријског типа. Користе за упознавање са хидрауличним инсталацијама, хидроцилиндрима и хидрошемама машина алатки. Пето поглавље је практични део завршног рада. Практични део је урађен у предузећу ХК–Пролетер, у Крагујевцу.

Као једно од најчешћих производа поменуте фирме, намеће се производња кипера, једностраних, двостраних или тространих. Сва три типа користе телескопски хидроцилиндр, чија је главна карактеристика да се добијају велике дужине извлачења за исте димензије као и код сваког другог хидроцилиндра. За практични пример, изабран је тространи кипер, марке MAN.

Један од првих корака, а да није конструисање товарног сандука, односи се на поручивање компоненти, према одређеним правилима и параметрима. Пре свега, када се бира телескопски хидроцилиндр, поред одабира према смеру дејства, потребно је адекватно одредити ход извлачења. Ово је битно из разлога што превелика дужина извлачења значи повећање угла под којим је нагнут товарни сандук, што може изазвати испадање сандука. Такође, није препоручљиво извлачити сваки клип телескопског хидроцилиндра, који је састављен из више сегмената. Ово се објашњава простом чињеницом да је теже остварити повратни ход, ако су сви клипови извучени. Поред хода, врло битан податак је носивост хидроцилиндра. Одабир хидроцилиндара, али и свих осталих елемената, бира се из каталога. За тространи кипер из предузећа, користи се аксијална клипна пумпа. Њен избор апсолутно зависи од жељеног протока (капацитета) који треба остварити на њеном излазу. На улазу, пумпа добија одређени број обраћаја од мотора или одређеног степена преноса мењача, а на излазу даје проток уља изражен у cm^3/obr . Ово је и најбитнија ставка, што се пумпе тиче, јер ако пумпа нема потребан капацитет/проток, неће бити у стању да покрене уље. С друге стране, превелики капацитет ће исувише оптерећивати мотор и гасити га. На крају, као веза хидропумпе и хидроцилиндра, бира се разводник. Он добија уље од пумпе и шаље га у цилиндар. Једина ставка приликом одабира јесте да ли је потребан двопозициони, тропозициони или четворопозициони разводник, што зависи од тога да ли је хидроцилиндр једноструког или двоструког дејства. У конкретном примеру, изабран је пнеуматски разводник који управља хидраулични разводни вентил.

7. Литература

- [1] Корбар Р., *Пнеуматика и хидраулика*, Универзитет у Карловцу, Карловац 2007. године
- [2] Захар С., *Машине алатке 1*, Југословенско друштво за трибологију, Крагујевац 1993. године
- [3] <http://media.petoletka.com/2016/06/Aksijalno-klipne-3112full-permission.pdf>, приступљено 24.08.2020. године
- [4] <http://media.petoletka.com/2016/06/Zupcasti-ZMBfull-permission.pdf>, приступљено 24.08.2020. године
- [5] <http://media.petoletka.com/2018/06/Ventili-pritiska.pdf>, приступљено 24.08.2020. године
- [6] <http://media.petoletka.com/2018/06/Ventili-protoka.pdf>, приступљено 24.08.2020. године
- [7] <http://media.petoletka.com/2018/06/Razvodni-ventili.pdf>, приступљено 24.08.2020. године
- [8] Дедић А., *Пнеуматика и хидраулика у дрвној индустрији*, скрипта
- [9] <http://media.petoletka.com/2018/06/Nepovratni-ventili.pdf>, приступљено 24.08.2020. године
- [10] <http://media.petoletka.com/2018/06/Pribor.pdf>, приступљено 24.08.2020. године
- [11] <https://hydronix-bg.com/>, приступљено 24.07.2020. године
- [12] <http://www.pneumatica.be/>, приступљено 24.07.2020. године
- [13] <https://www.mapro.rs/proizvodno-prodajni-program/hidraulicni-cilindri/>, приступљено 24.07.2020. године
- [14] <http://media.petoletka.com/2016/06/A-Dvosmerni-cilindri-tip-V1.pdf>, приступљено 20.08.2020. године
- [15] <http://pneumatik-flex.rs/proizvodni-program/hidraulicni-cilindri/>, приступљено 27.08.2020. године
- [16] Пастор С., *Хидраулични мотори*, наставни материјал средње машинске школе
- [17] <http://media.petoletka.com/2016/06/C-Plunzerski-cilindri.pdf>, приступљено 20.08.2020. године

[18] <http://media.petoletka.com/2016/06/D-Teleskopski-cilindri.pdf>, приступљено 20.08.2020. године

[19] https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_4480/objava_9490/fajlovi/6_Aktuatori_cilindri.pdf, приступљено 24.07.2020. године

[20] <https://www.indiamart.com/proddetail/tandem-hydraulic-cylinder-7376380262.html>, приступљено 27.08.2020. године

[21] Интерна документа предузећа Хидраулика Куреља–Пролетер, Крагујевац

[22] https://www.sunfab.com/media/1443/4001gb2003-general_instructions.pdf, приступљено 08.09.2020. године