

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Примењена механика и аутоматско управљање

Предмет: Механика флуида

Број индекса: 8/2013

Никола С. Степановић

Основи хидрауличких система

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Слободан Савић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

- проучи одговарајућу литературу везану за хидрауличне компоненте у индустрији,
- на основу прикупљених и систематизованих података из препоручене и друге литературе ове области прикаже и методолошки изложи најзначајније хидрауличне компоненте,
- укаже на потребу коришћења уља као радног флуида
- изложи шематски приказ хидрауличког система
- опише примере коришћења хидрауличког система

Препоручена литература:

- [1] Башта, Т. Н., Машинска хидраулика, Машински факултет, Београд, 1980.
- [2] Богдановић, Б., Никодијевић, Д., Вулић, А., Хидраулични и хидромеханички преносници снаге, Машински факултет, Ниш, 1998.
- [3] Тодоровић, П., Јеремић, Б., Мачужић, И., Техничка дијагностика, Машински факултет, Крагујевац, 2010.

Крагујевац, март, 2018.

Ментор:

др Слободан Савић, ред проф.

Изјављујем да сам овај завршни рад урадио самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

8/2013 Никола Степановић

Резиме

Хидраулика је примењена наука и инжењерска дисциплина, која се бави механичким особинама течности. Механика флуида је теоријска основа хидраулике, која се концентрише на инжењерску употребу особина течности. Машински инжењери користе хидраулику како би произвели силу потискивањем нестишљивог флуида. Хидраулични систем је технички систем који се користи за претварање и пренос енергије, као и за управљање истом том енергијом. У овом завршном раду су представљени основни појмови, подела и карактеристике које чине један хидраулички систем. Описан је историја развоја хидрауличких система, употреба уља као радног флуида, представљени су и делови система где је посебна пажња усмерена на хидрауличке пумпе, које су најпузданије и најупотребљивије, на моторе, цилиндри, разводнике и вентиле, који представљају контролне и главне извршне елементе система. Описан је принцип рада једног хидрауличног система као и хидраулички системи у различитим индустријама. Овакви системи омогућавају лакшу контролу над својим аутомобилом, прецизно маневрисање најсавременијих војних и комерцијалних авиона и пружа снагу индустријским и грађевинским машинама.

Кључне речи: хидраулика, течност, пумпа.

Abstract

Hydraulics has been applied to science and engineering discipline, which deals with the mechanical properties of liquids. The fluid mechanics is the theoretical basis of hydraulics, which concentrates on the engineering use of liquid properties. Mechanical engineers are using hydraulic to produce force by suppressing uncompressed fluid. Hydraulic system is a technical system that is used for converting and transferring energy, as well as for managing the same energy. In this paper are presented the basic concepts of, division and characteristics which make up a hydraulic system. The development history of hydraulic systems, the use of oil as a working fluid has been described, parts of the system where special attention is paid to hydraulic pumps, which are the most reliable and most used, hydraulic motors, cylinders and valves, which represent the control and main executive elements of the system, the operating principle of the hydraulic system is described as is hydraulic systems in different industries. These systems enable us to control our car more easily, enable precise maneuvering of the most modern military and commercial aircraft, and provide power to industrial and construction machinery.

Keywords: hydraulic, liquid, pump.

Садржај

1	Увод	1
1.1	Историски развој	1
2	Радни флуид у хидрауличким системима	4
2.1	Врсте хидрауличног флуида	4
2.2	Класификација хидрауличких уља	4
2.3	Својство хидрауличног флуида	5
2.4	Употреба уља у хидраулици	6
3	Пумпе	8
3.1	Зупчаста пумпа	8
3.2	Завојна пумпа	10
3.3	Крилна пума	11
3.4	Крилна пума	12
3.4.1	Аксијалне клипне пумпе	12
3.4.2	Клипно радијалне пумпе	13
4	Остале компоненте хидрауличног система	15
4.1	Вентили	15
4.1.1	Неповратни вентил	15
4.1.2	Вентил протока	15
4.1.3	Вентил притиска	15
4.2	Пречистачи (филтери)	16
4.3	Хидраулички мотори	16
4.4	Хидраулички цилиндри	16
4.4.1	Једносмерни цилиндри	16
4.4.2	Двосмерни цилиндри	17
4.5	Разводници	17
5	Хидраулички погон	18
5.1	Хидраулички преносник	20
5.2	Хидрауличке променљиве	21
5.3	Основни енергецки прорачун	22
5.4	Приказивање хидрауличких шема	24
6	Кочиони систем утоваривача	26
6.1	Хидрауличка шема утоваривача Hyundai 770	29
7	Остали примери употребе хидрауличких система	31

7.1	Аутомобилска индустрија - серво волан.....	31
7.2	Грађевинска инустрија	31
7.3	Авио индустрија	35
8	Закључак	36
9	Литература:.....	37

1 Увод

Хидраулика се такође дефинише као физички опис флуида у кретању који се базира на законима конзервације масе, момента и енергије. Флуид који се креће или кретање флуида се назива **хидродинамика**. Инжењери користе овај тип хидраулике у хидроелектранама манипулишући проток флуида како би покретали турбине и производили електричну енергију. Други тип хидраулике, флуид у мировању назива се **хидростатика**. Хидростатика изучава законе мировања флуида и део је Механике флуида, тачније једне области Механике флуида - хидраулике. Флуид се при мировању налази у „савршеном“ стању јер његова вискозност не долази до изражаја. Притисак у било којој тачки флуида који се не креће се назива **хидростатички притисак**. Хидростатички притисак је једнак производу густине флуида у којој је тело зароњено, висина, односно дубини на којој се налази то тело и убрзању земљине теже Међудејство флуида са различитих страна неке површи се остварује *искључиво у правцу нормале на површ*. Како се напони истезања не могу јавити у флуиду, остаје да се нормални напони свде на притисак [1].

Један од најчешћих уређаја који користи хидрауличку мултипликацију силе је хидрауличка дизалица. Хидрауличка дизалица ради на принципу тако што се померањем полуге напред назад помера клип унутар система који гура хидраулички флуид и тај флуид тече и гура већи клип. Ако је површина мањег клипа 25mm^2 , а површина већег клипа који подиже ауто има површину од 250mm^2 , тако да за сваки килограм, сила којом се полуга помери хидраулички систем мултиплицира (повећава) силу 10 пута. Да би то успело мора се пумпати 10 пута више течности.

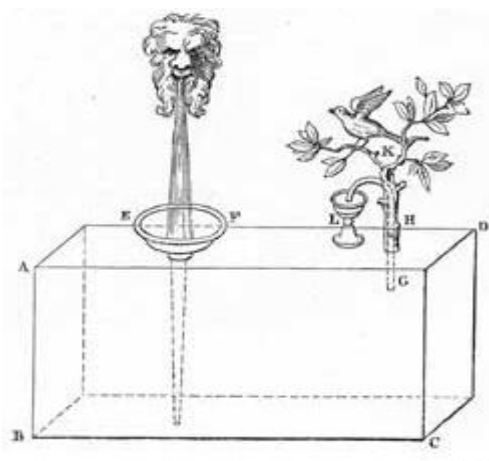
Пример: Ако имато два цилиндра у затвореном хидрауличком систему, било која сила да делује на клип А, та иста сила биће потпуно једнако пренета на клип Б.

Предност затвореног хидрауличног система јесте могућност повећања силе. Ако клип Б има 10 пута већу површину од клипа А, клип Б ће се померити за једну јединицу сваки пут када се клип А помери за 10 јединица али са 10 пута већом силом. Тако да 100 kg притиска на клип А ће произвести довољни притиска у клипу Б да помери предмет тежак 1000 kg.

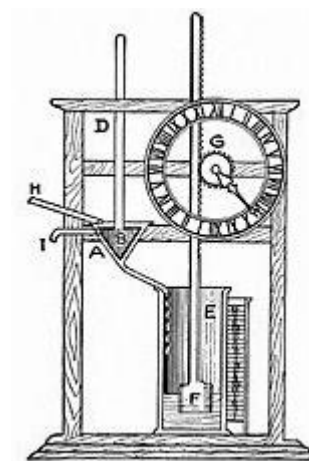
Иако је основни принцип хидраулике веома једноставан било је потребно многим брилијантним умовима хиљадама година да би у потпуности разумели могућности и снагу флуида.

1.1 Историски развој

Грци су били једни од најранијих људи да траже начин којим би могли да контролишу воду, осмишљајући многе хидрауличке уређаје. Неки су коришћени за забаву као на слици 1. Вода протиче кроз посуду и слива се у затворени резервоар која потом гура ваздух напоље кроз цев мањег пречника. Ваздух који путем улази у чашу са водом звучи као птица која пева [2]. Други проналасци су били много кориснији као на пример водени сат слика 2 .



Слика 1. Звук птице помоћи воде [3]



Слика 2. Водени сат [4]

Особа која је допринела највише хидраулици у грчкој је био математичар Архимед (Αρχιμήδης), који је открио први принцип хидростатике **плутање**. Његов експеримент плутања је заснован на концепту да предмет потопљен у воду доживљава силу супротно гравитацији а та сила је позната као **притисак** [5].

Када су римљани дошли у грчку они су учили од грка и унапредили њихове иновације као што су водени точак и вештачке канале (aqueduct). Римљани су преко водених канала слали воду у млинове чиме су претварали снагу воде у кинетичку енергију да би млели зрна. Али римски инжењери нису даље развијали технологију хидраулике. Миленијумима наука о хидраулици није се развијала. У седамнаестом веку француски математичар Блез Паскал (Blaise Pascal) је открио да множењем дубине флуида са њиме једнаком тежином, паскал је направио формула за одређивање притиска флуида, чиме је довело до најважнијег дела хидростатике **мултипликација силе**. Паскалов принцип је основа за сваки рад којим се хидраулика бави данас, а закон гласи:

$$\Delta P = \rho g \Delta h \quad 1.1$$

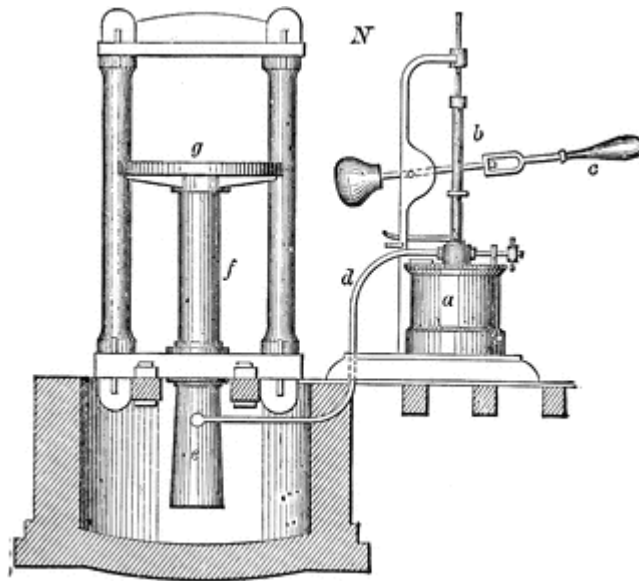
ΔP - хидраулички притисак (јединица паскали) , или разлика у притисцима у две тачке

ρ - је густина флуида (у килограму кроз кубни метар kg/m^3)

g - убрзање при гравитацији

Δh - је висина флуида изнад тачке мерења, или разлика у висини флуида између две тачке (у метрима) [4].

Током 1795. година Енглец Џозеф Брама (Joseph Bramah) поставио је Паскалон принцип у рад са својом хидрауличком пресом слика 3 [6].



Слика 3. Џозеф Брама (Joseph Bramah)- хидрауличка преса [7]

Када се први хидраулички систем употребио око осамнестог века користили су воду као хидраулички флуид, али вода није довољно добар хидраулички флуид, проблем је у томе зато што вода није густог састава и цури на заптивкама.

2 Радни флуид у хидрауличким системима

До 19 века хидрауличка енергија је била добијена помоћу воде, али све се променило 1859. године када је откривено уље. Пошто је вода имала обичај да се претвори у чврст облик при ниским температурама и тада настане лед а исто тако кључа после 100 °C, вода је имала релативно мали опсег рада. Са друге стране уље је имало радни опсег далеко испод нуле до веома високих температура.

У хидрауличним системима пренос енергије врши флуид под притиском и преноси енергију од хидрауличке пумпе до хидрауличног мотора. Избор одговарајућег радног флуида има битан утицај на исправан рад, трајност, поузданост и економичност хидрауличног погона [8]. Задаци хидрауличног флуида су :

- Пренос енергије
- Хлађење
- Подмазивање
- Заштита од корозије
- Одношење нечистоћа

Захтеви који се постављају на радне флуиде обухватају способност подмазивања, мала промена вискозности са температуром, отпорност на високе температуре, мала сконост оксидацији, мала сконост стварања пене, не упија влагу, постојаност током старења, нетоксична и еколошка прихватљивост, компатабилност са материјалима делова, ниска цена и ниски трошкови одржавања.

2.1 Врсте хидрауличног флуида

Врсте хидрауличног флуида који се користе у хидраулици су:

- Вода и водене емулзије
- Минерална уља
- Синтетичка уља
- Течни метали и легуре

Класификација појединих радних флуида је према својствима. Технолошки напредак хидрауличног флуида је велики [8].

2.2 Класификација хидрауличких уља

Данас се минерална уља користе за температуре од -50 до 80°C . Недостаци минералних уља су велика промена вискозности са температуром и издвајање смоле на вишим температурама. За температуре изнад 80°C до 400°C користе се синтетичка уља, а за још више температуре од -10 до 770°C течни метал и његове легуре [8].

Избор хидрауличног уља врши се на основу препоруке произвођача хидрауличног система или на основу захтева као што су:

1. Захтев у односу на температуру околине,
2. Захтев у односу на вискозност уља.

Класификација хидрауличног уља према норми ISO 6743/4 [9] :

L - HH	Рафинисана минерална уља без инхибитора
L - HL	Уља типа HH са додатним инхибиторима рђе и корозије
L - HM	Уља типа HL са додатним адитивима за заштиту од хабања
L - HR	Уља типа HL са додатним адитивима за побољшање индекса вискозности
L - HV	Уља типа HM са додатним адитивима за побољшање индекса вискозности
L - HG	Уља типа HM са додатним анти "stick-slip" адитивима (за клизне вођице и хидрауличне системе)
L - HETG	Уља на бази триглицерида - еколошки прихватљиви
L - HEPG	Уља на бази полигликола- еколошки прихватљиви
L - HEES	Уља на бази синтетичких естера- еколошки прихватљиви
L - HEPR	Уља на бази полиалфаолефина и сродних угљоводоника- еколошки прихватљиви
L - HS	Синтетичке, незапаљиве течности
L - HF	Основни симбол за тешко запаљиве течности
L - HFAE	Тешко запаљиве емулзије "уље у води" са $\geq 80\%$ воде
L - HFAS	Тешко запаљиви водени раствор хемикалија са $\geq 80\%$ воде
L - HFB	Тешко запаљиве емулзије "вода у уљу" са 35% воде
L - HFC	Водени раствор полимера и адитива за повећање вискозности
L - HFDR	Синтетички тешко запаљиви флуиди на бази естера фосфорне киселине – еколошки прихватљиви
L - HFDS	Синтетички тешко запаљиви флуиди на бази халогених деривата – еколошки прихватљиви
L - HFDT	Мешавина HFDR и HFDS –еколошки прихватљиви. Не садрже воду.
L - HFDU	Синтетичке тешко запаљиве течности другачијег састава. Не садрже воду.
L - HA	За хидрокинетицке преноснике као што су аутоматски преносници
L - HN	За хидрокинетицке преноснике као што су турбо спојнице (квачила) и претвараачи обртних момената

2.3 Својство хидрауличног флуида

Вискозност је најважније својство при одабиру хидрауличног флуида. То физикално својство представља меру силе унутрашњег трења које се јавља при међусобном клизању слојева флуида. Изражава се коефицијент *динамичке* μ или кинематичке ν вискозности [9].

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad 2.1$$

Превелика вискозност изазива губитке притиска, посебно у хладним условима, а премала доводи до опасности од пропуштања. Препоручује се да најнижа тачка при којој флуид тече буде бар 8°C ниже од ниже температуре која се може појавити у хидрауличком погону.

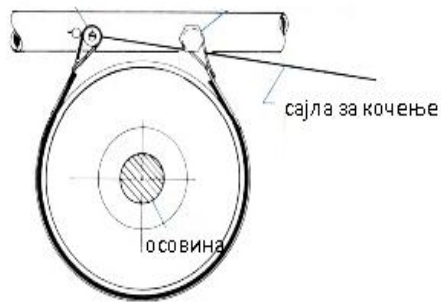
Основна ознака се састоји од словне и бројчане, где ова последња представља приближну вредност вискозности на 40°C у $\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$ [9].

ISO број вискозности (Вискозна градација)	Средња вредност кинематичке вискозности mm ² /s на 40 °C	Границе кинематичке вискозности (mm ² /s на 40 °C)	
		најмање	највише
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,54
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	508
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650
ISO VG 2200	2200	1980	2420
ISO VG 3200	3200	2880	3520

2.4 Употреба уља у хидраулици

Открићем уља као хидраулички флуид омогућило да хидрауличка преса буде неопходна у индустрији чиме је омогућена и производња аутомобила. Током наредних година аутомобил је био неопходно превозно сретство и настајали су да буду све бржи, али се створи наредни проблем , како зауставити аутомобил ?

Током 1904. година Рансом Е. Олдс (Ransom E. Olds) је дизајнирао први систем кочења за аутомобил. Ова кочница се састојала од једне флексибилне жице обавијена око добоша на осовини аута и оне су се називале спољашње кочнице слика 4. Овај начин је био нејефикасан па су те кочнице брзо биле замењене са унутрашњим кочницама слика 5 које су и даље захтевале снагу возача да заустави ауто [10].

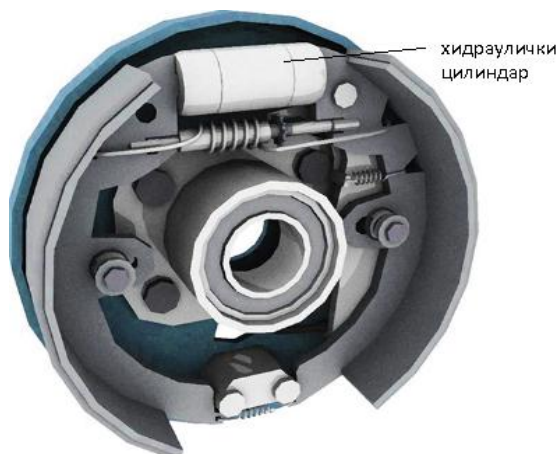


Слика 4. Спољашња кочница [11]



Слика 5. Унутрашња кочница [12]

У 1918. години оснивач авиације Локид Мартин (Lockheed Martin) почео је да развија хидрауличке кочнице за аутомобиле користећи нафтно уље као флуид. Он је дизајнирао систем који помоћу притиска уља притиска пакнове на добош кочница омогућавајући лакше кочење слика 6[10].



Слика 6. Унутрашња хидрауличка кочница [13]

Сваки хидраулички систем покреће хидрауличка пумпа. Хидраулична пумпа је уређај који механичку енергију претвара у хидрауличну енергију, потискивањем хидрауличног флуида.

3 Пумпе

Принцип рада свих пумпи је исти. Процес усисавања радног флуида и њен рад се обавља непрестаним померањем радних елемената. Специфични проток пумпе унапред је дефинисан геометријом радних комора, осим ако је реч о пумпи код које се запремина коморе може променити. Притисак на потисном воду пумпе зависи од оптерећења хидромотора, то јест хидрауличног цилиндра и ограничен је конструкцијским карактеристикама хидрауличног система.

Основна подела пумпи је на:

- Зупчасте
- Завојне
- Крилне
- Клипне

3.1 Зупчаста пумпа

Зупчаста пумпа са спољним ожебљењем слика 7а користи два зупчаника који се крећу у супротним смеровима како би остварили кретање флуида. Један зупчаник покреће мотор (електрични или мотор са унутрашњим сагоревањем) повезан преко осовине и овај зупчаник се зове водећи јер он покреће други гоњени зупчаник. Како се зупчаници окрећу у супротним смеровима стварају вакуум на усисном делу, тада флуид улази у прву комору пумпе и бива створен проток кроз пумпу око зупчаника тако што зуби зупчаника гурају флуид око своје осе унутар пумпе и флуид доспева до другог дела пумпе где се налази потисни излаз који је мањег пречника него усисни. Пошто погонски зупчаник окреће гоњени, то мешање зуба остварује заптивни део раздваја прву комору од друге [14].

Прорачун специфични проток по обртају :

$$q = D\pi h b = 2mD\pi b \quad , \quad \text{cm}^3/\text{o} \quad 3.1$$

где су: m – модул зупчаника,

b – ширина зупчаника,

D – подеони пречник зупчаника,

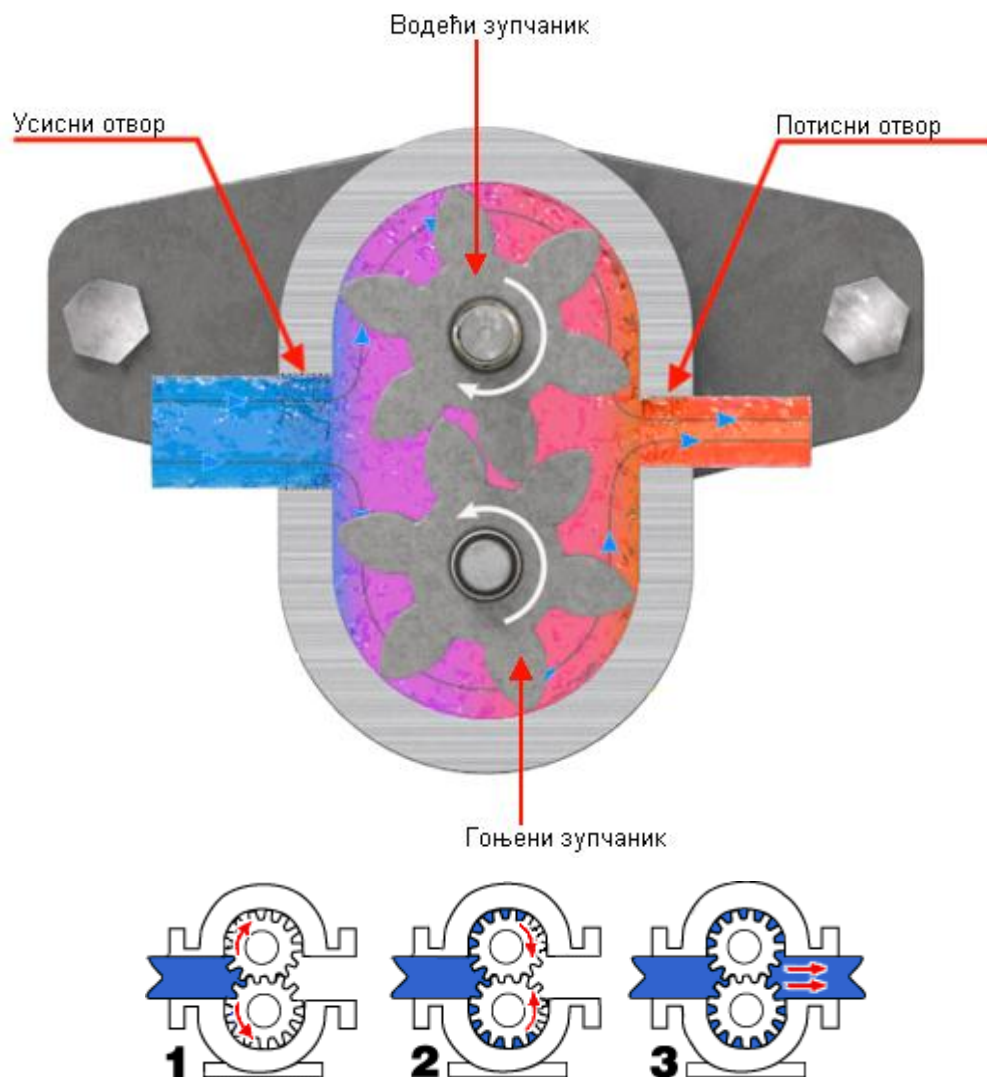
h – висина зуба.

Предности ове пумпе су:

- висок проток флуида и притисак
- тиха током рада
- могућност израде од различитих материјала

Мане су:

- заптивни део који стварају зуби зупчаника се могу потрошити
- имају фиксиране крајње зазоре.



Слика 7. Зупчаста пумпа [15]

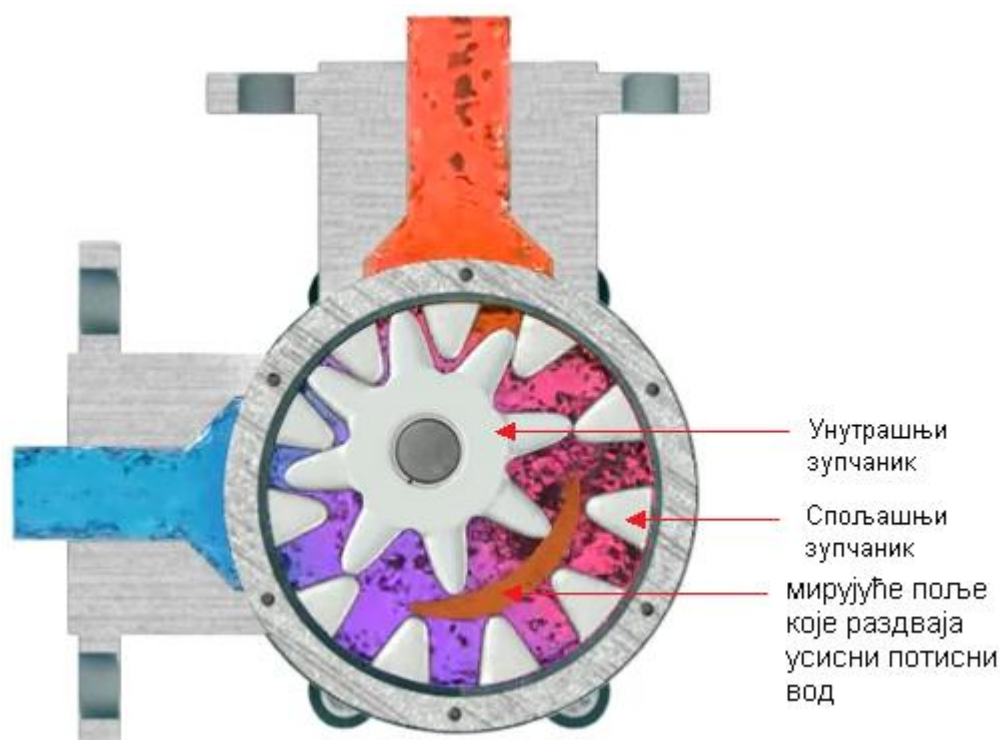
Постоје и зупчасте пумпе са унутрашњим ожебљењем слика 8 , овај тип пумпе има један унутрашњи зупчаник који се креће унутар другог спољашњег зупчаника. Унутрашњи зупчаник има осовину коју покреће мотор, спољашњи зупчаник има зубе који су усмерени ка унутрашњости пумпе. Како се унутрашњи зупчаник окреће покреће и спољни зупчаник , флуид је заробљен у простору између зуба зупчаника и пренешен од усисног до издувног дела . Она такође има мирујуће поље које раздваја усисни потисни вод [14].

Предности:

- мирноћа при раду
- већа снага у односу на своју величину

Мане:

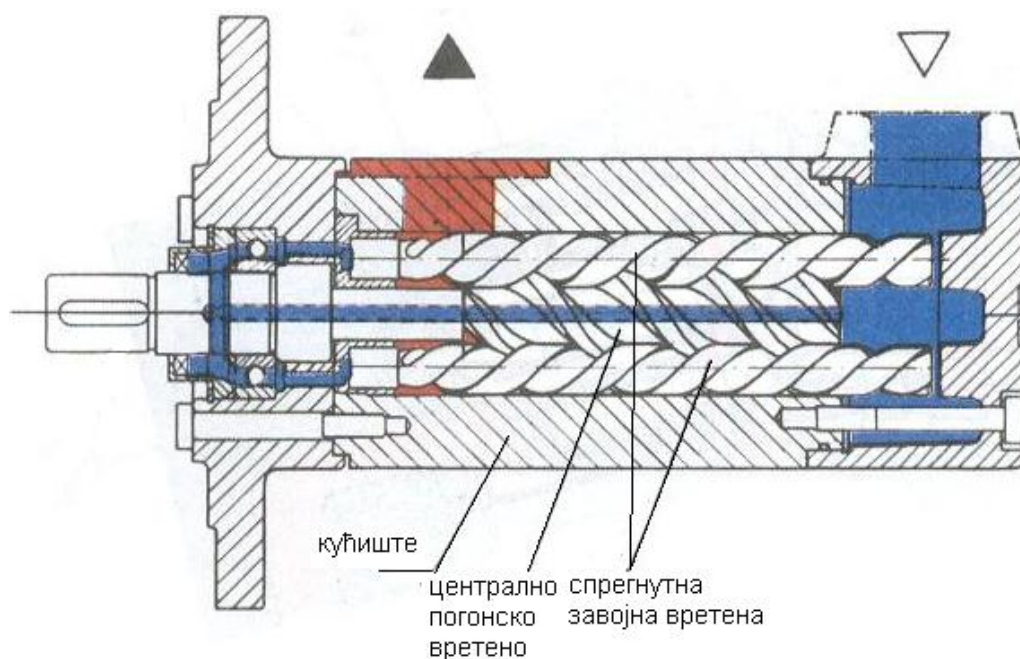
- већа цена
- ограничена раздаљина протока флуида
- мањи до умерен радни притисак
- мала производња



Слика 8. Зупчаста пумпа са унутрашњим ожебљењем [15]

3.2 Завојна пумпа

Шематски приказ завојне пумпе дат је на слици 9. Основна конструкција завојне пумпе чине три спрегнута завојна вретена са циклоидним профилем смештена у једно кућиште, тако да је централно погонско вретено аксијално спрегнуто са два гоњена вретена. Минимални зазор између бокова спрегнутих завојница омогућава потребно заптивање. Завојне пумпе одликују се мирним и тихим радом без пулсација притиска и протока[14].



Слика 9. Шематски приказ завојне пумпе [14]

Завојна пумпа има релативно високе губитке кроз зазоре па се не користи са високе радне притиске. Оптимална примена постиже се код притиска од 50 до 100bar. Паве се за рад са различитим флуидом вискозности од 2.5 до 1000 mm²/s.

3.3 Крилна пума

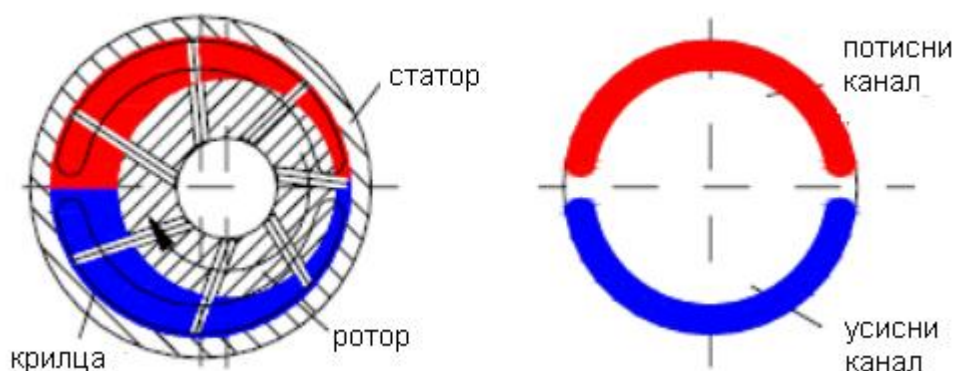
Шематски приказ крилне пумпе дат је на слици 10. Ротор пумпе са усађеним крилцима смештен је ексцентрично у статор пумпе. Радне коморе формирају се између два крилца, ротора и статора пумпе и бичних површина[1]. Закретањем ротора, радна комора се континуирано мења од минималне до максималне величине и обрнуто. Крилна пумпа ради на следећи начин. Окретањем ротора пумпа мења свеличине запремина радних комора. Максимална вредност запремине радне коморе постиже се код закретања ротора за пола круга [14].

Предности крилне пумпе.

- Могу радити са флуидим ниске вискозности
- Може радити без флуида у краћем временском интервалу
- Производи добар вакуум

Мане:

- Компликоване
- Нису поуздане на високим притисцима
- Не користе флуид са већом вискозношћу



Слика 10. Шематски приказ крилне пуме [16]

Специфични проток пумпе за један обртај ротора је једнак:

$$q = Vz = 4r_m \pi e b \quad 3.2$$

Укупни проток при n обртаја је:

$$Q = qn = 4r_m \pi e b n \quad 3.3$$

Пошто је $r_m = (R + r)/2$ и $e = R - r$ добијамо

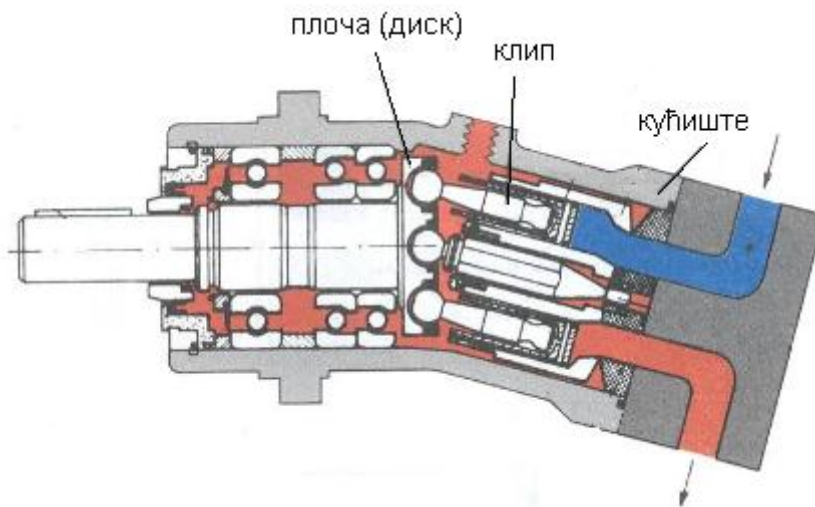
Коначан образац за прорачун капацитета [9]:

$$Q = \frac{D^2 - d^2}{2} \pi n b \quad 3.4$$

Аксијалне пумпе са разводном плочом омогућују израду усисних канала већих димензија него код радијалних пумпи са разводним рукавцем, па је зато дозвољен рад са већим бројем обртаја. За ове пумпе је карактеристично то да имају мали момент инерције, што је значајно уколико се користе као хидромотори.

Код клипних пумпи са косом плочом слика 12 плоча описује трајекторију у облику осмице, док се код клипних пумпи са косо постављеним цилиндарским блоком плоча креће по кругу у равни нормалној на осу погонског вратила.

Код већине пумпи са косом плочом обрће се цилиндарски блок, а наизменично кретање клипова остварује се под дејством опруга, односно плоче. Клипови могу бити без клипњача или, пак, клипњаче преко карданског зглоба ослањају на плочу. Погонска плоча пумпи са косо постављеним цилиндарским блоком има обртно кретање, које се на цилиндарски блок преноси преко кардана и клипњача [14].



Слика 12. Шематски приказ клипно аксијалне пумпе са косом плочом [14]

Клипне пумпе генерално се производе са веома малим зазорима између унутрашњих компоненти него друге пумпе, што значи да унутрашње цурење је мање тако да оне раде са великом ефикасношћу на великим и ниским притисцима.

3.4.2 Клипно радијалне пумпе

Клипно радијалне пумпе слика 13 представљају тип клипних пумпи које омогућавају добијање највиших притисака, реда преко 500 бар при малим хидрауличним губицима захваљујући бољим могућностима заптивања. У њој се врши претварање ротационог кретања улазног вратила пумпе у праволинијско кретање клипова пумпе, и то се може извести на више начина. Конструкцијско решења клипно-радијалне пумпе. Радијалне клипне пумпе израђују се, у одређеним случајевима, за снаге до 3 000 kW и протоке течности до 0,133 m³/s [17]. Пумпе овог типа су малих димензија и примењују се при радним притисцима до 1 000 бара, при чему се за притиске од 200 до 300 бар израђују са разводом помоћу разводника, а за више притиске - са вентилским разводом

Теоријски проток радијалне клипне пумпе одређен је запремином коју описују њени клипови при свом транслаторном кретању, а која се може изразити једначином:

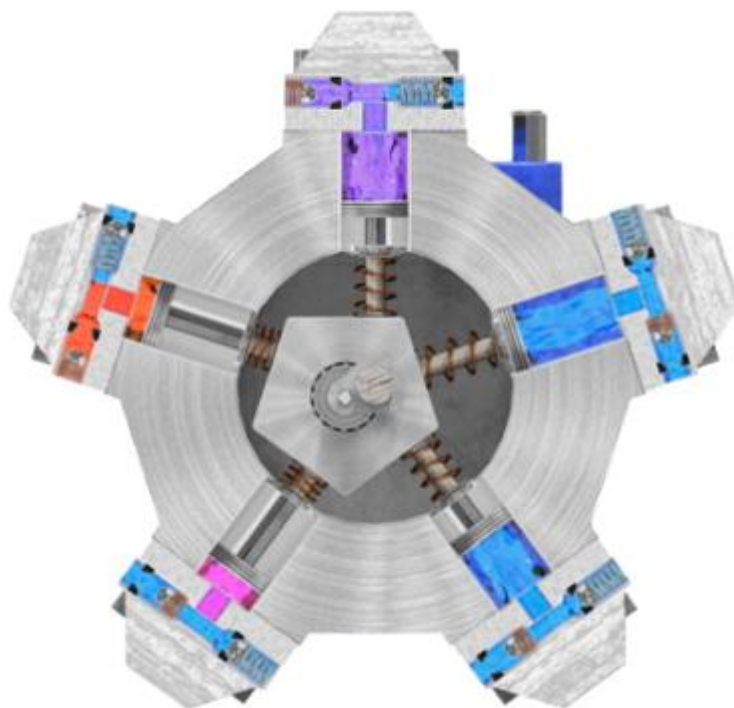
$$Q_t = \frac{u \cdot d^2 \cdot h \cdot z \cdot n}{4} = \frac{u \cdot d^2 \cdot e \cdot z \cdot n}{2} \quad 3.6$$

Где су:

(d, h) - пречник и ход клипа изражени у метрима,

e - ексцентричност пумпе изражена такође у метрима..

Пумпе са ексцентром имају радијално распоредене цилиндри у статору, а ексцентар на погонском вратилу транслаторно покреће клипове у току свог обртања.



Слика 13. Шематски приказ клипно радијалне пумпе [18]

Радијалне клипне пумпе имају ниски звук рада, велике силе при ниским брзинама и веома су ефикасне.

4 Остале компоненте хидрауличког система

У овом раду главни однос је на хидрауличке пумпе и рад хидрауличког система зато остале компоненте хидрауличког система неће бити детаљно описане.

Остале компоненте хидрауличког система поред хидрауличких пумпи су:

- Вентили
- Пречистачи (филтери)
- Хидраулички мотори
- Хидраулички цилиндар
- Разводници

4.1 Вентили

Вентили су компоненте хидрауличког система којима се управља системом, односно подешава се притисак , проток или спречава пролазак радног флуида. Према намени деле се на :

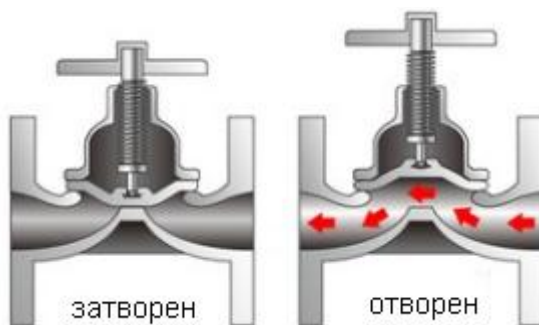
- Неповратни вентил
- Вентил протока
- Вентил притиска

4.1.1 Неповратни вентил

Неповратни вентил стално затвара проток у једном смеру, док у супротноном смеру је отворен. Конструктивно су изведени као вентили са седиштем, тако да у затвореном положају нема цурења радне течности. Елемент за затварање може бити куглица, конус, плочица или мембрана[14].

4.1.2 Вентил протока

Вентил протока је уређај чији је задатак да врши регулацију протока радног флуида, односно да га мењају или одржавају константним. Промена протока најчешће се постиже променом пресека струје флуида , односно пригушењем. Најпростији пример вентила протока је славина слика 14 [14].



Слика 14. Вентил протока [19]

4.1.3 Вентил притиска

Вентил притиска је уређај који врши регулацију притиска радног флуида у хидрауличком систему. Изводе се као:

- Вентили за ограничење притиска
- Вентили сигурности
- Преливни вентили
- Редоследни вентили

4.2 Пречистачи (филтри)

Пречистачи или филтри имају задатак да радни флуид чисте од нечистоћа које могу узроковати разна оштећења у хидрауличким системима.

Према месту уградње пречистачи се деле на :

- Усисне
- Потисне
- Повратне

4.3 Хидраулички мотори

Хидраулички мотори су извршне компоненте хидрауличног система који енергију флуида претварају у механички рад[14]. Зависно од кретања радног елемента деле се на :

- Обртне
- Транслаторне

Конструкција обртних мотора и пумпи у основи је индентична, па се често може према потреби користити као пумпа или мотор. Хидромотори се према конструкцији дела на [14]:

- Зупчасте
- Завојне
- Крилне
- Клипне

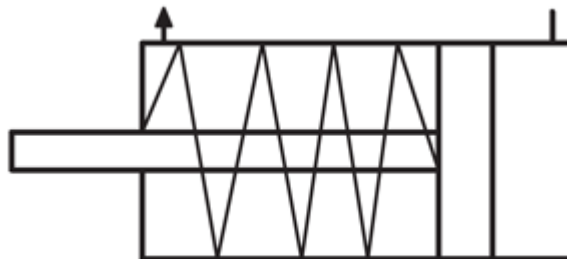
4.4 Хидраулички цилиндри

Хидраулички радни цилиндри су хидраулички мотори код којих се радни елемент креће транслаторно-осцилаторно, а према начину дејства делимо их на:

- Једносмерног и
- Двосмерног дејства

4.4.1 Једносмерни цилиндри

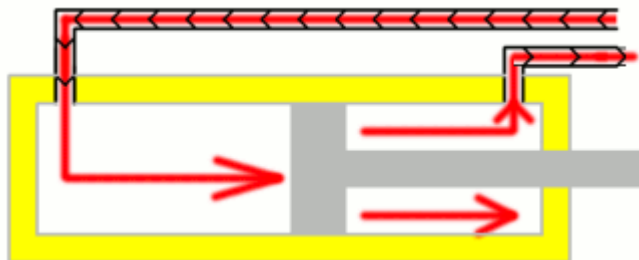
Једносмерни цилиндри слика 15. су цилиндри код којих се радни флуид доводи само са једне стране клипа, потискује клип при чему се клипњача извлачи и врши рад. Повратак у почетни положај врши се под дејством опруге или сопственом тежином [14].



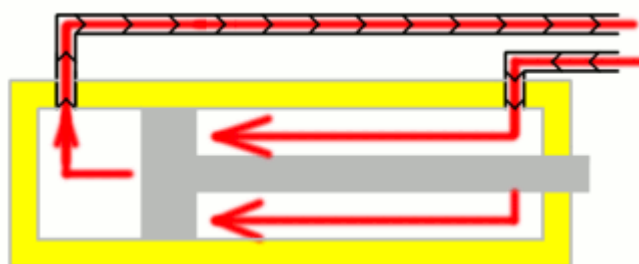
Слика 15. Једносмерни цилиндар са опругом [20]

4.4.2 Двосмерни цилиндри

Двосмерни цилиндри су цилиндри код којих се радни флуид доводи са обе стране клипа слика 16 а и б, тако да хидраулички цилиндар има ход у оба смера. За управљање двосмерног цилиндра користе се разводници [14].



Слика 16а. Двосмерни цилиндар (извучење цилиндра) [21]

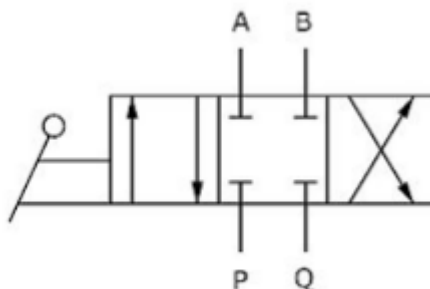


Слика 16б. Двосмерни цилиндар (увлачење цилиндра) [21]

4.5 Разводници

Разводник или разводни вентил је врста хидрауличног вентила који усмерава ток хидрауличног флуида у хидрауличком погону пропуштањем, затварањем или променом смера тока.

Основна карактеристика хидрауличких разводника су конструкција, називна величина, број радних положаја, број хидрауличких прикључака, начин активирања. Ознака број прикључака и радни положај обично се пишу испред речи разводник [14]. На пример 4 /3 разводник означава разводник са 4 прикључка и са 3 радна положаја.



Слика 17. Симбол разводника 4/3 [22]

5 Хидраулички погон

Задаци хидрауличног погона су пренос и управљање енергијом. Основни елементи хидрауличног управљања су: хидрауличка пумпа, хидраулички флуид, цевовод, управљачки елементи, хидраулички мотори и цилиндри.

Хидрауличке пумпе служе да претворе механички рад у енергију флуида. Флуид, цевовод, управљачки елементи служе за пренос енергије и управљање.

Хидраулично управљање се примењује у ситуацијама које захтевају велике силе, брзине и убрзања, високу тачност позиционирања.

Познат је да се, на снову Паскалов закон, поремећај изазван дејством спољне силе на течност која мирује у затвореном суду простира на све стране једнако и има исту вредност [23].

Ако се делује спољном силом F на покретни клип цилиндра слика 18 у течности испод клипа ствара се притисак p . Његову величину одређује сила F која делује на површину клипа A .

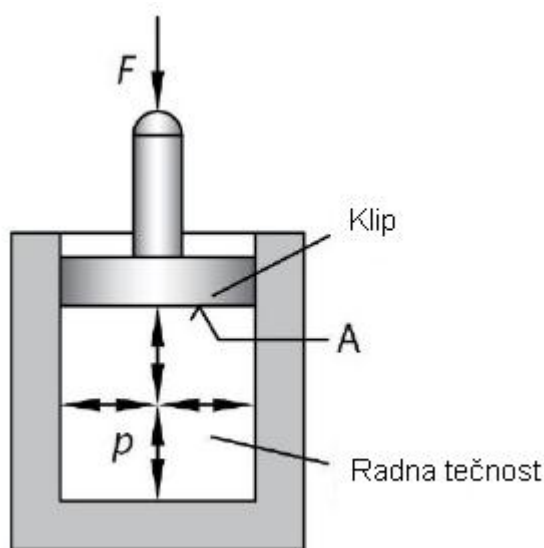
$$p = \frac{F}{A} \quad 5.1$$

где је:

$p [Pa = \frac{N}{m^2}]$ - притисак

$F [N]$ – сила

$A [m^2]$ - активна површина клипа



Слика 18. Стварање притиска у цилиндру [23]

Хидраулички притисак је пропорционалан стубу течности у цилиндру, занемарује се јер му је вредност мала. Мерна јединица за притисак је Паскал (Pa). Међутим у техничкој пракси се користе и друге јединице из табела 1.

	<i>Pa</i> [N/m ²]	<i>bar</i> [daN/cm ²]	<i>MPa</i> [N/mm ²]	<i>at</i> [kp/cm ²]	<i>mH₂O</i>	<i>psi</i> [lbf/in ²]
<i>Pa</i> [N/m ²]	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	1,02x10 ⁻⁵	1,02x10 ⁻⁴	1,45x10 ⁻⁴
<i>bar</i> [daN/cm ²]	10 ⁻⁵	1	0,1	1,02	10,02	1,45
<i>MPa</i> [N/mm ²]	10 ⁻⁶	10	1	10,2	102	145
<i>at</i> [kp/cm ²]	9,81x10 ⁵	0,981	9,81x10 ⁻²	1	10	14,2
<i>mH₂O</i>	9,81x10 ³	9,81x10 ⁻²	9,81x10 ⁻³	0,1	1	1,42
<i>psi</i> [lbf/in ²]	6,9x10 ³	6,9x10 ⁻²	6,9x10 ⁻³	0,07	0,7	1

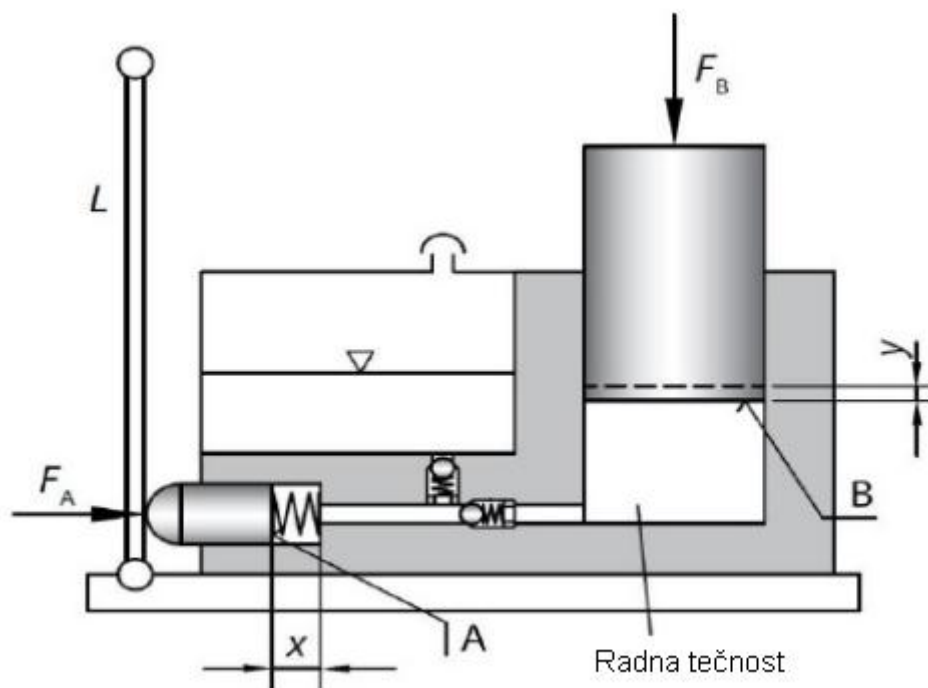
Табела 1. Мерне јединице за притисак

Када спољна сила F_A делује на мањи клип он се помера улево или удесно. Клип потискује течност кроз једносмерни вентил у већи цилиндар. Он се помера нагоре и генерише силу F_B .

Под претпоставком да нема губитка енергије у хидрауличком систему приказаном на слици 19, пренос енергије се може описати поједностављено. Клип мањег цилиндра, површина клипа A , помера се за величину x када на њега делује сила F_A . При томе у течности настаје притисак $p = F_A / A$, а клип потисне запремину течности $V = Ax$. Истовремено клип у већем цилиндру помера се за величину y услед деловања силе $F_B = pB$ настале због притиска у хидрауличном систему. *Паскалов закон, затворен суд испуњен нестишљивом течношћу*. Преношење енергије са клипа A на клип B остварено је физичким преношењем запремине течности [23]:

$$V = Ax = By \text{ [m}^3\text{]} \quad 5.2$$

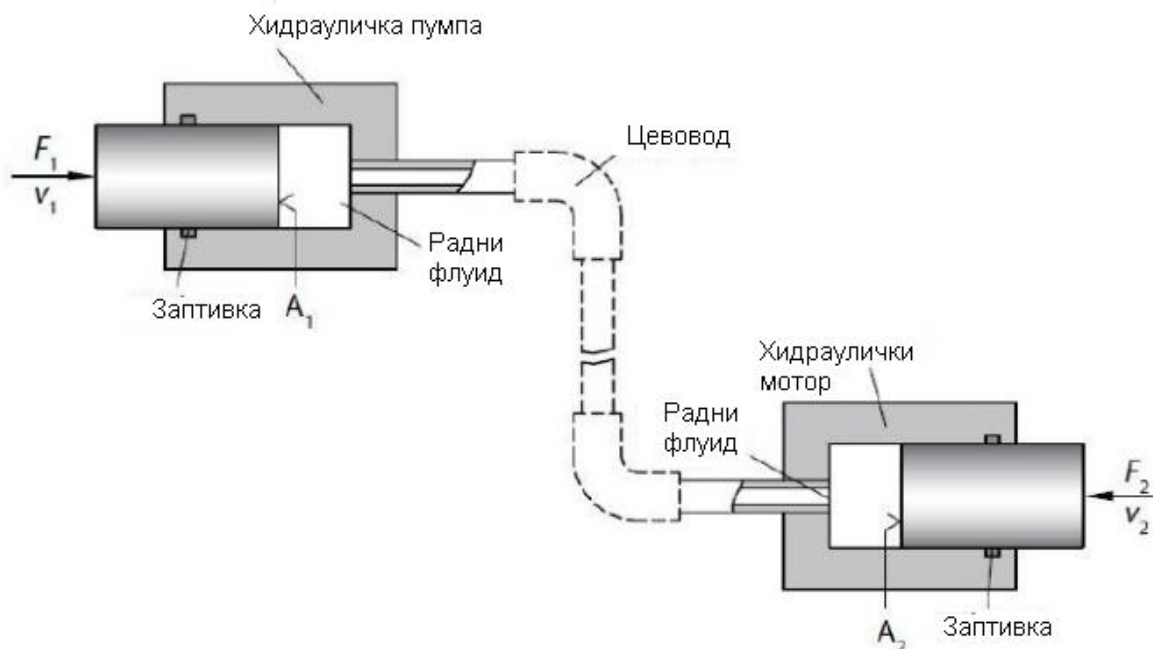
Однос дужине хода клипа пропорционалан је активној површини $x/y = B/A$ [10].



Слика 19. Хидрауличка дизалица [23]

5.1 Хидраулички преносник

Хидраулички преносник је хидраулички систем чија је функција претварање и пренос енергије (слика 20) [23]. Основни елементи хидрауличног преносника су: хидрауличка пумпа, радни флуид, цевовод и хидраулички мотор.



Слика 20. Хидраулички преносник [23]

Предпоставља се да је радна течност идеална није стишљива или вискозна и да се у хидрауличком преноснику не губи енергија.

Клип хидрауличке пумпе површине A_1 под дејством силе F_1 , потискује испред себе радну течност и ствара притисак p_1 . Потиснута течност из пумпе кроз цевовод долази до хидромотора и потискује клип хидромотора површине A_2 . Притисак на пумпи, p_1 , једнак је притиску p_2 на хидромотору. Идеални услови рада - нема губитка енергије.

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = p_2 = \frac{F_2}{A_2} \quad 5.3$$

Сила F_2 на клипу цилиндра мора имати вредност :

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 \quad 5.4$$

Однос активних површина клипа мотора и пумпе A_2/A_1 , јесте коефицијент појачања силе у хидрауличком преноснику[23].

Како су предпостављени идеални услови, испред клипа хидромотора доспева сав потиснути хидраулички флуид из хидрауличке пумпе. Постоји једнакост запремине:

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad 5.5$$

где су v_1 и v_2 [m /s] – брзине пумпе и мотора

Брзина мотора v_2 израчуната је формулом:

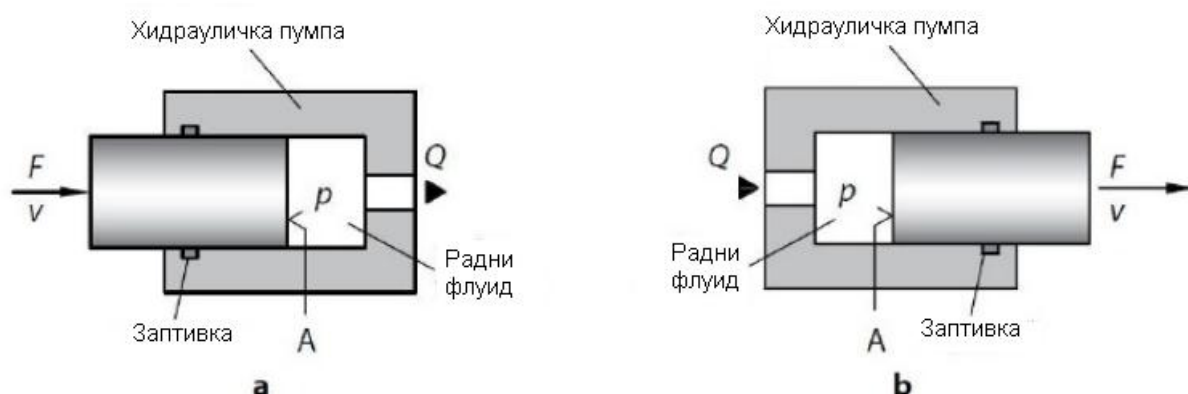
$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad 5.6$$

Однос активних површина мотора и пумпе, A_1/A_2 , јесте коефицијент појачања силе у овом преноснику.

5.2 Хидрауличке променљиве

Хидрауличка енергија се добија посредством покретних механичких делова клипа у цилиндру, претварањем у механичку енергију. То је за сада једина технички прихватљива могућност.

Хидрауличка енергија се може добити и деловањем магнетског поља на флуид који има феромагнетне особине, претварањем из електричне енергије. Таква течност не постоји у природи али се може добити вештачким путем. Течности са феромагнетним особинама веома су скупе, што ограничава могућности евентуалне примене за генерисање хидрауличке енергије [23].



Слика 21. Електромагнетна хидраулична пумпа (а) и хидраулички мотор (б) [23]

Елементарна хидрауличка пумпа има цилиндар и покретни клип са активном површином A , и приказана је шематски на слици 21а. Простор испред клипа испуњен је радним флуидом [23]. Притисак p који настаје услед деловања силе F на клип A , има вредност:

$$p = \frac{F}{A} \quad 5.7$$

где су:

$p [Pa]$ - притисак

$F [N]$ - сила

$A [m^2]$ – активна површина клипа

Запремински проток Q радног флуида из хидрауличке пумпе изражава се формулом:

$$Q = v A \quad 5.8$$

где су:

$Q [m^3/s]$ – проток

$v [m/s]$ – брзина кретања клипа

Хидрауличка снага P је:

$$P = Q p [W] \quad 5.9$$

Елементарни хидраулички мотор, шематски приказ на слици 21 б, претвара доведену хидрауличку енергију у механички рад.

Сила F на клип хидромотора пропорционална је притиску p и величини активне површине A клипа мотора:

$$F = p A \quad 5.10$$

Брзина клипа v хидромотора пропорционална је доведеном протоку Q и површини клипа A :

$$v = \frac{Q}{A} \quad 3.11$$

Моторни режим је инверзан генераторском. Хидраулички мотори теориски могу да раде као хидрауличка пумпа и обрнуто [23].

5.3 Основни енергетски прорачун

Идеалан хидраулички преносник, преноси енергију без губитка. Енергија добијена на хидромотору једнака је енергији доведеној на пумпу. Такав систем није могуће технички реализовати [14].

Реални хидраулички преносник, приказан је на слици 22, има значајне губитке енергије. Механичка енергија добијена на хидромотору мања је од енергије која се доводи на хидрауличку пумпу. Радна течност је стишљива и вискозна. Између покретних делова система постоји зазор [14].

Део радне течности губи се кроз зазор клипа и цилиндра, на пумпи и хидромотору. Резултат тога је да се сва расположива течност не пренесе на пумпе и мотор, то јест, не учествују у корисном преносу енергије.

Стварни проток пумпе је мањи од теориског. Проток који улази у радну комору хидромотора већи је од оног који помера клип хидромотора. Део доведене енергије утроши се на савладавање силе механичког трења покретних елемената, силе инерције струјања течности итд.

Део енергије се неповратно губи у хидрауличкој инсталацији од пумпе до мотора. То су губици у цевоводу, губици због еластичности цевовода, вискозности и стишљивости радне течности. У енергетским прорачунима хидрауличких система користи се степен искоришћености [23] :

- запремински η_z
- механички η_m
- укупни η

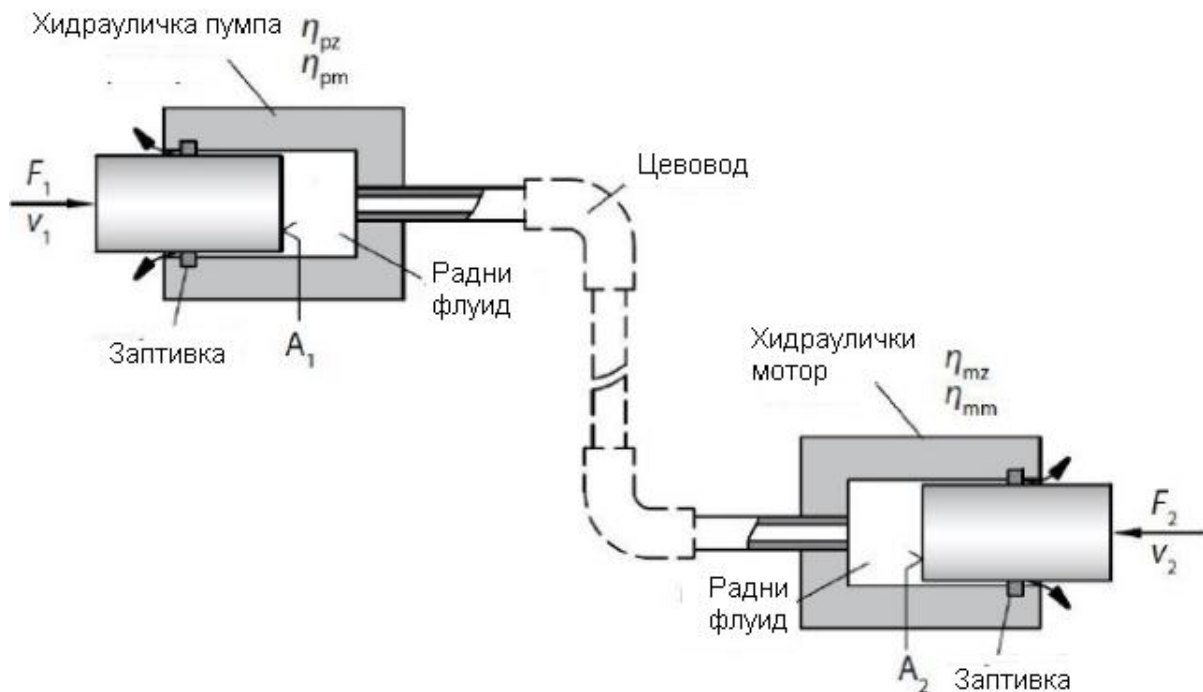
где је укупни степен корисности η једнак:

$$\eta = \eta_z \eta_m \quad 5.12$$

Степен корисности је дефинисан за хидрауличке пумпе и моторе као основни параметри. Нумеричка вредност се одређује експериментално, а зависи од типа пумпе или мотора и квалитета израде.

Поред степена корисности, при димензионисању хидрауличног система морају се узети у обзир:

- губитак протока $\Sigma \Delta Q$ на делу цевовода
- губитак притиска $\Sigma \Delta p$



Слика 22. Реални хидраулички преносник [23]

Ако на клип хидромотора делује сила F_2 а брзина клипњаче је v_2 , притисак p_1 на хидрауличкој пумпи је :

$$p_1 = \frac{(\frac{F_2}{A_2 \eta_{mm}} + \Sigma \Delta p)}{\eta_{pm}} \quad 5.13$$

где су:

- F_2 [N]- сила у клипу хидромотора
- A_2 [m²]- активна површина клипа хидромотора
- η_{mm} - механички степен корисности хидромотора
- η_{pm} - механички степен корисности пумпе
- $\Sigma \Delta p$ [Pa] – укупан губитак притиска у хидрауличкој инсталацији од хидрауличке пумпе до мотора

Потребан проток пумпе Q_1 израчунава се по формули[10]:

$$p_1 = \frac{(\frac{A_2 + v_2}{\eta_{mz}} + \Sigma \Delta Q)}{\eta_{pz}} [m^3/s] \quad 5.14$$

где су:

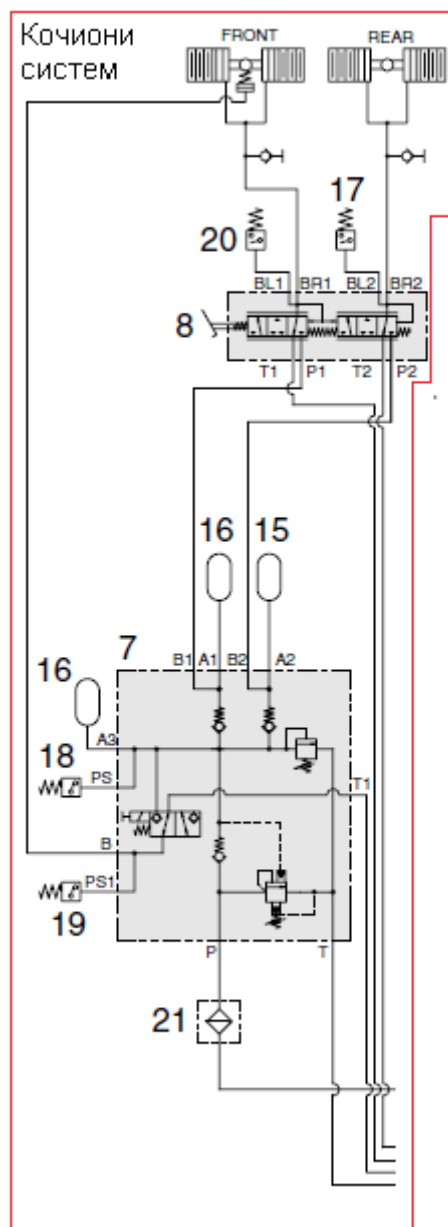
- v_2 [m/s] – брзина клипа хидромотора
- η_{mz} - запремински степен корисности мотора
- η_{pz} – запремински степен корисности пумпе
- $\Sigma \Delta Q$ [m³/s] - укупан губитак протока у хидрауличкој инсталацији од пумпе до хидромотора

5.4 Приказивање хидрауличких шема

Хидраулички системи се приказују функционалним шемама као на слици. Користе се функционални симболи (графички симболи) по стандардима.

Симболи графички приказују функцију хидрауличног елемента и све његове прикључке. Функционалне шеме хидрауличких система у техничкој пракси називају се „хидрауличке шеме“.

Функционалне шеме графички приказују све функционалне елементе хидрауличног система, хидрауличке прикључке и међусобне везе, као и све функције хидрауличног система слика23 . Познавање читања и цртања функционалних шема представља услов за комуникацију у ових техничкој области [14].



Слика 23. Шематски приказ кочионог система [24]

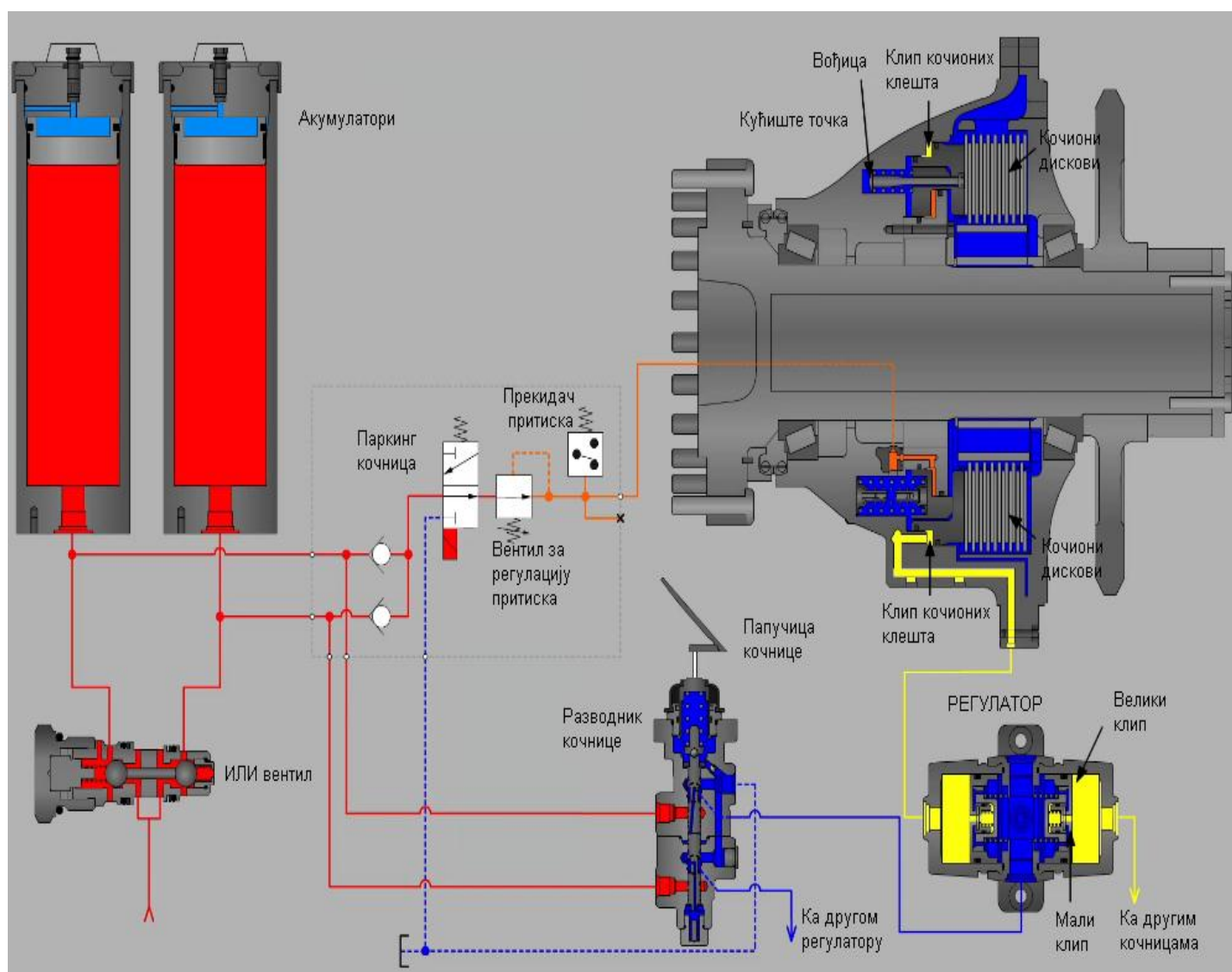
6 Кочиони систем утоваривача

Хидраулика има највећу примену и њена снага и корисност се могу највише видети у грађевини. Грађевинске машине попут утоваривача слика 24 су једна од најпримењених машина у грађевини, и њен принцип рада се заснива на дизел мотору и хидрауличком систему. Дизел мотор покреће хидрауличке пумпе које управљају радом утоваривача.



Слика 24. Hyundai 770 утоваривач (Hyundai део 6 радне машине) [24]

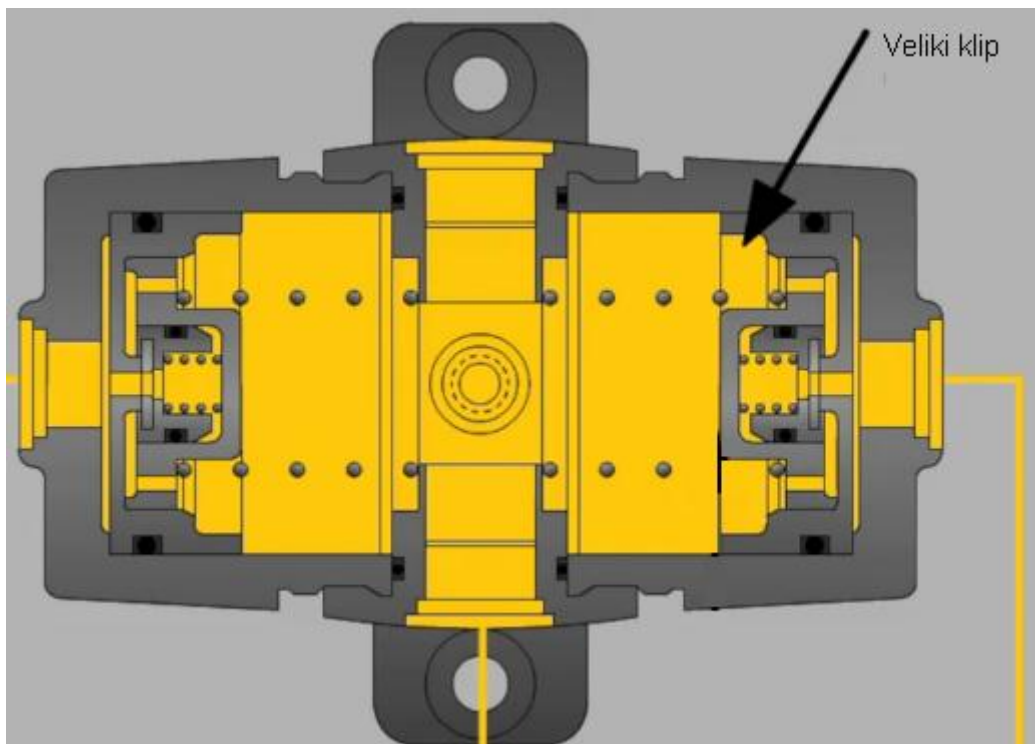
На слици 25 може се као прво видети кочиони систем утоваривача. За почетак када оператер притисне педалу кочнице која је везана за клип који сабија пар опруга на врху кочионог вентила. Педала кочнице не управља директно клиповима унутар разводника, већ само затеже пар опруга. Овај разводник има два вентила који дају притисак. У овом случају посматра се горњи део разводника јер је само он везан за регулатор. Када оператер све више и више потискује педалу кочнице, клипови унутар разводника се отварају на тренутак и затварају допуштајући да притисак који се чува у акумулаторима дође до регулатора, тако да педала кочнице постаје регулатор силе притиска, кочница је тако рећи регулациони вентил. Када оператер притискује кочницу све више, ради веће силе кочења, тада се клип унутр разводника на тренутак отвори и затвори. Када би клип разводника остао отворен, највећи притисак система би потискивао кочиона клешта, што је оправдано ако оператер жели да се застави, али не и ако би желео да успори.



Слика 25. Кочиони систем утоваривача [25]

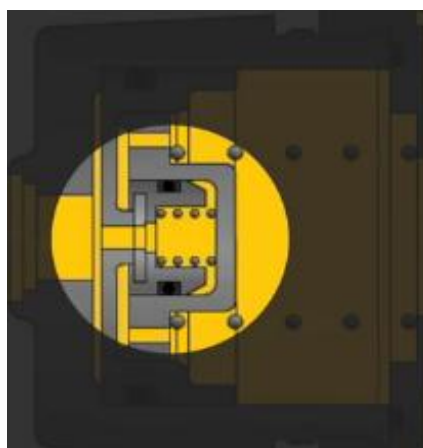
Унутар кућишта точкова се налази сет ротирајућих дискова и сет дискова који мирују. Уколико је потребна већа сила кочења, дискови се сабијају једни у друге све више и повећавају трење што доводи до кочења.

Посматрајући регулатор, у кочионог систему се види да постоје већи и мањи клип. Када оператер притисне кочницу прво што се деси је да се већи клип помери и потискује флуид ка кочионим дисковима. Када оператер пусти педалу кочнице флуид се враћа у жути део са леве или десне стране великог клипа, у овом случају је лева страна. Када су кочиони дискови потрошени и када оператер притисне педалу кочнице већи клип се максимално издужи и тада нема довољно флуида да се постигне жењено кочење (слика 26).



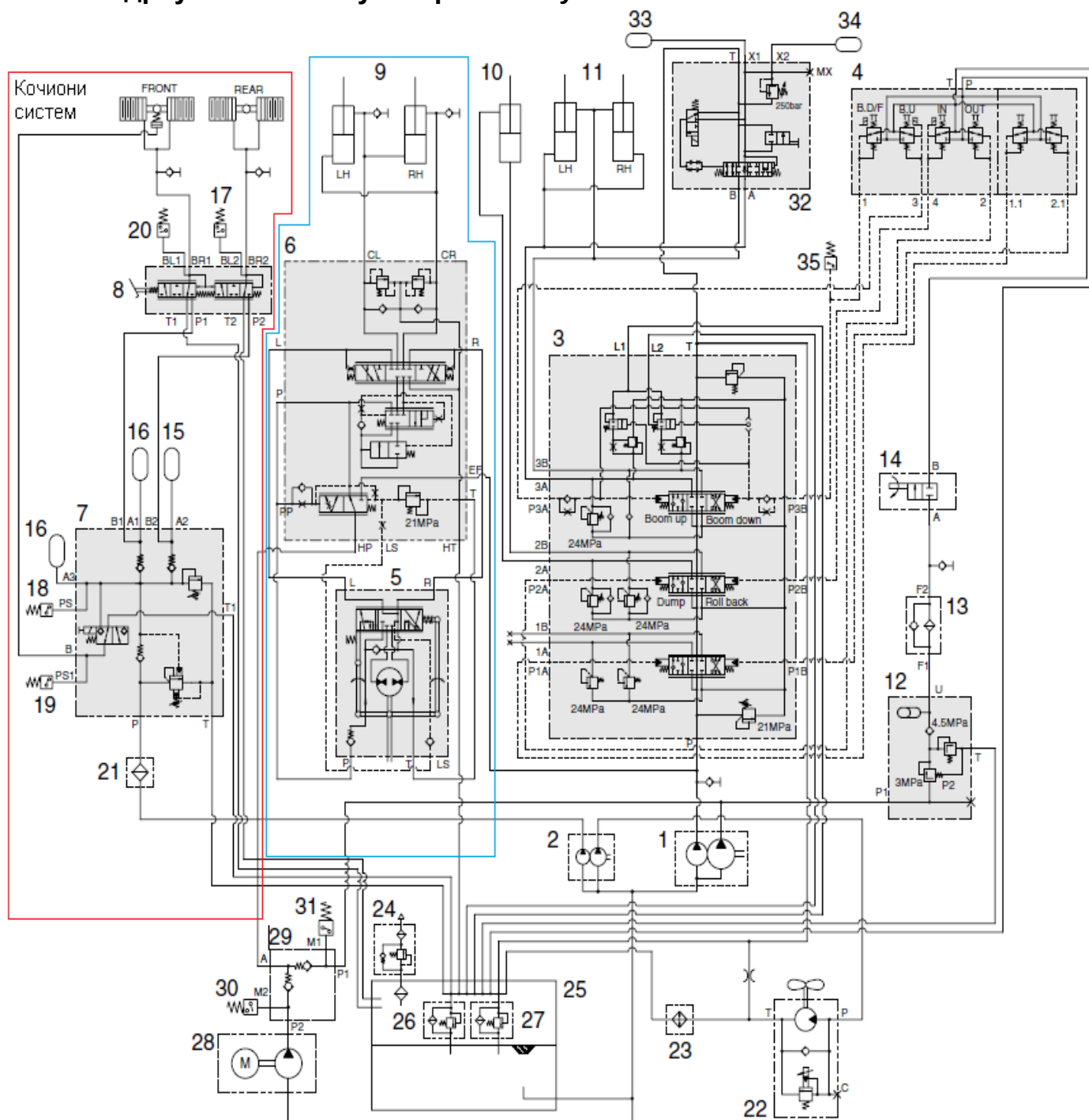
Слика 26. Регулатор силе кочења [25]

Када оператер притисне кочницу тада семањи клип регулатора(слика 27) отвори пар пута и он је у том случају секвенцијални вентил (који се отвори када је притисак од разводника већи од приска који иде од регулатора ка кочионим дисковима). Само у том случају се секвенцијални вентил отвара и допушта да притисак од разводника директно пређе на кочионе дискове.



Слика 27. Мали клип унутар регулатора [25]

6.1 Хидрауличка шема утоваривача Hyundai 770



Слика 38. Хидрауличка шема утоваривача Hyundai 770 [24]

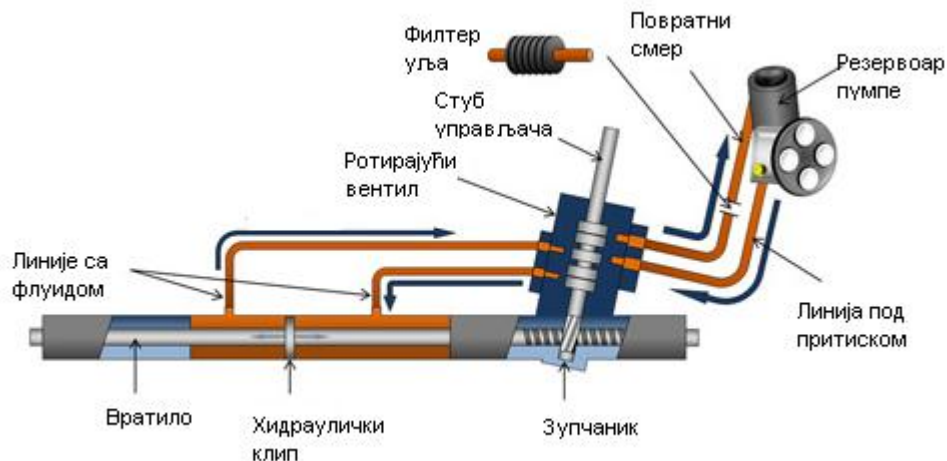
1. Главна пумпа
2. Пума кочнице
3. Хидраулички разводник кашике
4. Даљински управљани блок (џојстик)
5. Сервостат
6. Управљачки блок

7. Вентил прекида
8. Разводник кочнице
9. Цилиндри волана за управљање
10. Цилиндар кашике
11. Цилиндри за подизање кашике
12. Блок притиска за цојстике
13. Филтер
14. Сигурносни вентил
15. Акумулатор
16. Акумулатор
17. Притисни прекидач
18. Притисни прекидач
19. Притисни прекидач
20. Притисни прекидач
21. Филтер
22. Мотор покренут вентилатором
23. Хладњак уља
24. Ваздушни отвор (вентил за одржавање натпритиска у резервару од 0.5 – 1bar)
25. Резервоар
26. Филтер повратног уља
27. Пропусни вентил
28. Пумпа мотора
29. Вентил за проверу притиска
30. Притисни прекидач
31. Притисни прекидач
32. Пливајући ход
33. Акумулатор
34. Акумулатор
35. Притисни прекидач

7 Остали примери употребе хидрауличких система

7.1 Аутомобилска индустрија - серво волан

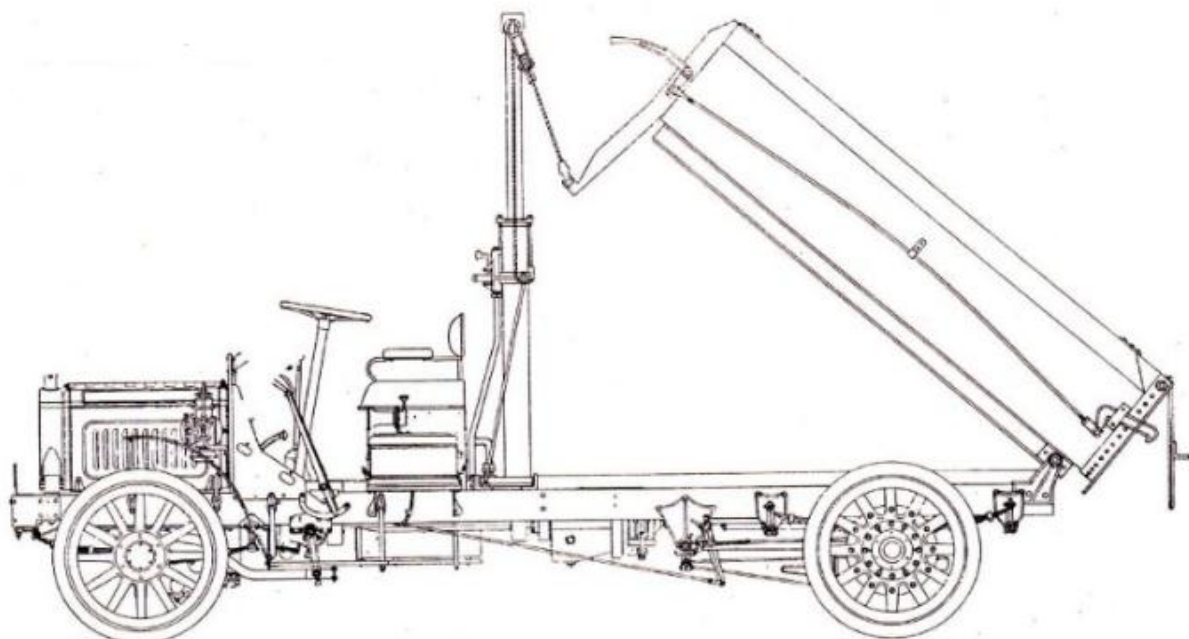
Технологија за серво волан је била развијена још и пре другог светског рата и то је омогућило произвођачима аутомобила да лако пређу у њено коришћење. Било је потребно само узети хидрауличку пумпу и да њу покреће мотор аутомобила, и комбинација хидрауличног протока и притиска је производило снагу за окретање точкова. Систем је радио тако што би окретањем волана у десну или леву страну управљало вентилом који се отвори и усмерава флуид у клип који заокреће точак у одговарајући смер (слика29) [17]. Све ове иновације у аутомобилској индустрији довеле су до значајних промена и за грађевинску индустрију.



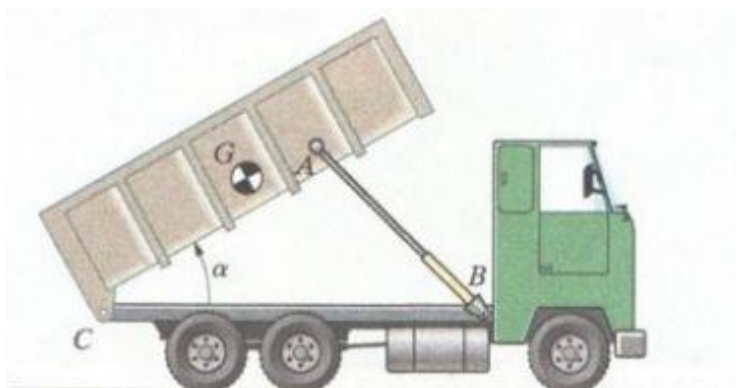
Слика 29. Серво систем [26]

7.2 Грађевинска индустрија

Најбољи пример практичног значаја хидраулика може се видети у грађевинској индустрији. Машине као што су багери, утоваривачи, камиони (кипери), кранови, помогли су да саграде свет и да саме машине постану све веће, достигнући невероватну ефикасност и снагу хидраулике. Пошто су камиони бивали све већи настајали су камиони коју су названи кипери. У почетку ти камиони су празнили приколицу тако што су преко механичког механизма сајле и потезнице (слика 30) подизали предњи део приколице. Након тога су настали хидраулички кипери који су сајлу и потезницу заменили хидрауличким цилиндром [27]. Хидраулички цилиндар је метод помоћу којег се претвара хидрауличка енергија у радну енергију (слика 31).

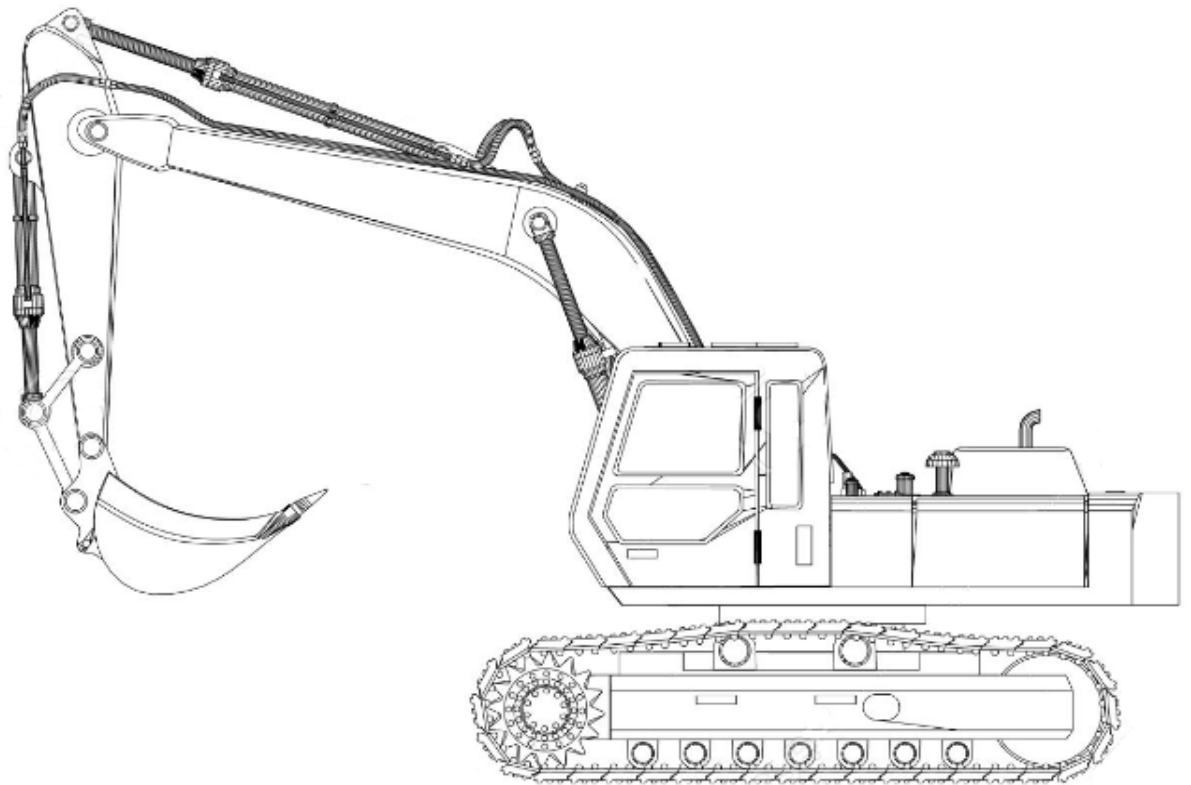


Слика 30. Механички кипер [28]

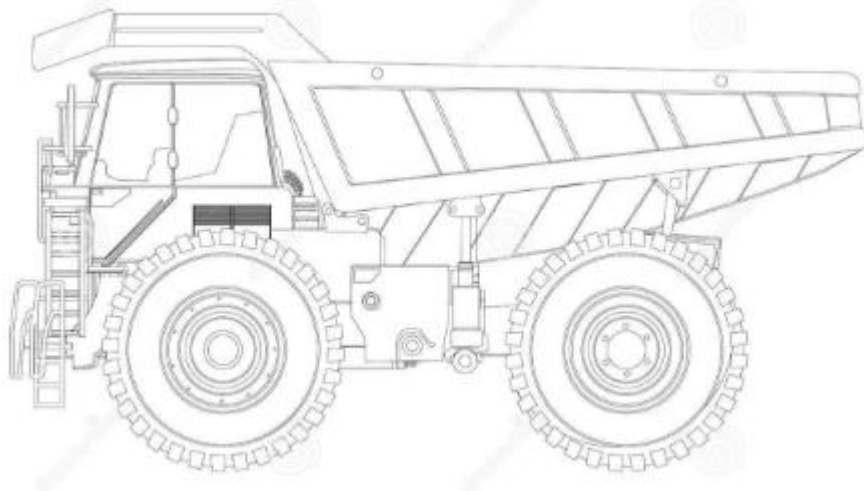


Слика 31. Хидраулички кипер [29]

После другог светског рата коришћене су нове хидрауличке пумпе које су дизајниране да више повећају притисак флуида за тенкове и авионе су биле употребљене у грађевинској индустрији. Упарени са серво воланом и хидрауличким кочницама произвођачи су почели да преве веће и теже и много снажније машине него икада пре. Данас грађевинске машине су неке од највећих машина и све оне користе хидраулику. Као на пример код багера копаача слика32 где померање руке на којој је закачена кашика било немогуће без употребе хидраулике, или код највећих кипера на свету слика 33 камион за ископавање. Могућност тог кипера је да може носити терет од 400t а његови хидраулички цилиндри пружају му могућност да може подигнути своју приколицу 4,5m у висину и тако испразнити свој терет [27] .

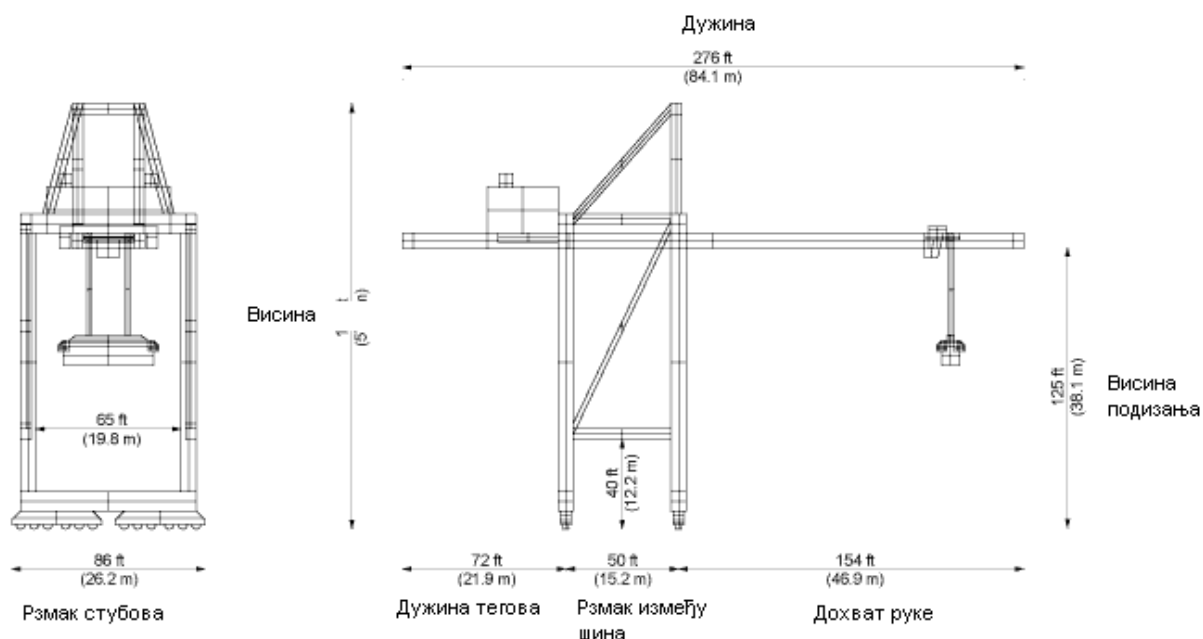


Слика 32. Багер копач [30]



Слика 33. Велики кипер камиони за рад у рудницима [31]

Кранови такође зависе од хидраулике као на пример кранови за контејнере у лукама слика 34. Њихова широка рука за подизање контејнера користи хидраулику како би ухватила а потом и подигла контејнере.



Слика 34. Кран за контејнере у лукама [32]

Нису све грађевинске машине засноване на снази у јачини . Џон Дир (John Deere) ходајућа машина за сечење дрва (слика 35) , користи хидраулику како би ходала кроз шуму прелазећи лако преко тешког и неравног терена.



Слика 35. Џон Дир (John Deere) ходајућа машина [33]

Било да је упитању ископавање, превоз материјала, сечење дрвећа итд. Све је то омогућено лакше и брже уз употребу хидраулике. Хидраулика није само извршила „револуцију“ машине на земљи него и машина у ваздуху, авионе (од најновијих војних авиона до комерционалног летења). Огроман скок у развоју авиона није се могао десити без употребе хидраулике.

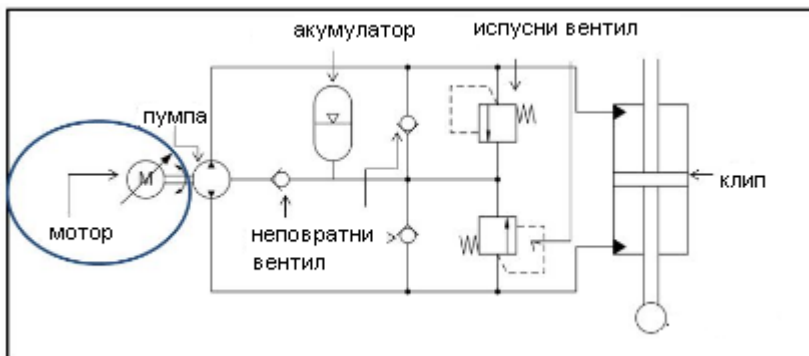
7.3 Авио индустрија

Авион показује један од најбољих начина употребе хидраулике, где постоји једно место одакле се генерише снага хидраулике преко мотора и преноси преко хидрауличких линија до извршних места у авиону као на приме крила авиона. Унутар путничких авиона постоји сложен систем пумпи и хидрауличких линија који преноси уље под високим притиском до команди који управља скоро сваким делом авиона. Већина ових система ради на принципу познатом под „fly by wire“. У типичном „fly by wire“ систему команде лета се дају електронски а извршава се хидрауличким путем.

Пример: када пилот жели да да команду закрилцима команда је послата прво рачунару па је од рачунара електронски послата до хидрауличног система, овај систем се састоји од једног хидрауличног резервоара по мотору који снабдева хидраулички флуид до две пумпе по мотору. Пумпе шаљу флуид под притиском око 200bar кроз металне цеви које иду кроз тело авиона где су везане за актуатор гурајући клип и померајући закрилца.

Овај снажни и ефикасни пренос флуида је много напреднији од првих начина употреба хидраулике. Помоћу хидраулички управљаним стајним трапом авиона војска је следила аутомобилску индустрију инсталирајући хидрауличке кочнице у све војне авионе, након тога су сви контролни системи били повезани хидраулички. Иако су хидрауличке контроле за лет у ранијим борбеним авионима били управљани преко полуга активатори су се тада померали помоћу хидрауличке мултипликације силе. Пошто су авиони у другом светском рату морали у ваздуху да се померају много брже и лакше него икада пре, притисци су морали да се повећају да би омогућили пилотима да лакше померају контролне површине авиона.

Највећи развој у технологији авио индустрије је развој ЕХА(електрични хидраулички активатор)-слика36. Осмишљено раних деветнаестих година ЕХА садржи све компоненте хидрауличног система, само у једном малом кућишту.



Слика 36. ЕХА(електрични хидраулички актуатор) [34]

Постављајући ЕХА поред сваке извршне компоненте авиона инжењери су елиминисали стотине метара хидрауличких цеви, и стотине килограма тежине. Инжењери и данас покушавају да пронађу још ефикаснији начин за управљање авио преко хидрауличног система, чак покушавају да напреве електричне моторе како би у потпуности елиминисали хидраулички систем. Али док се то недеси хидраулика не само да је важан део нашег пословног живота већ је и део нашег забавног живота

8 Закључак

Хидраулички системи значајано утичу на квалитет живота, а готово су не приметни у окружењу. Они пружају снагу за подизање и управљање, обезбеђују погон грађевинским и рударским машинама које врше ископавање и омогућавају бржу изградњу инфраструктуре. Сама примена хидраулике омогућила је лагоднији живот, бољу забаву, лакши рад, а значајна је и са становишта екологије јер „помаже“ око сакупљања отпада и секундарних сировина.

У данашње време реч хидраулика се састоји од електронике и хидраулике. Све до тренутка када се буду појавили електрични мотори који могу заменити један систем хидраулике, она ће увек бити део наше данашњице. Притом, ти електрични мотори будућности морају бити изузетно издржљиви јер, теоретски, једна хидрауличка пумпа може покретати цео систем неке машине.

Хидраулика и сами хидраулични системи имају и своје недостатке од којих је највећи - релативно низак степен корисности. То значи да велики део енергије није искоришћен и бива изгубљен у облику топлотне енергије.

9 Литература:

- [1] *Хидро статика* <https://sr.wikipedia.org> , приступњено августа 2018.
- [2] History of Hydraulics by Hunter, and Ince, Simon Rouse, Iowa Institute of Hydraulic Research (1980)
- [3] <https://faculty.humanities.uci.edu> , приступњено августа 2018
- [4] <https://www.gettyimages.co.uk/> , приступњено августа 2018
- [2] Богдановић, Б., Никодијевић, Д., Вулић, А., Хидраулични и хидромеханички преносници снаге, Машински факултет, Ниш, 1998
- [4] History of Hydraulics by Hunter, and Ince, Simon Rouse, Iowa Institute of Hydraulic Research (1980)
- [5] *Википедиа, Архимедов закон* https://sr.wikipedia.org/sr/Архимедов_закон , приступњено септембра 2018.
- [6] *Википедиа, Joseph Bramah* https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Bramah , приступњено септембра 2018.
- [7] <https://etc.usf.edu> , приступњено септембра 2018.
- [8] https://sh.wikipedia.org/wiki/Hidrauli%C4%8Dki_fluid , приступњено септембра 2018.
- [9] Дипломски рад, Марија Јовановић
- [10] <http://www.netauto.rs/srpski/news/article/istorija-automobila> , приступњено септембра 2018.
- [11] <http://webwiringdiagram.today> , приступњено септембра 2018.
- [12] <https://gifer.com> , приступњено септембра 2018.
- [13] <https://techannouncer.com> , приступњено септембра 2018.
- [14] Предраг Митровић, Зоран Рдојевић, Хидраулика и пнеуматика, за машинску школу, Београд, Завпд за уџбенике и наставна средства, 1995.
- [15] <http://www.pumpschool.com> , приступњено септембра 2018.
- [16] <http://www.nts.edu.rs/> , приступњено септембра 2018.
- [17] <http://websrv3.viser.edu.rs> , приступњено септембра 2018.
- [18] <http://www.moog.com> , приступњено септембра 2018.
- [19] <https://hidropneumatskekomponente.wordpress.com/2012/01/10/ventili-za-protok/> , приступњено септембра 2018.
- [20] <http://www.karicprojekt.rs/project/jednosmerni-cilindri> , приступњено септембра 2018.

- [21] <https://hidropneumatskekomponente.wordpress.com/> , приступњено септембра 2018.
- [22] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Razvodnik_\(hidraulika\)](https://hr.wikipedia.org/wiki/Razvodnik_(hidraulika)), приступњено септембра 2018.
- [23] http://www.mikroknjiga.rs/Knjige/HIDR/01_HIDR.pdf , приступњено септембра 2018.
- [24] Hyundai део 6 радне машине
- [25] <https://www.cdiginc.com/>, приступњено септембра 2018.
- [26] <https://www.tsikot.com>, приступњено септембра 2018.
- [27] Johann Bernoulli , Daniel Bernoulli . Hydrodynamics and Hydraulics, Dover Publications; First Edition edition (1968)
- [28] <http://www.classicrefusetrucks.com>, приступњено септембра 2018.
- [29] <https://www.chegg.com>, приступњено септембра 2018.
- [30] <https://www.canstockphoto.com> , приступњено септембра 2018.
- [31] <http://www.triangminicships.com>, приступњено септембра 2018.
- [32] <http://www.theoldrobots.com>, приступњено септембра 2018.
- [33] <https://www.123rf.com/>, приступњено септембра 2018.
- [34] <http://www.moog.com>, приступњено септембра 2018.

