

Хидраулика и пнеуматика

Радне течности - 02

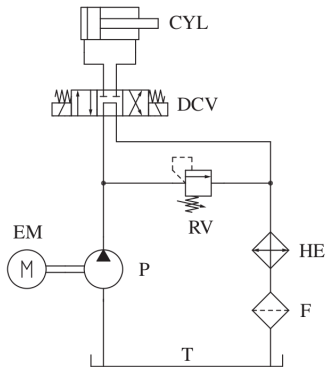
Машински факултет Универзитет у Београду



доц. др Милан Раковић
Катедра за механику флуида

2.1 Улога уља у хидрауличким системима

- ако погледамо систем са слике препознаћемо основне компоненте хидрауличног система

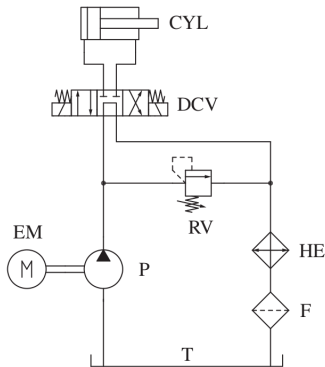


- не би погрешили ако би рекли да је уље једна од најважнијих компоненти система
- то би била компонента која је распрострањена кроз цео систем и која врши неколико **важних улога**

- Основна улога уља је да **пренесе снагу** са изворног претварача (пумпе) на извршне претварааче (хидромоторе и хидроцилиндре).
Ово се остварује тако што уље протиче кроз систем и мења ниво своје енергије.
- Врши подмазивање релативно покретних делова
 - тако се смањују силе трења, а тиме и губици енергије (повећава се степен корисности)
 - смањује се хабање (трошење) елемената, чиме се продужава његов радни век
- Односи топлоту са загрејаних површина
 - топлота се ствара услед сила трења
 - још више топлоте се ослобађа ако се примењује пригушна регулација
 - уље одводи ову топлоту до резервоара, који може бити повезан са системом за хлађење уља
- Односи нечистоће настале током рада
 - то могу бити опилци помичних елемената или последица старења и разградње самог уља, или нечистоће које су споља продрле у систем
 - уље носи ове нечистоће све до пречистача (филтера), где се ове нечистоће одстрањују пре поновног уласка уља у систем

2.1 Улога уља у хидрауличким системима

- ако погледамо систем са слике препознаћемо основне компоненте хидрауличног система



- не би погрешили ако би рекли да је уље једна од најважнијих компоненти система
- то би била компонента која је распрострањена кроз цео систем и која врши неколико **важних улога**

(5) Врши заштиту металних елемената од корозије

(6) Пренос сигнала притиска

Промена притиска се кроз уље простире брзином звука, у хидрауличким системима можемо сматрати да је то тренутно.

Ово је искоришћено за управљање системом, нпр. један део система се активира тек након што се у другом делу достигне одговарајући притисак.

Зато поред цеви намењених за развођење уља под притиском постоје и сигнални водови кроз које је проток скоро занемарљив и који имају једини задатак да **пренесу информацију о притиску** у одређеном делу система (речено је да се овакви водови приказују непрекиданом линијом)

Од **правилног избора уља** умногоме зависи ефективност, поузданост и радни век хидрауличног система

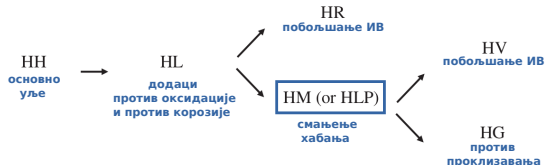
2.2 Класификација радних течности

Према стандарду ISO 6743 хидрауличке течности се деле у три групе:

- минерална уља (H)
- емулзије (HF)
- синтетичка уља (HS)

Минерална уља

- најчешће коришћена хидрауличка течност, добијена прерадом сирове нафте и додавањем адитива
- уз добра физичко-хемијска својства има знатно нижу цену од синтетичких хидрауличких уља
- додавањем адитива побољшавају се жељена својства уља. На тај начин се добија више врста минералних уља, како је приказано на слици

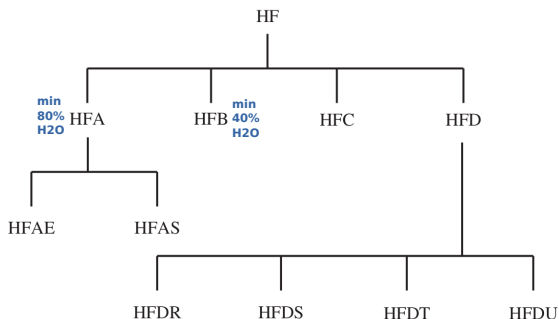


- додавањем адитива против оксидације и корозије у основно уље **HH** добија се минерално уље ознаке **HL**
- ако се у уље **HL** додају адитиви за смањење промене вискозности са променом температуре (смањење индекса вискозности) добија се уље **HR**
- када се у уље **HL** додају адитиви за смањење хабања добија се минерално уље **HM** (које још носи ознаку **HLP**) и које представља најзаступљеније уље у хидрауличким системима
- **HV** представља уље **HM** којем је побољшан индекс вискозности
- **HG** представља уље **HM** којем су додати адитиви за пречавање појаве проклизавања појединих компоненти (клипа разводника)
- слична класификација минералних уља постоји и у DIN стандарду, могу се наћи упоредне табеле

2.2 Класификација радних течности

Емулзије и синтетичка уља

- Емулзије представљају мешавину уља и воде
- заједно са синтетичким уљима се називају незапаљиве хидрауличке течности
- користе се тамо где се мора смањити опасност од пожара и експлозије



- Емулзије **HFA** имају најмање 80% воде. Својства се могу побољшавати додавањем адитива
- емулзије **HFB** имају најмање 40% воде
- **HFC** - мешавина гликола и воде (воде има од 35% до 60%)
- ако хидрауличка течност садржи воду мора се чешће проверавити њен квалитет
- **HFD** - незапаљива синтетичка уља без воде
- Генерално, синтетичка уља **HS** се праве за посебне намене, тамо где минерална уља са адитивима не могу постићи жељена својства, нпр. рад при екстремним темературским условима. Она су вишеструко скупља
- у неким случајевима посебно треба обратити пажњу на утицај на животну околину. Тада се користе биоразградиве течности, а неке од њих су биљног порекла (сунцокретоу уље)

2.2 Класификација радних течности

Поређење различитих хидрауличких течности [2]

	Fluid	Density (kg/m ³)	Viscosity Index (VI)	Lubricating power	Fire resistance	Antioxidizing power	Maximum temperature (°C)	Toxicity	Average cost
минерално уље	Mineral oil	870–900	70–100	Excellent	Poor	Excellent	–5 to 70	Low	100
биљно уље	Vegetable oil ^{a)}	920	210	Excellent	Good	Fairly good	–10 to 70	No toxicity	250
полигликоли	Polyglycols ^{a)}	1100	150–200	Excellent	Good	Good	–30 to 80	No toxicity	350
синтетички естри	Synthetic esters ^{a)}	920	200	Excellent	Good	Good	–30 to 100	No toxicity	700
вода у уљу (емулзија)	Water-in-oil	915–940	High	Fairly good	Excellent	Good	0–50	Low	200
вода гликол	Water glycol	1060	High	Fairly good	Excellent	Good	0–50	Low	400
хлорисани угљоводоници	Chlorinated hydrocarbons	1430	Low	Good	Good	Fairly good	–5 to 70	High	700
фосфорни естри	Phosphoric esters	1270	Low	Excellent	Good	Fairly good	–5 to 70	High	500
смеша естара и хлорида	Mixture of esters and chlorides	1150	Low	Excellent	Good	Fairly good	–5 to 70	High	600
силиконско уље	Silicones	930–1030	High	Fairly good	Excellent	Fairly good	–5 to 90	Low	<700

Синтетичка уља су настала из потребе да се унапреди ова област технологије

Основни циљ је био да се направе хидрауличке течности које неће имати својство запаљивости као минерална уља

Остварене су и друге предности:

- незапаљивост
- већи индекс вискозности (преко 200)
- знатно дужи тек трајања

Недостаци синтетичких уља су:

- веома су агресивни на све органске спојеве (потпуно скидају односно уништавају боју)
- значајно већа цена

Ове две врсте уља се не смеју мешати!

Ако се планира замена минералног уља неким синтетичким, мора се извршити детаљно чишћење инсталације и замена гумених заптивача и црева елементима од силикона, тефлона

2.3 Физичко-хемијске особине радних течности

Да би се исправно изабрало уље које ће бити коришћено у хидрауличком систему и које ће свој задатак обавити успешно и безбедно, потребно је познавати **физичко-хемијске особине уља**: густину, вискозност, индекс вискозности, стиниште, пламиште, мазивост, склоност према пенушању, оксидациону стабилност.

Густина радне течности $\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

- Важна је јер од ње зависи инертност уља (интензитет сила инерције), тј. колико енергије је потребно за покретање и заустављање уља
- Будући да се ово догађа веома често у хидрауличким системима, густина уља утиче на губитке енергије
- минерална уља имају нешто мању густину у односу на синтетичка
- Густина уља се мења при промени притиска. Са порастом притиска повећава се густина и обрнуто
- Пораст притиска од 0 до 200 bar изазива пораст густине за 1%, па се у пракси некада занемарује
- При промени **температуре** густина течности се мења и то није занемарљиво. При повећању температуре густина опада (јер уље тежи ширењу) и обрнуто

- Промена запремине уља (а тиме и густине) у зависности од промене температуре дефинише се преко **коефицијента запреминског топлотног ширења β_T**
- он представља релативну промену запремине уља при промени температуре за 1°C (1 K)

$$\beta_T = \frac{\Delta V/V_0}{\Delta t} = \frac{(V-V_0)/V_0}{t-t_0} \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$$

V_0 и V - почетна и запремина након загревања
 t_0 и t - почетна и температура након загревања

- За минерална уља и притиске до 150 bar, средња вредност $\beta_T = (7 \div 8) \cdot 10^{-4} (^\circ\text{C})^{-1}$

Температура ($^\circ\text{C}$)	-40	0	20	50
Густина $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$	890	875	850	830

2.3 Физичко-хемијске особине радних течности

- **Компресибилност** је својство течности да мења своју запремину при промени притиска
 - пораст притиска $p \nearrow$ течност се сабија $V \searrow$
 - смањење притиска $p \searrow$ течност се шири $V \nearrow$
- течност показује еластичне особине**
- ове еластичне деформације које се јављају приликом рада хидрауличког система смањују његову крутост
 - у системима у којима влада висок притисак долази до смањења запреминског степена корисности η_v
 - ова појава има негативан утицај, али се не може избећи
 - **Коефицијент стишљивости (компресибилности) β_p** представља однос релативне промене запремине и промене притиска

$$\beta_p = -\frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta p} = -\frac{\frac{V-V_0}{V_0}}{p-p_0} \quad [\text{Pa}^{-1}]$$

- Може се рећи да представља склоност уља ка сабијању при повећању притиска. Његове вредности су веома мале

- Често се користи **модул стишљивости (еластичности) B** који представља реципрочну вредност коефицијента стишљивости

$$B = \frac{1}{\beta_p} = -\frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V_0}} = -\frac{p-p_0}{\frac{V-V_0}{V_0}}$$

- У физичком смислу модул еластичности B представља отпор сабијању при повећању притиска!

минерално уље	вода	челик
$1,8 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	$2,1 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	$210 \cdot 10^9 \text{ Pa}$

- Вредности β_p и B нису исте у свим радним условима
- Са порастом притиска уље постаје *тврђе*, теже се сабија

$$p \nearrow \quad \beta_p \searrow \quad B \nearrow$$

- Лакше је сабити загрејано уље

$$t \nearrow \quad \beta_p \nearrow \quad B \searrow$$

2.3 Физичко-хемијске особине радних течности

- Дакле, на запремину (густину) уља истовремено утичу температура и притисак. Својство флуида да мења густину услед промене температуре и/или притиска се назива **СТИШЉИВОСТ**.

$$\frac{V(p, t)}{V_0} = 1 - \beta_p \Delta p + \beta_T \Delta t$$

Пример 1.

Унутар система се налази 80 lit минералног уља на температури 30°C и притиску 1 bar. Ако се уље загреје до 60°C и притисак повећа на 150 bar, колико ће износити промена запремине уља? Коефицијент стишљивости је $\beta_p = 0,55 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$, а коефицијент тоplotног ширења $\beta_T = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Из вредности коефицијената β_p и β_T видимо да је густина уља осетљивија на промену температуре него на промену притиска

Претходна једначина даје:

$$\frac{V}{V_0} = 1 - 0,0077 + 0,0216$$

- што говори да повећање притиска доводи до смањења запремине уља за 0,77 %
- истовремено, повећање температуре доводи до повећања запремине за 2,16 %
- кумулативно, оваква промена радних услова доводи до повећања почетне запремине за 1,39 %

$$V = 1,0139V_0 = 81,112 \text{ lit}$$

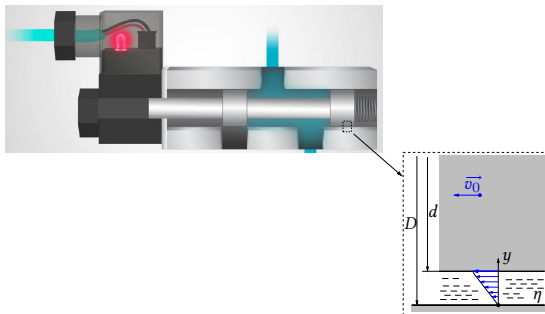
$$\Delta V = 1,112 \text{ lit}$$

2.3 Физичко-хемијске особине радних течности

Вискозност

- можда најважнија карактеристика флуида
- описује **отпор према течењу** који пружа флуид, тј. описује **унутрашње трење** у флуиду

Пример - струјање у зазору између клипа и тела разводника



- клип се креће брзином v_0 , а тело мирује

- према **услову лепљења**, брзина флуида је једнака брзини чврсте површи са којом је у додиру
- у зазору се формира линеаран профил брзине
- слојеви уља се крећу различитим брзинама, између њих се јавља **вискозна сила трења која се противи струјању** и која проузрокује напон
- према Њутну, вискозни напон у флуиду је

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy} \quad \left(\text{за линеаран профил} \quad \tau = \eta \frac{v_0}{h} \right)$$

- напон зависи од градијента брзине, али и од врсте флуида, зато је уведен **коэффициент динамичке вискозности η**
- на цилиндричној површи клипа, овај напон је једнак односу **вискозне силе трења** и површине омотача клипа
- вискозна сила трења је сила којом уље делује на клип и противи се његовом кретању
- за линеаран профил брзине она је

$$F_\eta = \eta A \frac{v_0}{h}$$

2.3 Физичко-хемијске особине радних течности

Вискозност

- за модул стишљивости је речено да описује отпор уља према сабијању, а коефицијент динамичке вискозности η описује отпор уља према течењу и деформисању
- мала вискозност η означава да је трење између слојева уља мало и да то уље лако тече
- велика вискозност η значи веће силе унутрашњег трења, флуид се креће тромо, полако и потребан је већи притисак да га потисне кроз цев
- то значи да већа вискозност уља доводи до већих губитака енергије на трење, тј. смањује **хидромеханички степен корисности** $\eta_h \searrow$
- са друге стране, мање вискозно уље лако пролази кроз зазоре, чиме се повећавају запремински губици, па опада **запремински степен корисности** $\eta_v \searrow$
- још једна мана недовољно вискозног уља је слабо подмазивање, што смањује ради век хидрауличких компоненти

Ове чињенице указују на важност вискозности и њеног правилног избора (правилног избора уља)

- Дакле, вискозност је особина која је супротна течљивости и не треба је мешати са густином (рећи да су гушће течности обавезно вискозније)! Нпр. минерална уља имају мању густину од воде, али већу вискозност.
- јединица за динамичку вискозност је η [Pa s]
- често се користи **кинематска вискозност** ν

$$\eta = \rho \nu \rightarrow \nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

2.3 Физичко-хемијске особине радних течности



Вискозност уља веома зависи од температуре!

- на ниским температурама вискозност течности је велика
- загревањем течности вискозност опада
- нпр. нафта се често загрева при транспорту цевима
- мање се енергије утроши за загревање нафте и њен транспорт када она има мању вискозност, него за транспорт хладне нафте (велика вискозност)
- промена вискозности са температуром зависи од порекла и састава уља

Индекс вискозности

- указује на то колика је промена вискозности уља са променом температуре
- уља која имају низак индекс вискозности брзо мењају вискозност при порасту температуре, што је неповољно
- висок индекс вискозности значи да уље мање мења вискозност са променом температуре, што је пожељно. Индекс вискозности се може повећати додавањем адитива
- за системе на отвореном се некада користе различита уља током летње и зимске сезоне

Тачка стињавања (стиниште)

- означава температуру на којој уље престаје да тече под деловањем силе теже
- важно за хидрауличке уређаје који раде зими на отвореном (авиони, грађевинске машине, наоружање)
- сва хидрауличка уља имају тачку стињавања испод -10°C
- за зимске услове користе се уља са тачком стињавања испод -30°C

Пламиште

- означава најнижу температуру на којој се пали мешавина паре уља и ваздуха у додиру са пламеном
- она мора бити виша од радне температуре уља
- **тачка samozапалења** је температура уља при којој оно гори без присуства отвореног пламена

2.3 Физичко-хемијске особине радних течности

Мазивост уља

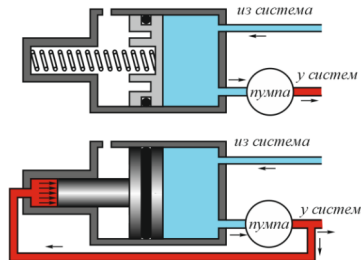
- је особина да **молекуларном адхезијом** покрива металну површину и да спречи суви контакт две металне површине које су у релативном међусобном кретању
- ако на те две површине делују силе које теже да их приљубе, јавиће се притисак који настоји да истисне уље
- уље мора да има **адхезиона својства** која ће омогућити да се **залепи** за површину и спречи истискивање
- уља добрих мазивних особина **смањују трење**, чиме смањују губитке енергије ($\eta_h \nearrow$) и својим присуством **спречавају хабање**, чиме се продужава радни век компоненти

Деемулзиона својства - немешање са водом

- важно ако уље ради у условима повишене влаге
- од доброг уља се очекује да са водом са којом дође у додир не гради **емулзију** (мешавину), већ да се у стању мировања (у резервоару) раздвоје
- гушћа течност (најчешће вода) се издваја на дну резервоара, испушта се кроз отвор и одводи из система

Оксидациона стабилност

- услед додира уља и кисеоника из ваздуха долази до **оксидације уља (старења уља)**
- стварају се једињења која се касније издвајају у облику талога
- Најинтензивније старење уља се одиграва у резервоару због непосредног додира уља са ваздухом
- мере заштите су:
 - убацивање инертног гаса у резервоар уља
 - механичко одвајање уља од ваздуха



2.3 Физичко-хемијске особине радних течности

- важно је напоменути да повећање **температуре** доводи до убрзавања процеса оксидације (старења) уља
- брзина оксидације уља се двостручује са сваким порастом температуре од 10°C
- због тога највећа температура уља не треба да прелази 60°C (некада 80°C)
- такође, присуство нечистоћа у уљу убрзава процес оксидације
- отпорност уља према оксидацији се може повећати додавањем адитива, што за резултат има дужи радни век уља

Растварање гасова у уљу

- особина коју поседују све течности
- растворени гасови немају битног утицаја на рад хидросистема
- количина гаса коју уље може да раствори у себи је пропорционална притиску
- проблем настаје када опадне притисак, тада се део растворених гасова издваја из уља у виду ситних мехурова и доводи до **нежељених појава**
<https://www.istockphoto.com/video/opening-a-soda-water-bottle-gm1195748146-340916823>

● **нежељене појаве**

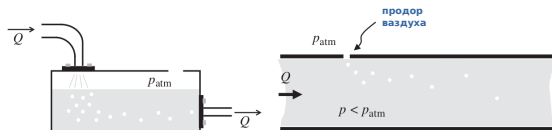
- мехурићи гаса са уљем стварају **пену**
- губи се крутост система
- уље брже стари (оксидира)
- мехурићи гаса проузрокују бучан и неравномеран рад компоненти
- пена смањује мазивост
- нагле промене притиска доводе до **кавитације**

Кавитација

- није везана само за појаву **хладног кључања**
- овде је везана и за растворљивост гаса у уљу
- ако притисак нагло опадне (нагло проширење, уисни вод), део раствореног гаса ће се издвојити у виду мехурића
- проблем настаје када мешавина уља и мехурова раствореног гаса дође у област повишеног притиска
- ту долази до тренутног растварања гаса у уљу
- мехурови нестају, остављајући иза себе празан простор
- тај простор нагло попуњава околно уље, стварајући микро хидраулички удар, који може оштетити компоненте (локални пораст p и t)

Продор околног ваздуха у систем

- особине уља би се значајно промениле ако би околни ваздух ушао у систем и са уљем градио мешавину
- места на којима би се то могло десити су резервоар и усисни вод



- ако резервоар није исправно конструисан створиће се мешавина ваздуха у уља која ће ући у систем
- друга приказана могућност је постојање отвора на усисној цеви (од резервоара до пумпе) у којој влада потпритисак
- због тога се посебна пажња посвећује заптивању усисне цеви
- нежељене појаве двофазног тока су наведене на претходној страни

2.4 Нечистоће у радном флуиду

Постојање нечистоћа у радном флуиду представља најчешћи узрок престанка рада хидрауличног система

Врсте нечистоћа које се могу наћи у хидрауличком уљу:

- **чврсте честице** - најчешћи случај, могу бити у виду металних или пластичних честица, или у облику влакана

Ове честице убрзавају хабање и могу довести до блокирања малих проточних пресека (нпр. у пригушницама)

Могу довести до озбиљних оштећења пумпи, хидромотора и разводних вентила

- **течни загађивачи** - под тим се подразумева свака течност која се налази у систему поред радног флуида, која може довести до погоршања његових физичко-хемијских својстава

најчешће је то вода, она смањује мазивна својства, изазива корозију, повећава опасност од кавитације (има виши притисак испаравања од уља)

- **гасовити загађивачи** - гасови који су били растворени у уљу па ослобођени при нижим притисцима, или ваздух из окружења. Било је речи о нежељеним последицама

Порекло нечистоћа:

- **последнице производње и монтаже** - и нове хидрауличке компоненте садрже нечистоће које потичу од процеса производње и склапања. Треба тежити да оне буду што мање присутне. Сваки ремонт компоненте је потенцијална опасност за стварање нових нечистоћа.

- **из окружења** - сва три врсте претходно наведених нечистоћа могу доспети у систем из околине

Мења се ниво уља у резервоару, значи да околни ваздух улази и излази из резервоара и може са собом понети нечистоће. Зато на резервоару постоји и филтер ваздуха

Увлачење клипчање хидроцилиндра је прилика за продор нечистоћа, посебно код теренског рада

- **нечистоће настале унутар система** - постоји доста површина на којима се догађа хабање, посебно су уgroжене компоненте: пумпе, хидромотори и разводни вентили

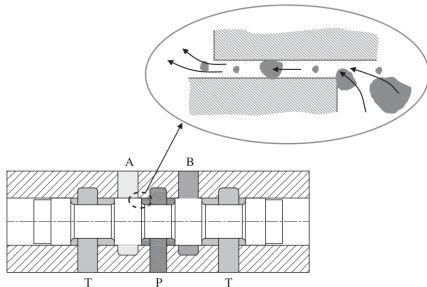
Поседују елементе које су у релативном кретању

Услед хабања долази до одвајања честица које бивају однете од стране уља и које потенцијално могу направити проблем у другим компонентама система

2.4 Нечистоће у радном флуиду

Контролисање присуства нечистоћа

- присуство нечистоћа је неизбежно али га треба контролисати
- дозвољено присуство нечистоћа зависи од компоненти које се користе и дефинисано је од стране произвођача компоненти. То зависи од величине зазора који постоје у одређеној компоненти
- у овим зазорима треба да се налази уље и да спречава директан додир чврстих површина, а проблем настане када у зазор уђе чврста честица



- најопасније су честице чија је величина слична величини зазора
- оне могу изазвати хабање, отежан рад компоненте или заглављивање дела компоненте, што може довести до њеног уништења
- најугроженије компоненте су: пумпе, ХМ, ХЦ и вентили (посебно серво вентили)
- приказане су величине најмањих зазора у неким од ових компоненти:

Компонента	Зазор [μm]
пумпа са крилцима	0.5–1
зупчаста пумпа	0.5–10
клипна пумпа	5–40 0.5–5
серво вентили	1–4
разводни вентили	2–20
хидроцилиндри	50–250

- за поређење, пречник зрна соли је $(80 \div 200) \mu\text{m}$, а пречник власи косе $(50 \div 150) \mu\text{m}$

2.4 Нечистоће у радном флуиду

- на основу стандарда **ISO 4406** се дефинише присуство нечистоћа у флуиду
- то се постиже на основу три броја, нпр **20/17/15** одговара захтеву за чистоћу уља који је прописан од стране произвођача зупчaste пумпе за радне притиске (70 ÷ 130) bar
- **први број** говори о дозвољеном броју честица већих од 4 μm у једном ml уља
- **други број** говори о дозвољеном броју честица већих од 6 μm у једном ml уља
- **трећи број** говори о дозвољеном броју честица већих од 14 μm у једном ml уља
- сваки од ова три броја представља опсег који је дефинисан стандардом и приказан у следећој табели
- свака компонента има свој захтев за чистоћу уља, на основу најстрожијих захтева бира се један или више филтера који ће пречишћавати уље до захтеване чистоће

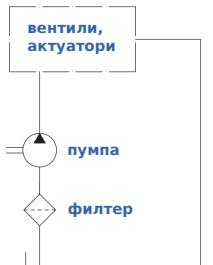
Бр. честица по ml		ISO број
од	до	
80 000	1 600 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
10 000	20 000	21
5000	10 000	20
2500	5000	19
1300	2500	18
640	1300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2.5	5	9
1.3	2.5	8
0.64	1.3	7
0.32	0.64	6
0.16	0.32	5
0.08	0.16	4
0.04	0.08	3
0.02	0.04	2
0.01	0.02	1
0.005	0.01	0

2.4 Нечистоће у радном флуиду

Филтери

- компоненте са малим зазорима су често најскупље компоненте у систему, што значи да је употреба филтера оправдана и са економске тачке гледишта
- филтери се могу поставити у различитим деловима система и свака од тих позиција има предности и мане:

- филтери у усисној грани** - предност је то што је филтер прва компонента хидрауличног система на коју уље наилази

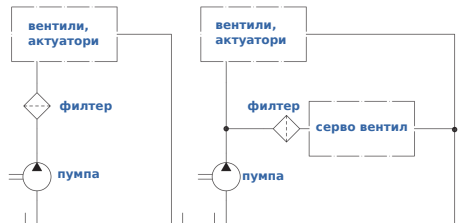


Мана је стварање пада притиска на усису што повећава опасност од парне или гасне кавитације

Ретко се постављају на ово место. Ако се то ипак ради, онда то буду *грубе решетке* које задржавају крупније нечистоће ($60 \div 75 \mu\text{m}$). Овакав систем мора имати барем још један финији филтер на другом месту

- филтери високог притиска** - смештени су одмах након пумпе

Њихов задатак је да штите све компоненте (или неку одређену) од нечистоћа у случају оштећења пумпе



Користе се када у систему постоји серво вентил који има веома мале зазоре

Мана је то што су овакви филтери скупљи и већи јер морају имати другачију конструкцију да би могли да издрже велике притиске које ствара пумпа

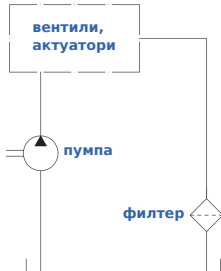
2.4 Нечистоће у радном флуиду

- (3) **филтери у повратном воду** - често су уграђени у сам резервоар

Смештени су у грани ниског притиска (до 5 bar) што поједностављује њихову конструкцију. Уграђени су у резервоар, што поједностављује систем

Мана је што се пречишћавање врши на крају пута и што компоненте нису заштићене од нечистоћа које могу потицати од резервоара или пумпе

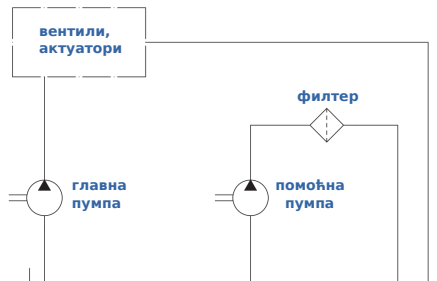
Ипак ово је најчешће место уградње филтера



- (4) **филтери у засебном воду**

Додатна пумпа ниског притиска служи за струјање уља кроз засебни вод у којем се налази филтер

Овакво решење је згодно да се изврши и хлађење (или загревање) уља ако је потребно



На хидрауличким шемама које ће бити приказиване у наставку градива понекад је изостављен симбол филтера ради једноставност, али треба знати да сваки хидраулички систем има филтер у себи

2.5 Резервоари уља

Улоге резервоара

- Поред филтрирања, чврсте нечистоће се могу издвојити из уља тако што ће се наталожити на дну добро пројектованог резервоара
- такође, течни и гасовити загађивачи се из уља издвајају у добро пројектованим резервоарима
- дакле, **улога резервоара** није само да обезбеди довољну количину уља, већ и да омогући издвајање нечистоћа и размену топлоте између уља и околине

Димензионисање резервоара

- са аспекта наведених улога, било би пожељно да резервоар буде што већи
- ово има негативне последице, у виду великих димензија резервоара, тежине и цене
- нарочито се тежи смањењу димензија и тежине у покретним хидрауличким системима
- на стационарним индустријским системима то није приоритет
- дакле, тражи се компромис, да резервоар буде мањи и лакши, али да успешно обавља своје задатке

- веома важан параметар је **време τ које честица уља (флуидни делић) проведе у резервоару** од тренутка уласка у резервоар док поново не буде усисана од стране пумпе и послата у систем
- ово време треба да буде довољно да уље размени топлоту са околином (охлади се) и да се нечистоће издвоје под дејством гравитације (гас $\uparrow$, вода и чврсте честице $\downarrow$)
- на основу препорука за време τ и протока који пумпа усисава из резервоара, одређује се потребна запремина резервоара:

$$V_{rez} = \tau \cdot Q_p$$

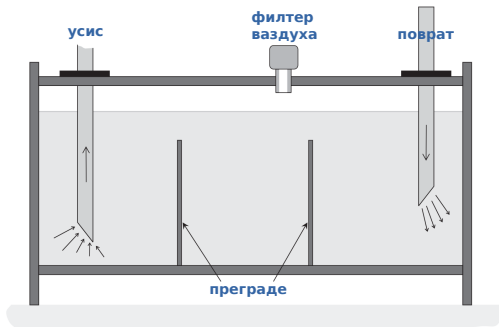
- препоручено време које капљица уља треба да проведе у резервоару између два проласка кроз систем, за индустријску примену је најчешће у опсегу $(2 \div 3) \text{ min}$
- ако хидраулички систем ради континуално (серијска производња) ово време се увећава 2 или 3 пута
- то значи да систем са протоком $Q_p = 100 \text{ lit/s}$ може захтевати резервоар запремине и до 900 lit
- у покретним хидрауличким системима се тежи смањењу запремине резервоара и време τ може имати вредност мање од минут

2.5 Резервоари уља

- треба водити рачуна да поједине компоненте система у току рада захтевају променљиву количину уља (хидроакумулатори и хидроцилиндри) коју резервоар треба да обезбеди

Конструкција резервоара

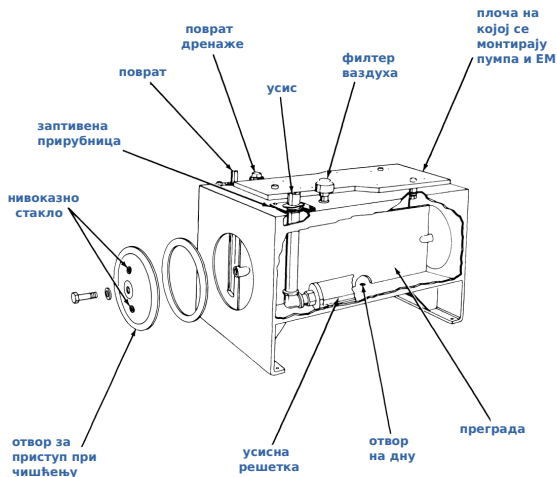
- најчешће су направљени од челичног лима



- цеви за усис и поврат уља су смештене на супротним странама како би пут који уље треба да пређе био што дужи (тимае и време τ)
- да би овај пут био још дужи постављају се и преграде. Оне приморавају уље да се креће и вертикално што поспешује одвајање гасова и чврстих честица
- обе цеви су одсечене под углом већим од 45° како би се ублажио прелаз и смањили губици
- обе цеви се налазе довољно испод површине уља како би се смањила турбуленција, избегло увлачење ваздуха, пенушање и стварање вртлога
- на врху се налази филтер за ваздух који улази и излази из резервоара услед промене количине уља у њему
- дно је обично изведено под нагибом, а на најнижој тачки се налази отвор кроз који се може из система одвојити вода (тежа је од већине уља) и наталожене чврсте честице
- кроз овај отвор се такође може испразнити резервоар ради промене уља

2.5 Резервоари уља

- најчешће су направљени од челичног лима



- резервоар има и већи бочни отвор који се користи при чишћењу и одржавању
- такође и нивоказно стакло за laku визуелну контролу нивоа уља
- резервоар може имати и магнете који ће задржавати металне честице које доспеју у уље
- обично произвођачи у продаји нуде цео склоп који у себи садржи:
 - резервоар,
 - пумпу и ЕМ који се постављају на плочу изнад резервоара,
 - уграђене филтере,
 - манометар,
 - често и сигурносни вентил постављен на излазу из пумпе