

Хидраулика и пнеуматика

Запреминске пумпе и хидромотори - 06

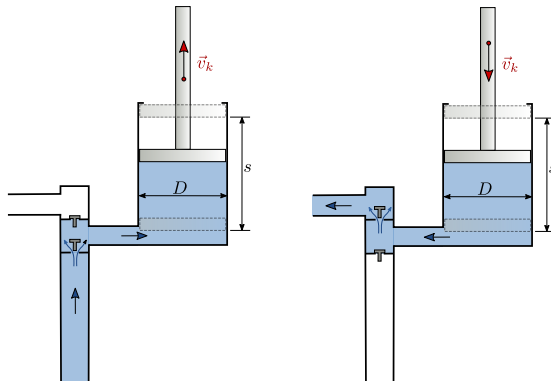
Машински факултет Универзитет у Београду



доц. др Милан Раковић
Катедра за механику флуида

- Пумпе су уређаји који механичку енергију погонског мотора претварају у хидрауличку енергију радног флуида
- Према начину претварања могу се поделити на две велике групе: **хидродинамичке** и **запреминске**
- **Хидродинамичке** пумпе се користе углавном при транспорту флуида (водоводи, нафтоводи, бродске пумпе). Остварују веће протока и мање притиске него запреминске пумпе. Енергијом коју флуид добија од пумпе се савладавају успутни отпори у цевоводу. Постоји читав низ конструкционих облика. Најчешће су центрифугалне, аксијалне (пропелерске) и струјне пумпе
- У хидрауличким системима се користе **запреминске** пумпе. Оне базирају свој рад на пуњењу и пражњењу радних комора, које се формирају између тела пумпе и радних елемената
- Радни елементи (клип, зупчаник, крилце) се крећу транслаторно, обртно или комбиновано, што доводи до промена запремине усисне и потисне коморе и до потискивања течности у жељеном правцу

- Принцип рада једноставне клипне пумпе



Врсте запреминских пумпи и хидромотора

- објашњено је да **пумпа** претвара механичку енергију у хидрауличку, а да **хидромотор**, инверзно томе, претвара хидрауличку енергију у механички рад
 - то значи да један исти уређај може да обавља и једну и другу улогу, зависно која врста енергије је улазна, а која излазна
-
- подела пумпи и хидромотора се може извршити **према конструкцији**
 - основни критеријум је радни елемент: **зупчаник**, **крилце** и **клип**
 - постоје и други радни елементи (мембрана, завојно вретено и сл.) али су знатно ређи и спадају у групу пумпи специфичних конструкција



Врсте запреминских пумпи и хидромотора

- истовремено се пумпе и хидромотори могу поделити према томе да ли имају **константну или променљиву радну запремину**
- могућност промене радне запремине се означава стрелицом преко симбола
- цена пумпе или хидромотора са променљивим јединичним протоком већа за око 30% од таквог уређаја константне радне запремине
- пумпе и хидромотори се могу поделити и према томе да ли су једносмерног или двосмерног дејства (проток иде само у једном или оба смера)
- уређаји типа **пумпа-мотор** ради као мотор када добија хидрауличку енергију, а када добија механички погон, ради као пумпа
- **пример:** хидраулички уређај пумпа-мотор ради као мотор, ако покреће добош који подиже неки терет. Уколико се терет спушта, треба га кочити, па тај исти уређај ради као пумпа, складштећи добијену енергију у хидроакумулатор ради уштеде

ПУМПА		ХИДРОМОТОР	
Симбол	Карактеристика	Симбол	Карактеристика
	константне радне запремине једносмерног дејства		константне радне запремине једносмерног дејства
	константне радне запремине двосмерног дејства		константне радне запремине двосмерног дејства
	променљиве радне запремине једносмерног дејства		променљиве радне запремине једносмерног дејства
	променљиве радне запремине двосмерног дејства		променљиве радне запремине двосмерног дејства
	двострујна пумпа константне радне запремине		закретни (клатећи) хидромотор
 пумпа-мотор променљиве радне запремине			

Основне карактеристичне величне пумпе

- током процеса пројектовања и коришћења пумпе потребно је знати параметре њеног рада, тј. услове коришћења за које се она предвиђа и излазне карактеристике (параметре) које се од ње могу очекивати
- те карактеристичне величне (параметри) су:
 - проток (капацитет, додава)
 - број обртаја (угаона брзина)
 - висина усисавања
 - висина потискивања (максимални притисак)
 - напор
 - снага
 - запремински, хидромеханички и укупни степен корисности
- параметри имају **радну (нормалну)** и **номиналну (максималну)** вредност

- **радна вредност** параметара је она при којима пумпа има највиши укупан степен искоришћења. Пумпа је предвиђена за тај режим рада
- **номинална вредност** је вредност параметара који се постижу при максималном оптерећењу на бази ког је прорачуната отпорност елемената пумпе. То је режим који још увек неће изазвати механичка оштећења пумпе, али се не препоручује дужи рад на том режиму, јер би то увелико скратило њен радни век

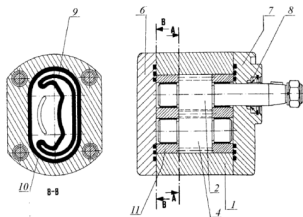
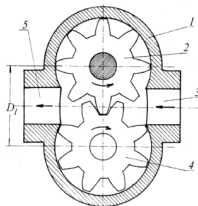
Излагање које следи ће бити подељено у више целина:

- (1) зупчасте пумпе
- (2) клипне редне и радијалне пумпе
- (3) клипне аксијалне пумпе
- (4) крилне пумпе

Део 1 - Зупчасте пумпе

- 1.1 Зупчасте пумпе основне конструкције
- 1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи
- 1.3 Зупчасте пумпе са унутрашњим озубљењем
- 1.4 Геротор пумпе
- 1.5 Зупчасти хидромотори

1.1 Зупчасте пумпе

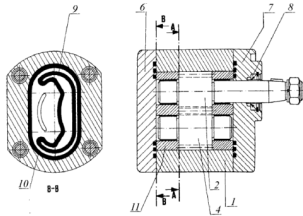
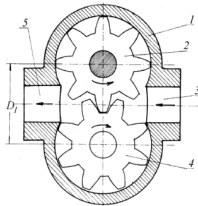


- најчешће коришћена врста изворних и извршних претварача, због низа добрих особина
- постоје три врсте уређаја:
 - са спољним озубљењем
 - са унутрашњим озубљењем
 - и уређаји са назубљеним прстеном (геротор пумпе и хидромотори)

Зупчасте пумпе са спољашњим озубљењем

- веома су једноставне конструкције
- пумпа се састоји од два спрегнута зупчаника: погонског (2) и гоњеног (4)
- погонски зупчаник преко вратила добија погон од спољног извора снаге (електромотор, мотор СВС)
- погонски зупчаник погони гоњени зупчаник (4) са којим је у спрези
- зупчаници су улежиштени клизним лежајима (11) и okreћу се у кућишту (1)
- кућиште има два отвора: један је спојен са усисним (3), а други са потисним (5) водом

1.1 Зупчaste пумпе



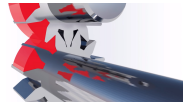
- кућиште је са предње и задње стране затворено предњим (7) и задњим (6) поклопцем
- у поклопцима се налазе гумени заптивачи
- Заптивач (10) спречава спољна цурења, док заптивач (9) раздваја просторе високог и ниског притиска и спречава преливање флуида из првог у други (унутрашње цурење)
- често се у предњем поклопцу налази додатни заптивач - „семеринг“ (8), који спречава цурење уља из пумпе поред вратила

- **принцип рада** је такође једноставан: када зубац једног зупчаника излази из међузубља другог, у међузубљу се ствара потпритисак и оно се попуњава уљем из усисног простора (3)
- уље се преноси у међузубљу између зупчаника и кућишта
- при доласку у потисно подручје вишег притиска (5) зубац другог зупчаника улази у то међузубље истискујући уље из њега

снимак 1



снимак 2



1.1 Зупчасте пумпе



предности

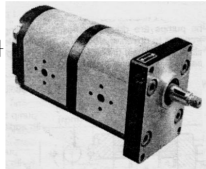
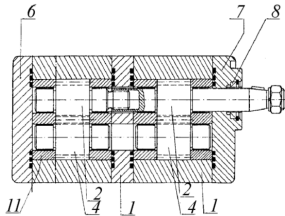
- једноставне су конструкције, па су самим тим релативно јефтине
- мали број саставних делова резултује великом поузданошћу, једноставним одржавањем и дугим радним веком (и до 5000 радних сати)
- код ових пумпи нема ефеката дејства инерцијалних сила, јер нема неуравнотежених маса ротационих делова
- то дозвољава рад са релативно високим бројем обртаја
- имају релативно мале габарите и тежину
- нису претерано осетљиве на запрањано уље

мане

- немогућност регулације радне запремине
- релативно низак притисак који могу да остваре (радни притисак до 100 bar, мада има случајева да створе и преко 300 bar)
- неравномеран рад - релативно висок коефицијент неравномерности протока и притиска
- број осцилација притиска и протока у току једног обртаја погонског вратила је једнак броју зуба зупчаника
- знатно им опада степен искоришћења са порастом притиска и броја обртаја (при нормалним условима $\eta_p^v = 0,95 \div 0,96$ и $\eta_p = 0,87 \div 0,9$)
- при већем броју обртаја карактерише их бучан рад
- за већину ових недостатака постоје техничка решења, која се морају предузети у циљу њиховог ублажавања

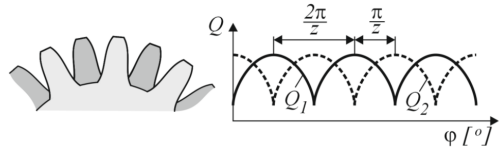
1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

- да би се наведене мане зупчастих пумпи и хидромотора ублажиле или одстраниле, развијен је читав низ техничких решења
- један од указаних недостатака зупчастих пумпи је релативно **низак проток**. За постизање већих протока често се користе **вишеструјне зупчaste пумпе**
- реч је о две или три зупчaste пумпе чији се погонски зупчаници налазе на истом вратилу. Усисни вод је заједнички, а потисни водови могу бити независни, или спојени у један



$$Q = Q_{p1} + Q_{p2}$$

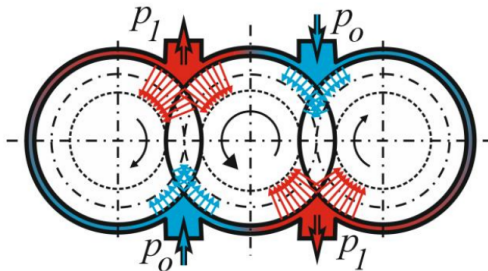
- ово је исто као да се две пумпе налазе у паралелној вези. Разлика је што се овде пумпе налазе у једном кућишту
- ако је рад две пумпе синхронизован, амплиуде протока и притиска у потисном воду ће се сабирати, због чега ће неравномерност рада бити још израженија
- због тога се зупчаници постављају тако да је један закренут у односу на други



- овим је постигнуто да су амплитуде протока и притиска једне и друге пумпе померене
- једна пумпа даје највећи проток онда када друга даје најмањи. Овим се умањује неравномерност протока и притиска у потисном цевоводу

1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

- друго решење за повећање протока је коришћење **пумпи са три зупчаника**
- ова конструкција се може посматрати као две зупчaste пумпе (двострујна пумпа), које имају заједнички погонски зупчаник у средини



- овде постоје два гоњена зупчаника па је погонском вратилу потребно предати два пута већи момент него код исте такве пумпе са једним гоњеним зупчаником (основна конструкција)

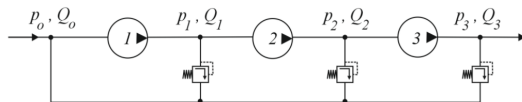
- специфична запремина ове пумпе је двоструко већа него у случају основне конструкције пумпе (један погонски и један гоњени зупчаник), па је проток удвостручен

$$Q = Q_{p1} + Q_{p2}$$

- потисни водови могу бити независни или обједињени у један заједнички
- поља високог притиска (потисног притиска) су симетрично распоређена у односу на осу погонског зупчаника
- исто важи за поља нижег притиска (усисног притиска)
- због симетричног распореда усисног и потисног притиска, који је приказан на слици, силе притиска које делују на погонски зупчаник се међусобно поништавају
- лежаји погонског зупчаника су **растеређени од радијалних сила** које настају као последица разлике притисака
- ово је предност овакве конструкције у односу на основну конструкцију где радијалне силе притиска нису уравнотежене

1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

- приказано је на који начин се решава проблем мањег протока
- ако је потребно да се оствари већи притисак, најједноставније је **редно везати пумпе**
- на тај начин се добија **вишестепена пумпа**
- на слици је приказана тростепена пумпа. Сабијање се одиграва у три степена



- $\Delta p_1 = p_1 - p_0$ $\Delta p_2 = p_2 - p_1$ $\Delta p_3 = p_3 - p_2$
- укупни пораст притиска

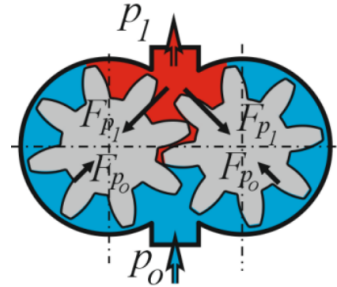
$$\Delta p_u = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 = p_3 - p_0$$

- недостатак овог система је мањи степен корисности
- мора се обезбедити да пумпа која претходи другим пумпама има проток већи од њих, да би се обезбедило адекватно напајање наредних пумпи
- потребна разлика протока се не може прецизно утврдити, па се пројектује проток већи него што је потребно
- иза сваке пумпе стоји преливни вентил, који ће испустити вишак протока који наредна пумпа не може да прими
- на овај начин опада запремински степен корисности система

1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

Проблем уравнотежења радијалних сила

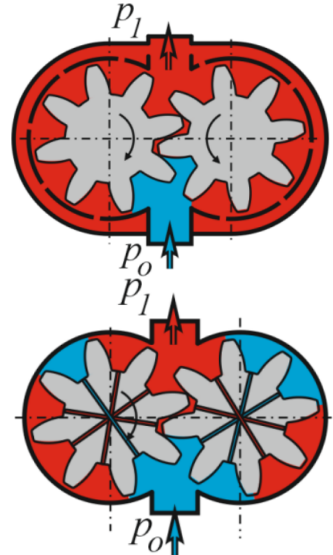
- један од озбиљнијих проблема, коме су изложене зупчате пумпе и хидромотори основне конструкције, је проблем растерећења лежаја од радијалних сила
- са слике (а) се види да на сваки зупчаник пумпе са једне стране делује високи, потисни притисак p_1 , а са друге стране знатно нижи усисни притисак p_0
- и један и други притисак стварају на зупчанику радијалне силе F_{p_1} и F_{p_0} , које нису уравнотежене ни по правцу ни по интензитету, тако да на зупчаник (вратило) делује резултујућа радијална сила F_r
- ова радијална сила представља велико оптерећење за лежаје и уколико није уравнотежена, знатно ће скратити радни век лежаја, а тиме и пумпе
- радијална сила изазива угиб вратила, нарушавајући услове нормалног спрезања зупчаника, стварајући опасност од заривања
- услед угиба нарушавају се и предвиђени зазори, тако да се пумпа доводи у стање блиско отказу
- да не би дошло до ових нежељених појава потребно је обезбедити уравнотежење радијалних сила



1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

Начини за уравнотежење радијалних сила

- радијалне силе се јављају због несиметричности расподеле притиска око зупчаника, па се начин решавања овог проблема своди на успостављање симетричности поља притиска (колико је могуће)
 - на слици је приказано техничко решење које у великој мери растеређује легаје од радијалних сила
 - у кућиште се урезује канал, који спаја међузубља оба зупчаника са потисним простором
 - на тај начин се скоро цео обим зупчаника окваси флуидом у коме влада притисак p_1 чиме се радијалне силе са једне и друге стране зупчаника међусобно поништавају, па легаји остају растеређени
-
- на другој слици је приказано решење где су међузубља, која се налазе на супротним странама зупчаника, спојена уским отвором који је избушен кроз зупчаник и вратило
 - то значи да ће у међузубљима која су на супротним странама зупчаника владати исти притисак, па ће се радијалне силе поништити
 - ови отвори се међусобно мимоилазе, јер су избушени на различитим удаљеностима од бочних страна зупчаника
 - начинима који су приказани се смањује запремински степен корисности, али се продужава радни век пумпе

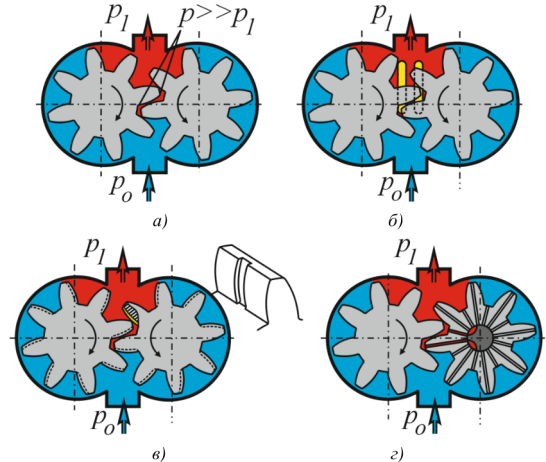


1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

Проблем заробљавања уља између зупчаника у спрези

- може се десити да мањи део течности остане затворен између врха зуба и дна међузубља другог зупчаника (слика а)
- ова појава се дешава при крају процеса истискивања флуида из међузубља
- зуб још увек улази у међузубље смањујући запремину преосталог простора, а део течности који испуњава тај простор је затворен са свих страна и нема могућност изласка
- долази до сабијања затвореног флуида
- због великог модула еластичности потребан је велики момент да се погонски зупчаник закрене за тај (мали) угао
- луид се понаша као страно тело заглављено између зупчаника
- опада хидромеханички коефицијент искоришћења, допунски се оптерећују и разарају вратила и лежаји. Радна течност се прекомерно загрева

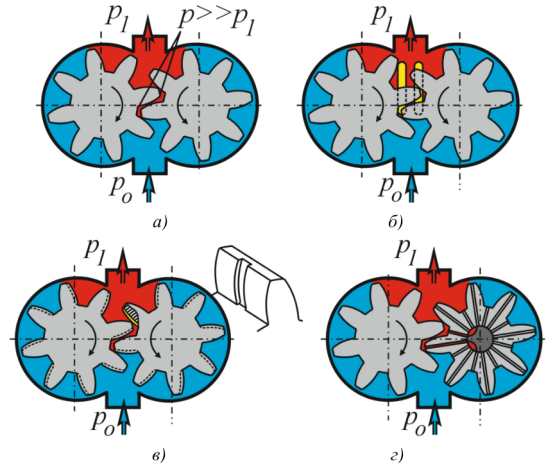
да би се ово избегло потребно је обезбедити пролаз ове течности у тренутку настанка појаве компресије



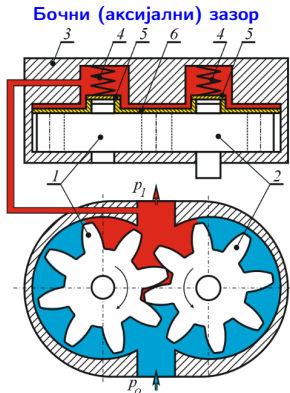
1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

Начини ослобађања заробљеног уља

- на **слици (б)** приказано је одвођење течности из критичног простора кроз канале у поклопцу
 - у поклопцу су урезани уски канали дубине $0,5 \div 0,6 \text{ mm}$ тако да им је један крај у зони настанка компресије флуида, а други у потисном простору
 - услед разлике притисака ($p \gg p_1$) уље одлази ка потисној деоници
-
- на **слици (в)** канали за одвођење течности из критичног простора су урезани у бок зуба са стране која се налази у правцу окретања
 - резултат је исти као у претходном случају
-
- на **слици (г)** приказано је решење са избушеним гоњеним зупчаником и његовим непокретним вратилом, на коме су урезани подужни канали
 - уски отвори кроз зупчаник су избушени тако да спајају врхове зуба и дна међузубља са подужним каналима на непокретном вратилу гоњеног зупчаника
 - уље истиснуто из критичног простора кроз ове отворе подмазује лежај, а затим се прослеђује у потисни вод



1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи



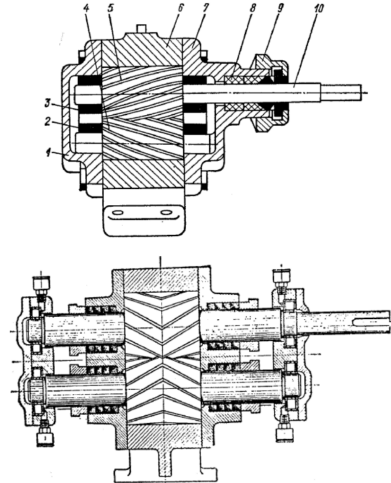
- један од главних узрочника запреминских губитака је унутрашње процуривање кроз зазоре у пумпи
- зупчаста пумпа има зазоре између лучне површине кућишта и врхова зуба зупчаника, као и бочне (аксијалне) зазоре између чеоних површина зупчаника и поклопаца пумпе

- највећи део цурења одиграва се управо кроз бочне зазоре (око $70 \div 80\%$)
- код пумпи које немају могућност регулације овог аксијалног зазора, он износи $0,02 \div 0,03 \text{ mm}$
- његово даље смањење повећало би момент трења и смањење хидромеханичког степена искоришћења
- на слици приказана је зупчаста пумпа код које је аксијални зазор **регулисан** величином радног притиска
- поред стандардних делова, кућишта (3), погонског и гоњеног зупчаника (2 и 1), ова пумпа има и **заптивну плочу** (6), која належе на чеоне површине зупчаника, одвајајући потисни простор пумпе од усисног
- заптивна плоча належе на чела зупчаника под дејством опруга (4) и уља под притиском
- опруге (4) су релативно слабе и довољне за заптивање само при малим притисцима
- кроз кућиште је избушен канал који спаја потисни простор са простором изнад плоче
- повећање радног притиска захтева боље заптивање
- потисни притисак делује на заптивну плочу (6) и обезбеђује смањење зазора

1.2 Специфичне конструкције зупчастих пумпи

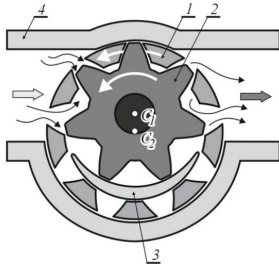
Пумпе са косим зупчаницима

- један од недостатака зупчастих пумпи је непријатан шум, који настаје при већем броју обртаја
- звук настаје приликом удара једног зуба у други, тј. у тренутку уласка зуба у спрегу
- код пумпе чији зупчаници имају косе зубе (слика), зуби не улазе у спрегу и излазе из ње одједном по читавој дужини зуба као равни зуби, већ се то дешава **постепено**
- ови зупчаници се мање троше, раде мирно и бешумно
- не постоји могућност заробљавања уља у међузубљу
- главни недостатак им је појава аксијалних сила, које потискује зупчанике према поклопцу и изазивају трошење и једног и другог дела
- зато се чешће користе зупчаници са стреластим зубима код којих се аксијалне силе једне и друге стране поништавају
- недостатак је лоше заптивање усисне и потисне коморе, па се користи само при мањим притисцима и протоцима
- цена израде оваквих зупчаника је виша



1.3 Зупчaste пумпе са унутрашњим озубљењем

- до сада су приказане зупчaste пумпе где оба зупчаника имају спољашње озубљење
- постоје пумпе код којих један зупчаник има спољашње, а други унутрашње озубљење



снимак 3



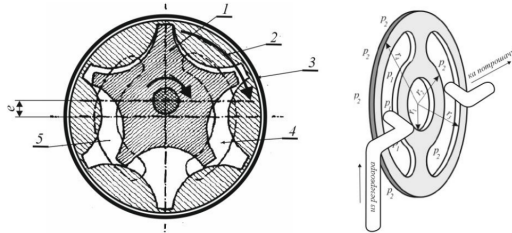
снимак 4



- погонски зупчаник може бити било који од два два
- у случају да је погонски зупчаник са спољним озубљењем (2), зупчаник са унутрашњим озубљењем се смешта слободно (са зазором) у кућиште (4)
- између њих се налази српаста елемент. Он је непокретан и причвршћен је за поклопац пумпе
- погонски зупчаник погони гоњени и они се обрћу заједно
- при проласку кроз усисни простор зуби зупчаника излазе из захвата, услед чега у међузубљима настаје потпритисак који увлачи уље из усисне деонице
- радни флуид из усисног простора попуњава међузубља и транспортује се са једне и друге стране српастог елемента до потисног простора
- у потисном простору зуби поново улазе у захват, па се уље из међузубља истискује у потисни простор
- ове пумпе се примењују за бројеве обртаја $500 \div 3000$ [o/min], за притиске до 150 bar (специјалне конструкције до 300 bar) и протоке до 100 [lit/min]
- одликују се равномерним протоком и изразито бешумним радом. Компактне су и имају дуг век употребе. Цена им је знатно виша од цене зупчastих пумпи са спољним озубљењем.

1.4 Геротор пумпе

- из конструкције зупчaste пумпе са унутрашњим озубљењем изведена је **пумпа са зупчастим прстеном и сегментом - геротор пумпа**



- основни елементи: зупчasti сегмент (1), зупчasti прстен (2) и разводна плоча са усисним (4) и потисним (5) каналом
- зупчasti сегмент добија погон од погонског мотора и своје кретање преноси на зупчasti прстен
- зупчasti прстен је постављен ексцентрично у односу на сегмент (за растојање e)
- ова пумпа нема српаста елемент

- зуби сегмента и прстена укупан простор деле на онолико делова колико има зуба на сегменту. Флуид нема могућност преласка из једног простора у други
- ови простори у подручју усисног канала (4) имају тенденцију **ширења**, па се услед створеног потпритиска **увлачи** радни флуид
- по преласку у зону потисног канала (5) ови простори се **смањују**, флуид се **истискује** из њих у потисни вод
- развођење радног флуида се врши **разводном плочом**
- она на себи има два лучна канала од којих је један везан за усисну, а други за потисну цев
- разводна плоча обезбеђује да су делови радне запремине пумпе (коморе) у којима се догађа ширење спојени са усисном деоницом, а да су делови радне запремине пумпе (коморе) у којима се догађа сабијање спојени са потисном деоницом
- геротор пумпе су изразито компактне, малих габарита и масе. Одликују се дугим веком употребе

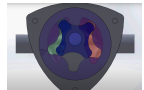
снимак 5



снимак 6

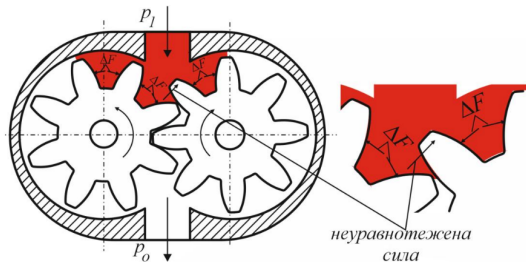


снимак 7



1.5 Зупчасти хидромотори

- конструкција зупчастог хидромотора је иста као конструкција зупчасте пумпе (некада постоје одређене конструкционе разлике)
- принцип рада им је инверзан у односу на пумпу



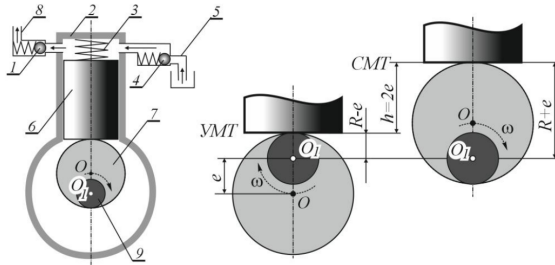
- флуид под притиском p_1 се доводи хидромотору из потисног цевовода
- сва међузубља у потисној комори хидромотора се пуне флуидом под притиском
- притисак p_1 делује и на један и на други бок зуба који представљају зидове међузубља и формиране силе ΔF се међусобно поништавају

- у међузубљу, у коме се тренутно налази зуб другог зупчаника, притисак делује само на један бок и ствара силу која остаје неуравнотежена
- ова сила ствара момент M_1 у односу на осу свог зупчаника, који се манифестује као излазни момент мотора
- овај део зуба на који делује неуравнотежена сила је онај клип са скице из лекције 04 на којој је објашњен принцип рада пумпе и хидромотора
- идентична анализа се може поновити и за повратну комору у којој влада притисак p_0
- и са те стране постоји неуравнотежена сила, која ће се формирати момент M_0 који се супротставља напред описаном моменту, али је он мањи од претходног онолико пута колико је пута мањи притисак p_0 од p_1
- излазни момент хидромотора је $M_m = M_1 - M_0$, тј. у момент се трансформише само разлика притисака $\Delta p_m = p_1 - p_0$
- зупчасти хидромотори се ипак примењују ређе него зупчасте пумпе (нижи степен корисности при малом броју обртаја, велика бука)

Део 2 - Клипне редне и радијалне пумпе

- 2.1 једноцилиндричне клипне пумпе
- 2.2 редне клипне пумпе
- 2.3 радијалне клипне пумпе са ексцентром (безроторне)
- 2.4 радијалне клипне пумпе са ротором (роторне)

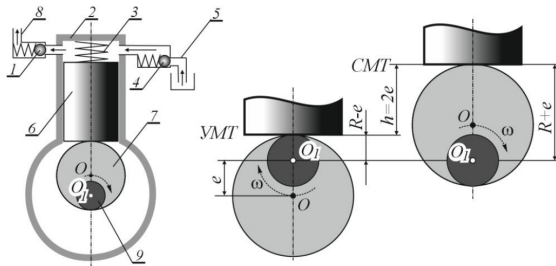
2.1 Једноцилиндрична клипна пумпа



- клипне пумпе и хидромотори су најстарије коришћени хидраулички претварачи
- радни елемент је клип, а радна комора је цилиндар
- усисавање и потискивање се остварује кретањем клипа кроз цилиндар наизменично на једну и другу страну, уз усмеравање и развођење усисаног и сабијеног флуида помоћу неког од разводних механизма
- између клипа и цилиндра, начелно, нема посебних заптивача, већ се заптивање остварује минималним зазорима и изузетно високим степеном обраде належућих површина

- код највећих пречника, користе се еластични разрезани прстенови (слично заптивним прстеновима код мотора СУС)
- на слици је приказана **једноцилиндрична клипна пумпа**
- клип (6) се креће кроз цилиндар (2)
- са једне стране га потискује погонски ексцентар - брег (7), који се налази на погонском вратилу (9), док га на другу страну враћа опруга (3)
- при кретању наниже (ка унутрашњој зауставној тачки УЗТ), иза клипа се ствара потпритисак, који отвара усисни вентил (4) и усисава радни флуид (потисни вентил (1) је тада затворен)
- када се клип креће ка спољној зауставној тачки (СЗТ), тада потискује флуид који затвара усисни вентил, а отвара потисни
- за првих 180° закретања пумпа **усисава флуид**, а током других 180° закретања пумпа **потискује флуид**
- очекивано, оваква пумпа ће имати изразито **неравномеран рад**

2.1 Једноцилиндрична клипна пумпа



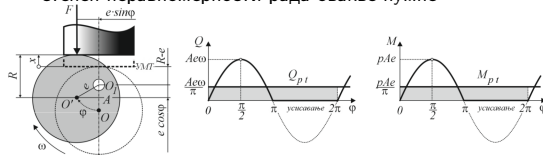
- ексцентар (брег) је, у ствари, кружна плоча са центром у тачки O и полупречником R
- он се окреће око осе која пролази кроз тачку O_1 , која је од тачке O удаљена за растојање e
- на десној слици се види да је при закретању од 180° центар O погонског ексцентрика по вертикали прешао пут $h = 2e$, за колико је померен и клип
- значи да ће за тих 180° пумпа, чији је пречник клипа d , истиснути уље запремине:

$$V = Ah = \frac{d^2 \pi}{4} 2e = \frac{d^2 \pi e}{2}$$

- у току спуштања клипа ова запремина V бива усисана из резервоара, а у току подизања клипа, ова запремина бива избачена у потисни цевовод
- ово се догађа при једном пуном обртају погонског вратила, тако да запремина V представља специфичну запремину пумпе у теоријском случају
- стварни проток ће од теоријског бити мањи због постојања запреминских губитака:

$$Q_p = Q_p^t \eta_p^v = \frac{q_p \omega_p}{2\pi} \eta_p^v = \frac{d^2 e \omega_p}{4} \eta_p^v$$

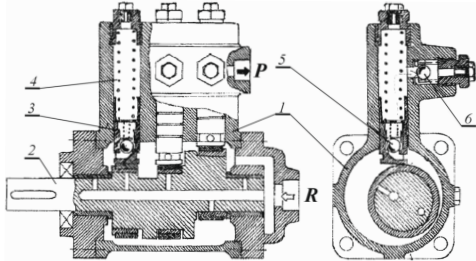
- дијаграми промене протока и момента током једног обртаја једноцилиндричне клипне пумпе дају увид у степен неравномерности рада овакве пумпе



- најједноставнији начин да се овај проблем реши је прављење пумпи са више цилиндара

2.2 Редна клипна пумпа

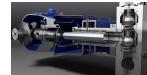
- у циљу постизања већег јединичног протока и смањења коефицијента неравномерности, долази се до конструкције **редне клипне пумпе**



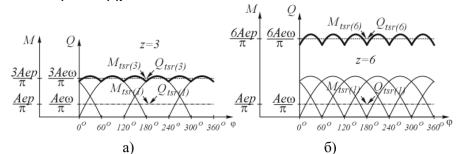
- редна клипна пумпа се може посматрати као z једноцилиндричних пумпи повезаних у једну
- сви ексцентри су постављени на једно погонско вратило, али тако да су фазно померени за угао $360^\circ/z$
- усисни вентили свих цилиндара су спојени на један усисни вод, а сви потисни вентили су спојени на један потисни вод

- израђују се за притиске до 640 bar и бројеве обртаја $300 \div 1000 \text{ o/min}$. Имају релативно низак степен корисности ($\eta_p = 0,6 \div 0,75$)
- на слици је приказана троцилиндрична редна пумпа

(1) кућиште пумпе	(4) опруга
(2) погонско вратило	(5) усисни вентил
(3) клип	(6) потисни вентил
- принцип рада се види на следећем снимку

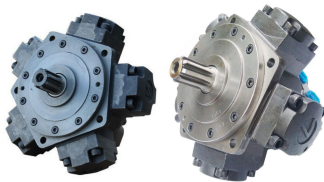
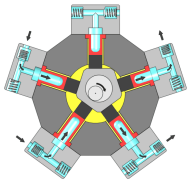


- Укупан теоријски проток и момент рачуна се као збир протока и момената појединих цилиндара
- слика (а) троцилиндрична пумпа, слика (б) шестоцилиндрична

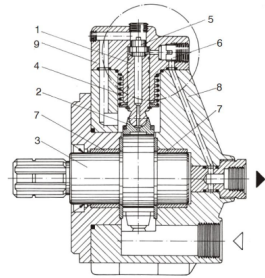
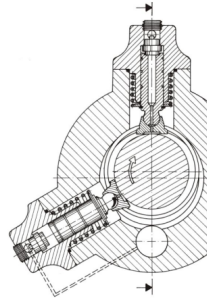
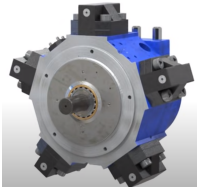


2.3 Радијалне клипне пумпе са ексцентром (безроторне пумпе)

- описују се као више једноцилиндричних пумпи чији су цилиндри **радијално** распоређени око **заједничког ексцентрира**



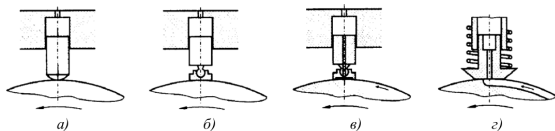
- принцип рада је исти као у претходном случају и види се на следећем снимку



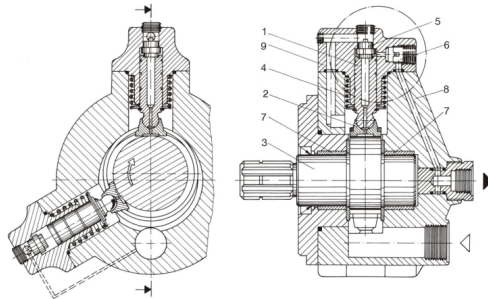
- важно је место додира клипа и ексцентрира, јер трење које се ту јавља значајно утиче на хидромеханички (па и укупни) степен корисности и на радни век
- да би се постигло побољшање примењује се неко од следећих решења:

2.3 Радијалне клипне пумпе са ексцентром (безроторне пумпе)

- да би се постигло побољшање примењује се неко од следећих решења:

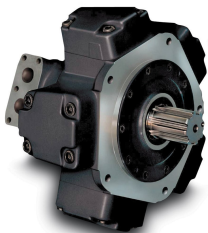


- (a) коришћењем заобљеног клипа смањује се додирна површина и омогућава се лакше кретање. Ипак велики контактни притисци смањују радни век овог склопа
- (б) уградња кугластог зглоба за који се везује папучица од легуре која има релативно мали коефицијент трења са челиком и отпорна је на трење
- (в) претходно решење се побољшава тиме што се кроз клип, зглоб и папучицу буши калибрисан узак канал, кроз који из цилиндра, при високом притиску, истиче мала количина уља и која обезбеђује подмазивање под притиском. Количина уља изгубљена на подмазивање смањује запремински, али повећава хидромеханички и укупан степен искоришћења



- (г) канал кроз клип је знатно шири, и у њему се налази усисни вентил. Каналом који је урезан по ободу ексцентрира доводи се уље, које кроз овај вентил пуни цилиндар. Сама површина налегања знатно је шири и добро належе на ексцентар - **снимак**
- ређе од ових решења, на крај клипа се поставља точкић, који трење клизања претвара у трење котрљања
 - или се на ексцентар навлачи куглични или игличасти лежај, чиме се знатно поправља степен искоришћења, али уређај постаје сложенији, скупљи и већи

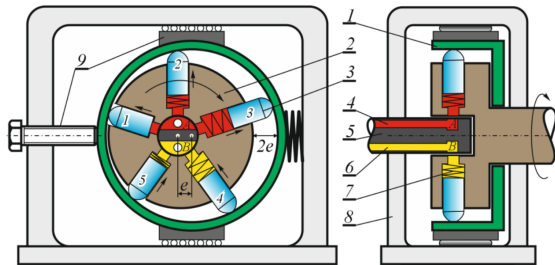
2.3 Радијални клипни хидромотори са ексцентром (безроторни)



- на сликама су приказани једнореди и двореди хидромотор
- безроторни хидромотори раде по принципу који је инверзан пумпама овог типа
- на чело клипа се доводи уље под притиском и оно потискује клип ка УЗТ, предајући вратилу енергију

- са друге стране, под дејством ексцентриа, клип се креће ка СЗТ и истискује уље из цилиндра кроз потисни вентил ка резервоару
- хидромотори овог типа се израђују са великим радним запреминама и до $8000 \text{ cm}^3/\text{o}$
- могу да раде са изразито малим бројевима обртаја без опасности од прегревања $n_{\min} = 5 \frac{\text{o}}{\min}$
- остварују огромне обртне моменте (и до $50\,000 \text{ Nm}$), па се њиховом уградњом елиминише потреба за механичким редуктором
- одликује их изразито миран рад (мали коефицијент неравномерности излазног момента δ_M)

2.4 Радијалне клипне пумпе са ротором (роторне)



Основни делови:

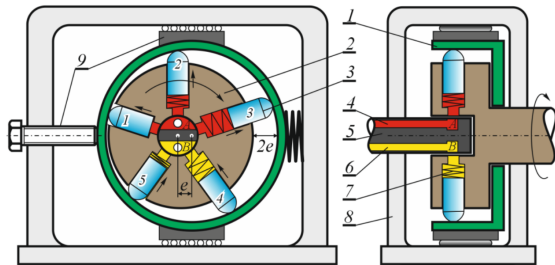
- | | |
|---------------|---|
| (1) статор | (6) потисни вод |
| (2) ротор | (7) опруга |
| (3) клип | (8) кућиште |
| (4) уисни вод | (9) механизам за промену јединичног протока |
| (5) рукавац | |

- преко вратила ротор (2) добија механичку енергију од погонског агрегата и врши обртно кретање око непокретног рукавца (5)
- кроз рукавац су избушена два канала, од којих је један повезан са уисним водом (4), а други са потисним (6). Канали се завршавају коморама А и В
- у ротору су радијално избушени цилиндри, и у сваком од њих се налази по један клип и опруга, која га потискује ка спољашности
- са унутрашње стране цилиндра је избушен канал, који спаја цилиндар са једном од комора, А или В
- статор је постављен ексцентрично у односу на ротор, растојање њихових оса је e
- током једне половине окрета ротора, долази до извлачења клипа до своје најистуреније позиције (клипови 1, 2 и 3 на слици) - **усисавање уља у цилиндре**
- у другој половини окрета цилиндар је у вези са потисном комором В. Клип се, услед додира са статором, креће ка унутрашњости, сабијајући опругу и истискујући уље под притиском у потисни вод

принцип рада - снимак



2.4 Радијалне клипне пумпе са ротором (роторне)



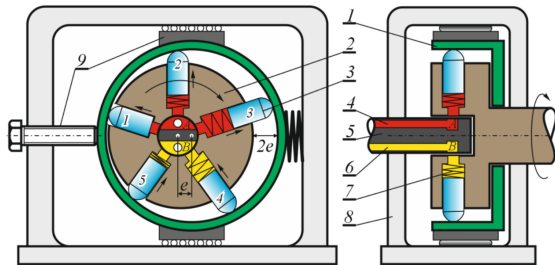
Основни делови:

- | | |
|---------------|---|
| (1) статор | (6) потисни вод |
| (2) ротор | (7) опруга |
| (3) клип | (8) кућиште |
| (4) уисни вод | (9) механизам за промену јединичног протока |
| (5) рукавац | |

да ли ове пумпе имају променљиву радну запремину?

- ход клипа, а тиме и специфична запремина пумпе, зависе од величине ексцентрицитета e
- максимална вредност специфичне запремине постиже се при највећем ексцентрицитету
- смањењем ексцентрицитета смањује се специфична запремина
- ако би ротор и статор били концентрични ($e = 0$), клипови се не би кретали кроз цилиндар: $q_p = 0$
- ако би центар ротора био померен на другу страну у односу на центар статора ($-e$), коморе А и В би измениле улоге, тако што би комора В постала уисна, а комора А потисна - промена смера струјања
- механизам за промену ексцентрицитета је представљен вијком, који потискује статор у једну, и опругом, која га враћа на другу страну
- ако пумпа нема овај механизам, онда она нема могућност промене радне запремине, а промена смера струјања флуида може се извршити једино променом смера обртања погонског вратила

2.4 Радијалне клипне пумпе са ротором (роторне)

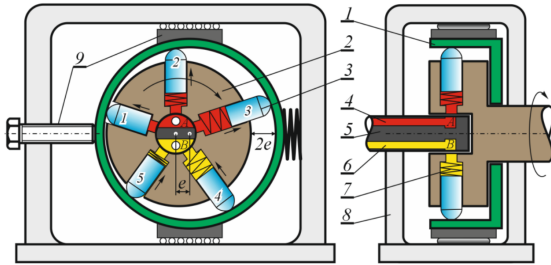


Основни делови:

- | | |
|---------------|---|
| (1) статор | (6) потисни вод |
| (2) ротор | (7) опруга |
| (3) клип | (8) кућиште |
| (4) уисни вод | (9) механизам за промену јединичног протока |
| (5) рукавац | |

- ове пумпе и хидромотори се праве за високе притиске: пумпе до 400 bar, а мотори до 640 bar (специјалне конструкције до 1000 bar)
- максимални бројеви обртаја се крећу у опсегу $750 \div 1500 \text{ o/min}$
- минимални бројеви обртаја код спороходних хидромотора падају и на 1 o/min
- величина радне запремине је $50 \div 450 \text{ cm}^3$
- имају висок степен корисности $\eta = 0,87 \div 0,95$
- у односу на остале хидрауличке уређаје стварају више буке
- нарочито је учестала примена хидромотора овог типа на местима где су потребни велики обртни momenti и јако мали бројеви обртаја без примене додатних механичких редуктора. Уобичајен назив за ове хидромоторе је **високомоментни спороходни хидромотори**

2.4 Роторни хидромотор



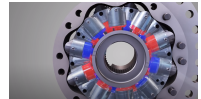
- иста конструкција се може користити као радијални роторни хидромотор
- у комору А се доводи уље под притиском које затим потискује клипове 1,2 и 3 ка спољашњости
- кретање клипова ограничено је статором. У тачки њиховог додира јавља се велика сила
- сила којом клип делује на статор и сила којом статор делује на клип су повезане законом дејства и противдејства

- клипови су ослоњени на статор под углом $\beta \neq 90^\circ$, па се сила може разложити на радијалну и обимску комп.
- обимска компонента ствара обрни момент који доводи до закретања клипова и ротора
- на овај начин је доведени притисак створио обртни момент који се даље предаје вратилу

(шта се за то време догађа са клиповима 4 и 5?)

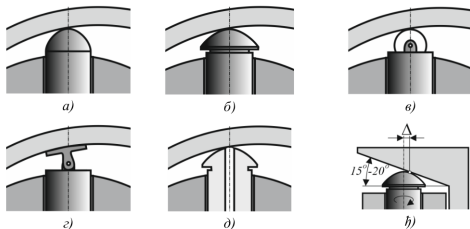
- максимални момент постоји при максималној вредности e . Када је $e = 0$ не постоји обимска компоненте поменуте силе, па не постоји ни момент. Ако ексцентрицитет промени смер $-e$, излазни обртни момент мења смер
- ради смањења радијалне, а повећања обимске компоненте силе, статор може имати другачији облик са унутрашње стране, како је приказано на снимку (двореди хидромотор)
- ту се види више цилиндара чиме се повећава и вредност излазног момента и радна запремина

роторни хидромотор - снимак



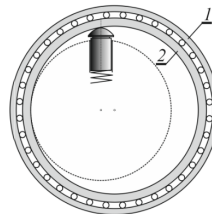
2.4 Смањење трења код роторних пумпи и хидромотора

- и у случају пумпи и хидромотора, радијална компоненте силе која се јавља при додиру клипа и статора је великог интензитета и ствара велику силу трења коју је потребно савладати. Ово смањује степен корисности и радни век
- да би се повећао степен корисности, потребно је смањити силу трења, то се може постићи неким од наведених техничких решења



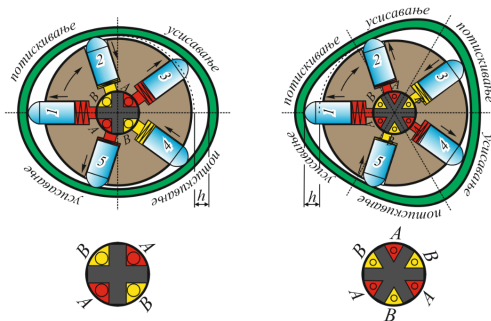
- спољни део клипа (глава) се посебно профилише, заобљава (а) и (б)
- на врх клипа се постављају точићи (в)
- на врх клипа се постављају папучице од легуре отпорне на хабање (г)

- да би се избегло суво трење, често се кроз клип буши профилисани узак отвор, чиме се део уља из цилиндра утроби на подмазивање (д)
- унутрашња површина статора на коју належа клип, се израђује под углом $15^\circ \div 20^\circ$ (ђ)
- тима се тачка додира главе клипа и статора помера од осе клипа. То доводи до сталног окретања клипа око сопствене осе, чиме се остварује квалитетније подмазивање и равномерније трошење клипова



- између статора (1) и клипова се поставља прстен (2), који је улежиштен у статору. Клипови повлаче прстен за собом и он се окреће. Трење између клипова и статора је замењено котрљањем куглица

2.4 Роторне пумпе са више радних ходова по обртају



- променом облика статора, може се мењати број радних ходова клипова при једном обртају вратила
- на левој слици приказана је пумпа са два радна хода по обртају ($s = 2$)
- њен статор има облик елипсе чији се центар (пресек велике и мале осе) поклапа са центром ротора
- кад год се оса неког клипа поклопи са великом осом статора, опруга ће тај клип потиснути до његове спољне зауставне тачке, и испред њега у цилиндру ће се наћи највећа количина радног флуида (крај усисавања)

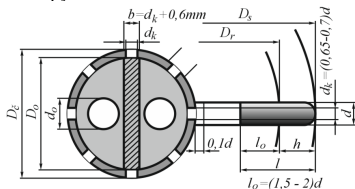
- Даљим окретањем ротора, статор потискује клип у цилиндар, и када се оса клипа поклопи са малом полуосом клип ће се наћи у унутрашњој зауставној тачки
- испред њега ће се наћи најмања количина радног флуида. То је крај потискивања и истовремено крај једног радног хода
- за то време погонско вратило се окренуло 180° . Током наредних 180° одиграће се још један, исти такав, радни ход, па ће се истиснута количина флуида једним клипом удвостручити
- у разводном рукавцу постоје две усисне и две потисне коморе, по један пар за сваки ход клипа
- на десној слици приказана је клипна радијална пумпа са три хода по обртају вратила ($s = 3$). То је омогућено троугластом конструкцијом статора
- коришћењем различитих облика статора, број ходова клипа током једног обртаја ротора (s) може се знатно повећати (видети претходни [снимак](#))
- Ово се нарочито користи за хидромоторе који треба да постигну веома велике вредности излазног момента и при врло малом излазном броју обртаја без прегревања. Ова група хидромотора назива се **високомоментни спороходни хидромотори**

2.4 Развођење уља у редним и радијалним пумпама и хм.

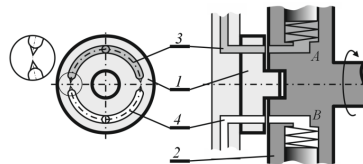
- Начини развођења радног флуида:

- (1) развођење кроз рукавац
- (2) чеоно (шиберско) развођење
- (3) развођење помоћу вентила
- (4) развођење помоћу вентила и отвора

- (1) непокретни рукавац је пробушен отворима који су повезани са усисном и потисном граном
- рукавци се завршавају коморама А и В
- цилиндри који се обрћу око рукавца су наизменично у вези са усисном и потисном комором
- када се клипови извлаче, уље из зсисне коморе улази у цилиндри
- када се клипови увлаче уље из цилиндра бива гурнуто у потисну комору



- (2) чеоно развођење - отвори за напајање цилиндра изведени су на чеону страну ротора



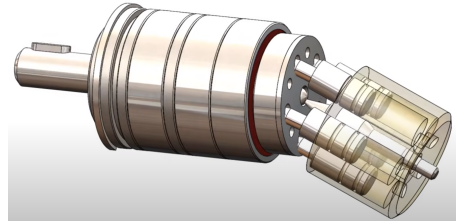
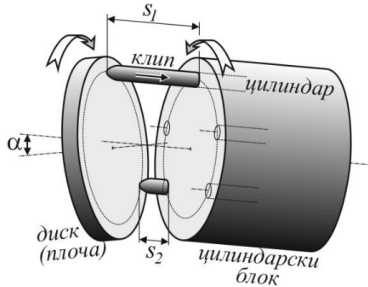
- на те отворе належе непокретна разводна плоча (1) која на себи има изрезане канале у облику српа. Један од канала повезан је са усисним (А), а други са потисним водом (В)
- док год се клип креће од УЗТ ка СЗТ (усисавање) улазни канал његовог цилиндра биће повезан са усисним водом (3) и уље ће попуњавати цилиндар
- када клип прође СМТ и под дејством статора почне да се увлачи у цилиндар, отвор његовог цилиндра прелази у подручје српастог канала везаног за потисни вод (4) и уље се потискује кроз њега

Део 3 - Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

- 3.1 клипне аксијалне пумпе са нагнутим цилиндарским блоком
- 3.2 клипне аксијалне пумпе са нагибном плочом
- 3.3 клипни аксијални хидромотори

Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

- и у случају аксијалних клипних пумпи радни елемент је клип. Његовим померањем кроз цилиндар врши се повећање и смањење запремине радне коморе, тј. врши се наизменично уисавање и потискивање радног флуида
- суштинска разлика у односу на приказане клипне радијалне пумпе је другачији распоред цилиндара и другачији механизам померања клипова кроз њих
- у овом случају цилиндри нису смештени радијално око осе обртања, већ аксијално, тј. смештени су у цилиндарски блок и са њим се окрећу око његове осе



- осе цилиндара су паралелне са осом блока и на једнаком су растојању од ње
- аксијално кретање клипова кроз цилиндри изазваће диск чија **оса са осом цилиндарског блока гради угао α**
- обртање цилиндарског блока, или диска, или оба елемента истовремено, доведће до аксијалног померања клипова кроз цилиндри, тј. до наизменичног извлачења и увлачења клипова
- у блоку цилиндара се, због што равномернијег рада, налази непаран број цилиндара (најчешће 7 или 9)

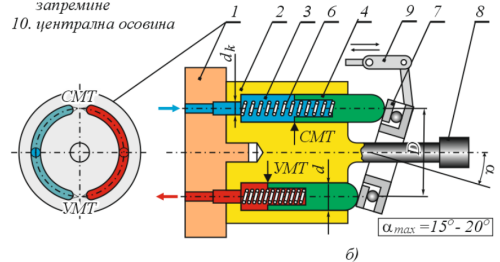
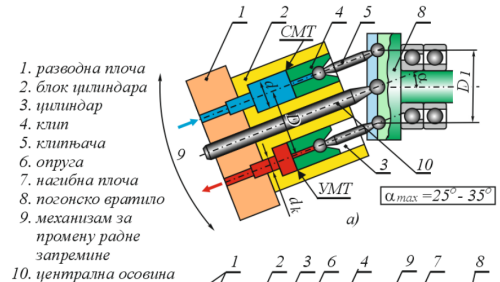
Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

Клипни аксијални хидраулички уређаји се деле у зависности од тога који од поменутих два елемента: **диск (плоча)** или **цилиндарски блок**, је нагнут у односу на осу погонског вратила (код пумпи) или осу излазног вратила (код хидромотора), у две групе:

- пумпе и хидромоторе са **нагнутиим цилиндарским блоком** - слика (а)
- пумпе и хидромоторе са **нагибном плочом (диском)** - слика (б)

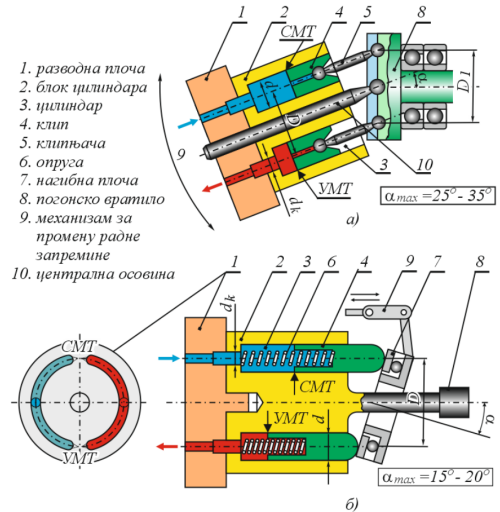
(а)

- погонско вратило (8) је улежиштено у кућишту пумпе са најмање два радијална и једним аксијалним лежајем (види се на слици 12.3)
- на његовом крају је чврсто везана погонска плоча (често су ова два елемента израђени као један део)
- за погонску плочу су сферним зглобовима везане клипњаче (5), које су на свом другом крају, такође сферним зглобом везане за клипове (4)
- клипови су са своје унутрашње стране изведени у облику конуса, тако да клипњачама омогућују закретање
- клип је најчешће пробушен по оси, да би се омогућило правилно подмазивање сферног зглоба



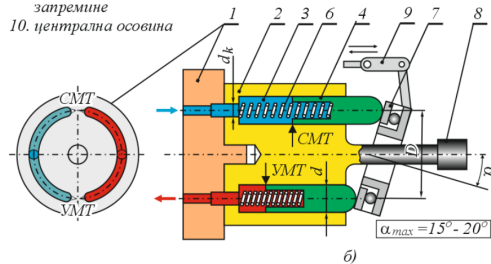
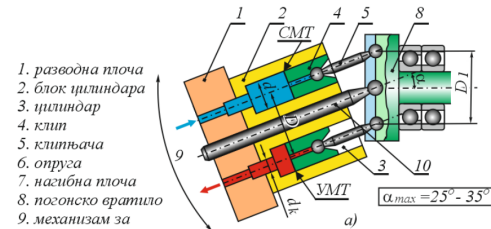
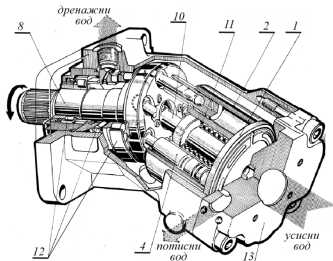
Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

- цилиндарски блок (2) постављен је под **углом α** у односу на осу погонског вратила (8) ($\alpha_{\max} = 25^\circ \div 35^\circ$)
- у цилиндарском блоку (2) су избушени цилиндри (3), кроз које се крећу клипови (4)
- зазори су у опсегу $10 \div 15 \mu\text{m}$
- кроз средиште блока избушен је канал, кроз који пролази централна осовина (10) око које се блок окреће. Једним крајем је сферним зглобом улежиштена у погонску плочу, а другим у кућиште пумпе
- на крајевима цилиндара је нешто ужи излазно-улазни канал, којим цилиндар остварује везу са усисним или потисним водом, који пролазе кроз разводну плочу (1)
- разводна плоча (1) је непокретна и има сличну конструкцију као разводна плоча клипне радијалне пумпе
- на себи има два српаста канала, од којих је један везан је за усисни, а други за потисни вод
- кретање **погонског вратила** се преко клипњача и клипова преноси на **блок цилиндара**
- због постојања **угла** између осе погонског вратила и осе блока, клипови ће се при окретању извлачити и увлачити у цилиндри, зависно од угла закрета блока и њихове тренутне позиције



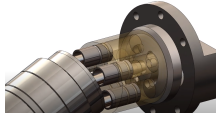
Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

- најудаљенији положај клипа од разводне плоче назива се спољна зауставна тачка (СЗТ), а најближи - унутрашња зауставна тачка (УЗТ) (приказане су на слици)
- током једног обртаја вратила клип направи једно кретање од УЗТ до СЗТ (усисавање уља) и једно кретање од СЗТ до УЗТ (потискивање уља)
- током првог полуобртаја улазни канал његовог цилиндра прелази преко усисног српастог канала, и услед потпритиска пуни се уљем
- после проласка кроз СЗТ погонска плоча потискује клип ка УЗТ. Током овог полуобртаја улазни канал његовог цилиндра пролази преко српастог канала који је везан за потисни вод, па се уље у њега потискује



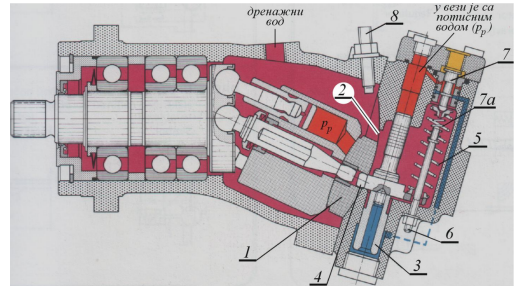
Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

принцип рада - снимак 1

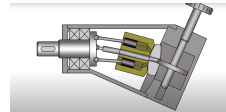


промена јединичног протока пумпе

- јединични проток ових пумпи и хидромотора зависи од: пречника круга кроз који пролазе осе цилиндара D , пречника цилиндра d и нагибног угла α
- промену јединичног протока је могуће извести искључиво променом угла α
- на слици је приказана пумпа са уређајем за промену јединичног протока
- сви описани елементи пумпе су исти, осим што разводна плоча (1) има цилиндричну површ и може да се помера по клизачу (2) цилиндричног облика
- ова разводна плоча има на центру избушен отвор у који улази рукавац (4) клипа (3)
- свако померање клипа према навише доводи до смањења угла нагиба цилиндарског блока, па тиме и јединичног протока пумпе



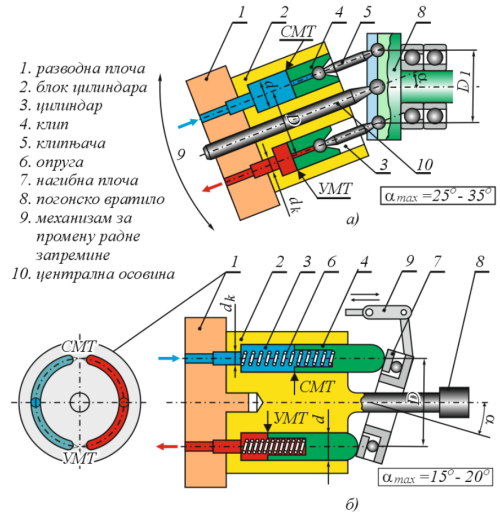
промена радне запремине - снимак 2



Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

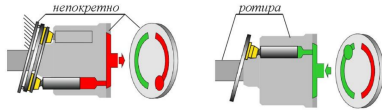
(6) - пумпе и хидромотори са нагибном плочом (диском)

- погонско вратило и цилиндарски блок су повезани ожељењем
- клипови (4) ове пумпе немају клипњаче. Једноделни су и опруга (6) их потискује ван цилиндра (3). Под њеним дејством они налажу на нагибну плочу (7)
- нагибна плоча је улежиштена аксијалним лежајем на непокретну косину и током рада окреће се по њој
- на супротној страни од нагибне плоче, блок цилиндара налаже на разводну плочу (1), која је иста као у претходном случају
- током рада погонски мотор окреће погонско вратило и блок цилиндара. Клипови, који се на тај начин окрећу око осе склопа, налажу на нагибну плочу, под дејством опруге
- због постојања угла α клипови ће се током обртања увлачити и извлачити из цилиндара
- на слици су приказане спољашња и унутрашња зауставна тачка. Током пуног обртаја погонског вратила изврши се једно извлачење клипа (усисавање уља) и једно увлачење (потискивање уља)

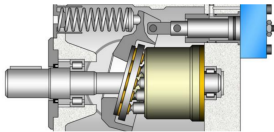


Клипне аксијалне пумпе и хидромотори

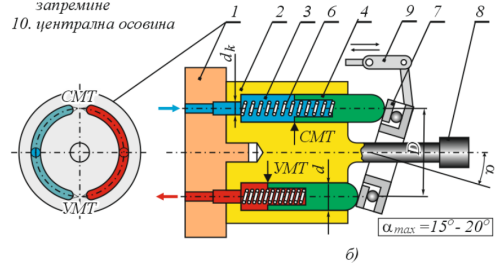
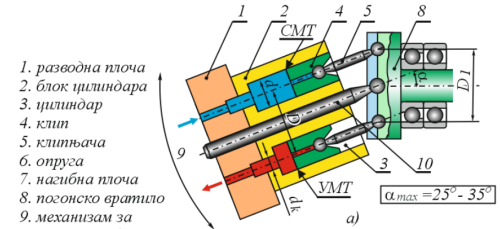
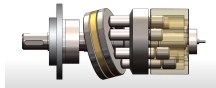
- промена радне запремине (ако је могућа) се поново остварује променом угла нагиба α помоћу механизма (9)
- клипна аксијална пумпа са нагибном плочом, без могућности промене радне запремине



- клипна аксијална пумпа са нагибном плочом, са могућношћу промене радне запремине

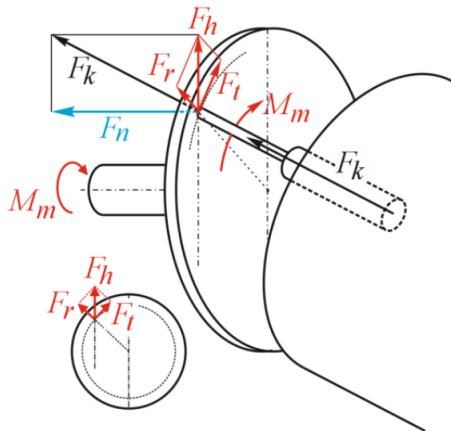


пумпа са нагибном плочом - снимак 3



Клипни аксијални хидромотори

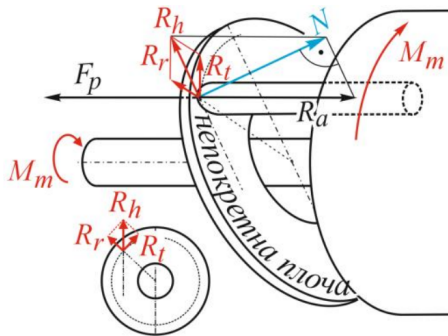
Рад хидромотора са **нагибним цилиндарским блоком**



- рад клипног аксијалног претварача са нагибним блоком цилиндара у режиму хидромотора је инверзан већ описаном раду пумпе
- уље под притиском p , које се доводи у хидромотор, улази у цилиндар и потискује клип силом притиска $\vec{F}_k$
- она се преноси у правцу клипњаче на плочу спојену са излазним вратилом у тачки у којој је клипњача спојена са њом
- ова сила се разлаже у равни која је паралелна са осама вратила и блока на две силе: $\vec{F}_n$ која је нормална на плочу и која се уравнотежује са отпором аксијалног лежаја, и силу $\vec{F}_h$, која је у равни плоче
- даље се сила $\vec{F}_h$ разлаже на радијалну компоненту $\vec{F}_r$, коју прихватају радијални лежаји и **тангентну $\vec{F}_t$** , која је неуравнотежена и ствара **излазни обртни момент на вратилу M_m**
- на умањеној слици приказан је распоред сила у равни плоче

Клипни аксијални хидромотори

Рад хидромотора са **нагибном** плочом



- уље под притиском p , које се доводи у хидромотор, улази у цилиндар и потискује клип силом притиска $\vec{F}_k$

- сила се преноси у правцу клипа на **непокретну нагибну плочу**
- реакција плоче је нормална на њену површину $\vec{N}$
- она се разлаже на аксијалну реакцију $\vec{R}_a$, која се уравнотежује са силом $\vec{F}_k$ и реакцију у равни плоче $\vec{R}_h$
- сила у равни плоче $\vec{R}_h$ се даље разлаже на радијалну $\vec{R}_r$ и тангенцијалну $\vec{R}_t$ компоненту, које се преко клипа преносе на блок цилиндара
- радијалну компоненту прихвата радијално улежиштење, док **тангентна** остаје неуравнотежена и **закреће цилиндарски блок**, а са њим и излазно вратило хидромотора

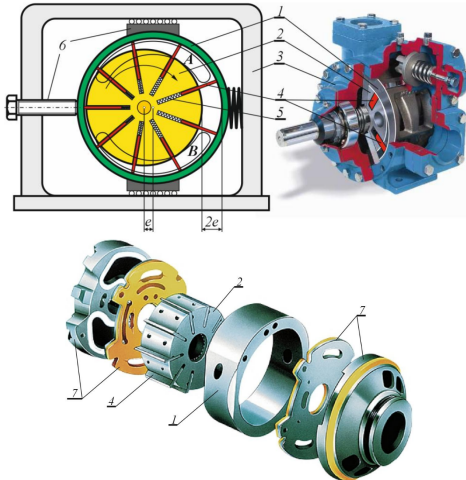
- компактна конструкција (цилиндри су „сложени“ паралелно са осом, а не зракасто као код радијалних)
- то значи да имају мању масу и габарите, а распоред цилиндара ближе оси окретања битно смањује моменте инерције ротационих делова, што омогућава брзу промену броја обртаја, смера обртања и врло прецизно позиционирање
- маса клипних аксијалних пумпи и хидромотора по јединици снаге је $2 \div 3$ пута мања него код радијалних и не прелази $0,5 \div 0,6 \text{ kg/kW}$
- израђују се у врло широком опсегу радних запремина $V = (1,5 \div 3600) \text{ cm}^3$
- ови уређаји су намењени за рад на високим радним притисцима ($350 \div 420 \text{ bar}$), с тим што су максимални притисци у уској корелацији са радном запремином уређаја:
 - пумпе радне запремине $V = (1000 \div 1800) \text{ cm}^3$ - притисак до 210 bar
 - пумпе радне запремине $V \leq 1000 \text{ cm}^3$ - притисак до 320 bar
 - пумпе радне запремине $V \leq 400 \text{ cm}^3$ - притисак до 550 bar
- одликује их висок степен корисности: запремински $\eta^v = 0,97 \div 0,98$ и укупни $\eta = 0,95$
- хидромотори ове врсте могу да постигну изразито високе обртне моменте (до 9000 Nm), као и врло ниске минималне бројеве обртаја (чак до $n_{\min} = 10/\text{min}$). При константним оптерећењима имају опсег регулације чак $1:1000$. При том, стартни момент је врло висок, чак $M_{\text{start}} \geq 0,9 M_{\text{max}}$
- економични су - ниски експлоатациони трошкови и дуг радни век
- нема дејства венстригугалне силе у правцу кретања клипа (као док радијалних пумпи)
- мана је то што се захтева висока чистоћа уља
- израда клипних аксијалних пумпи је захтевнија и скупља од израде радијалних пумпи
- радијалне пумпе могу бити двореди, чиме се повећава проток, док аксијалне не могу
- клипно аксијални претварачи стварају нешто већу буку



Део 4 - Крилне пумпе и хидромотори

Једнораде крилне пумпе

- по конструкцији су најједноставнији хидраулички уређаји. Једноставност резултује компактношћу, малим габаритима и великом поузданошћу. Карактерише их миран и тих рад



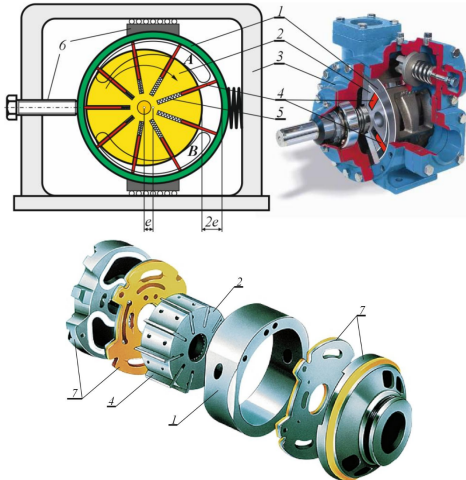
- Основни делови:

- (1) статор
- (2) ротор
- (3) кућиште
- (4) крилца
- (5) опруга
- (6) механизам за промену радне запремине
- (7) бочни поклопци

- погонско вратило покреће ротор (2). У њему је урезано з радијалних канала у којима се слободно крећу крилца (4)
- крилца (4) се потискују из ротора силом опруга (5), чиме се остварује налагање крилаца на статор (1)
- ротор и статор су кружног облика, али су међусобно ексцентрично постављени. Њихови центри се налазе на међусобном растојању e
- са бочних страна на ротор и статор налажу бочни поклопци (7), у којима су урезани српасте прорези, од којих је један везан за усисни (А), а други за потисни (В) вод. Између српастих прореза постоји преграда, која спречава спајање усисног и потисног вода

Једнораде крилне пумпе

- по конструкцији су најједноставнији хидраулички уређаји. Једноставност резултује компактношћу, малим габаритима и великом поузданошћу. Карактерише их миран и тих рад



- када погонско вратило почне да okreће ротор, крилца коморе 0 почињу да се извлаче под дејством опруга и комора почиње да повећава своју запремину, услед чега се у њој јавља потпритисак. Запремина ће се повећавати све време ротације ротора од $\varphi = 0^\circ$ ($V_{\min}$) до $\varphi = 180^\circ$ ($V_{\max}$)
- током целог овог пута комора је преко српастог прореза А у вези са усисним водом, из кога усава уље услед створеног вакуума
- након проласка кроз положај $\varphi = 180^\circ$ статорски прстен почиње да потискује крилца према центру ротора. Запремина радне коморе постаје све мања. Током овог дела хода комора је преко српастог прореза В у вези са потисним водом, па се уље из коморе, услед смањења запремине, потискује у њега. Ово потискивање траје све до $\varphi = 360^\circ$, када се поново достиже минимална запремина коморе $V_{\min}$)
- Тиме је завршен један радни ход пумпе, при коме је посматрана комора потиснула из усисног у потисни вод запремину уља:

$$V_k = V_{\max} - V_{\min}$$